

Algunos aspectos reproductivos de *Zoogoneticus quitzeoensis* Hubbs y Turner (1939) (Osteichtyes-Goodeidae) en la represa La Mintzita Morelia, Michoacán, México

Juan Pablo Ramírez-Herrejón, Martina Medina-Nava, Carlos Ignacio Salazar-Tinoco y Tohtli L. E. Zubieta

Facultad de Biología, Laboratorio de Biología Acuática, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
Morelia, Michoacán, México. ramirezherrejon@gmail.com

RESUMEN

La represa La Mintzita se ubica en la subcuenca del Río Grande Morelia-Cuitzeo, cuenca Lerma-Chapala. La especie *Zoogoneticus quitzeoensis* pertenece a la familia Goodeidae, endémica a la parte central de México. Este trabajo tiene como objetivos caracterizar el hábitat donde se reproduce y algunos parámetros reproductivos como la proporción sexual, los estadios de madurez gonádica, el potencial reproductivo y la época de reproducción. Se colectaron 115 organismos usando trampas tipo nazas y chinchorro. El estudio comprendió un ciclo anual con muestreos estacionales de otoño 2001 al verano de 2002. El hábitat reproductivo es impactado por las actividades humanas y presenta aguas claras, cálidas y neutras con vegetación acuática dominada por lirio (*Eichhornia crassipes*) y cola de zorra (*Ceratophyllum demersum*). La proporción sexual fue 1:1. El presente estudio aporta por primera vez una escala de madurez gonádica tanto para hembras como para machos de *Z. quitzeoensis*. Se determinaron seis estadios de madurez gonádica y la talla de primera madurez a los 3 cm en ambos sexos. La fecundidad absoluta resultó con un máximo de 10 y un mínimo de 6 embriones por hembra.

Palabras clave: Vivíparos, reproducción, *Zoogoneticus quitzeoensis*.

ABSTRAC

Some reproductive aspects of *Zoogoneticus quitzeoensis* Hubbs y Turner (1939) (Osteichtyes-Goodeidae) in La Mintzita dam, Morelia, Michoacán, México. Mintzita dam is located in the Río grande de Morelia-Cuitzeo subasin, in the Lerma-Chapala basin. The species *Zoogoneticus quitzeoensis* belongs to the Goodeidae family, endemic of central Mexico. The aims of this study were to characterize the reproductive habitat and to know some reproductive aspects like sexual ratio, gonadic maturity stages, reproductive potential and reproductive season. The fishes were collected using minnow traps and a seine net. The study was made during an annual cycle since fall 2001 to summer 2002. The reproductive habitat is impacted by human activity and it is characterized by clear waters, with aquatic vegetation like water hiacint *Eichhornia crassipes* and fox tail *Ceratophyllum demersum*. The sexual ratio was 1:1. Our study contributes for the first time, a gonadic maturity scale of *Z. quitzeoensis* females and males. Six gonadic mature stages were determined. The first maturity size for both sexes was 3 cm of patron length. The absolute fecundity resulted between 6-10 embryos by female.

Key words: Viviparous, reproduction, *Zoogoneticus*.

INTRODUCCIÓN

La cuenca del río Lerma-Chapala es importante para la conservación de la diversidad íctica dado que el 75% de las especies son endémicas y contiene elementos autóctonos como la familia Goodeidae. La porción michoacana de la cuenca Lerma-Chapala, es trascendente en cuanto a la diversidad íctica ya que el 37% de las especies que la habitan son endémicas, de estas, dos se consideran extintas, el 10% de hábitat restringido y el 25% en peligro o amenazadas. (Medina, 2003, Soto *et al*, 1999).

La represa La Mintzita se ubica en la subcuenca del lago de Cuitzeo, provincia del medio Lerma. Se caracteriza por poseer recargas naturales de agua en forma de manantiales, de fondo rocoso-pedregoso, con gran diversidad de hábitats y riqueza de especies (Soto-Galera *et al* 1999, Medina *et al* 2003, Medina *et al* 2006). Sin embargo, es impactada por la actividad humana, debido a que es el segundo suministro de agua para la ciudad de Morelia. Es utilizada como abrevadero y lavadero por las personas que habitan en los poblados aledaños. Debido a su importancia íctica y de los impactos que modifican las condiciones ambientales, es necesario conocer la composición específica, la historia de vida de las especies y las condiciones ecológicas de su hábitat, para determinar el grado de alteración de las poblaciones existentes (Fausch *et al*, 1990, Medina 2003, Medina 2006, Medina *et al* 2003).

La Mintzita alberga cinco especies de la familia Goodeidae, subfamilia Goodeinae, endémicas a la región central de México, *Allophorus robustus*, *Goodea atripinnis*, *Xenotoca variata*, *Skiffia lermæ* y *Zoogoneticus quitzeoensis*, estas dos últimas se encuentran reportadas en la Norma Oficial Mexicana 059 (INECOL-2001) como especies amenazadas.

Estudios sobre reproducción de la familia Goodeidae son los de Mendoza (1962) quien trabajó con *A. robustus*, *Goodea luitpoldii* y *Neophorus diazi* en el lago el Pátzcuaro. Posteriormente, Barragán y Magallón (1994) realizaron una descripción del aparato reproductor en hembras de *G. atripinnis*. Los primeros estudios del aparato reproductivo en hembras de *Z. quitzeoensis*,

se remontan a finales de la década de los 1930 (Hubbs y Turner 1939). Estos estudios tenían la finalidad de encontrar características taxonómicas para diferenciar a las especies de la subfamilia Goodeinae.

Debido a la escasez de estudios acerca de la biología de estas dos especies y la calidad ambiental que exhibe La Mintzita, a pesar del impacto antropogénico, se planteó como objetivo caracterizar el hábitat reproductivo y determinar algunos aspectos reproductivos como proporción sexual, los estadios de madurez gonádica y el potencial reproductivo de *Z. quitzeoensis*, contribuyendo al conocimiento de su historia de vida, como fundamento para proponer acciones de conservación.

MATERIALES Y MÉTODOS

La represa La Mintzita se localiza al Norte del estado de Michoacán, México y al suroeste de la ciudad de Morelia a 19°38'21" de latitud norte y 101°16'29" de longitud oeste. (FIGURA 1).

Se realizaron muestreos trimensuales durante un ciclo anual de octubre de 2001 a julio de 2002, colectando 30 organismos por temporada. Los peces se capturaron con trampas tipo narrow (nasas) y con red tipo chichorro de 10m de largo con una abertura de malla de 1/8 de pulgada. Los organismos colectados se transportaron en bolsas de plástico con alcohol al 70%. El hábitat reproductivo se caracterizó con base a el tipo de sistema, tipo de fondo, nubosidad, temperatura del aire, temperatura del agua, profundidad, transparencia, pH, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica, sólidos totales y sales (APHA-AWWA-WPCF 1995). La proporción de sexos se calculó con una prueba de X² (Steel *et al* 1988). Los estadios de madurez gonádica para hembras se obtuvieron modificando la propuesta de Mendoza (1962) y para machos la de Solórzano (1961). Mendoza (1962) determinó estadios de madurez para peces vivíparos de tres especies que pertenecen a la Familia Goodeidae, tal es el caso de *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldii* y *Neophorus diazi*, pero comparándolas con *Zoogoneticus quitzeoensis* presentan tallas tres

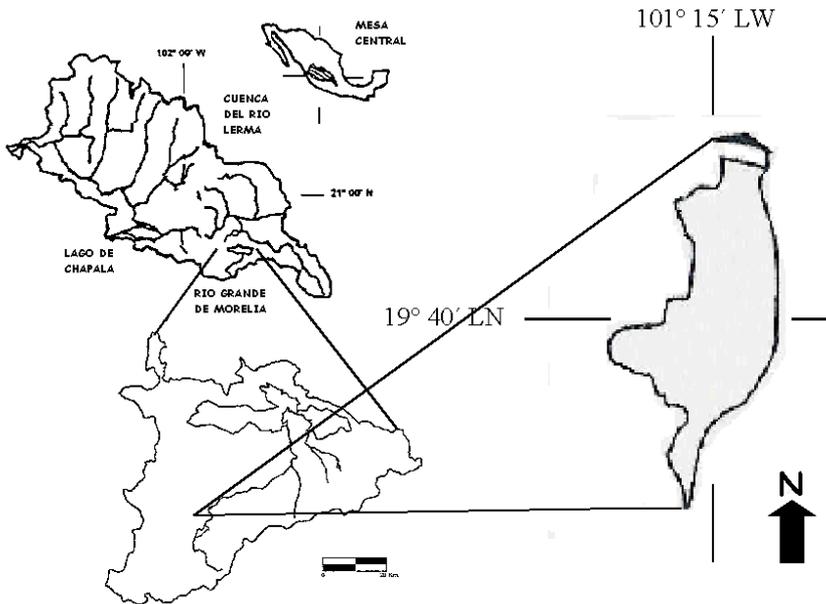


FIGURA 1. Ubicación geográfica de la represa La Mintzita, Morelia, Michoacán, Mex.

veces más grandes, desde juveniles hasta adultos. Cabe señalar que Moncayo (1993) para *H. turneri* realiza también un ajuste a los estadios propuestos por Mendoza por la misma razón. Se modificaron las medidas de los ovarios, la proporción que guardan las gónadas en la cavidad visceral y la longitud de los embriones, ajustando ambos criterios a la talla de *Z. quitzeoensis*.

El potencial reproductivo se estimó usando la fecundidad absoluta y la fecundidad relativa (Rodríguez 1992). Para determinar la variación en la fecundidad absoluta entre las épocas del año, se aplicó una prueba de χ^2 usando el programa JMP (SAS, 2005). Finalmente, se determinó el gremio ecoetológico al que pertenece *Z. quitzeoensis* siguiendo los criterios de Balon (1984), Caillet *et al* (1986) y Moyle (1988).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El hábitat reproductivo de *Z. quitzeoensis* es un sistema acuático léntico que se encuentra alimentado por manantiales de aguas claras (transparencia mayor de 150 cm, disco Secchi) y cálidas (18-20°C). Respecto al pH, se define

como de aguas neutras (CUADRO 1). Presenta vegetación acuática como el lirio acuático (*Eichornia crassipes*), que ocupa casi la totalidad de la superficie del espejo de agua, tule (*Typha dominguensis*), nenúfar (*Nymphaea mexicana*), pastos sumergidos (*Potamogeton pectinatus*) y cola de zorra (*Ceratophyllum demersum*). La zona de manantiales se usa como lavadero y como consecuencia se vierten detergentes, cloros y desechos plásticos. Además, se observan residuos sólidos como recipientes de aceite para autos, ropa y animales muertos flotando en la superficie del agua.

De los 114 individuos colectados, 65 fueron hembras y 49 machos. La prueba de χ^2 con g.l. = 1 y $\alpha = 0.05$, fue concluyente para aceptar una proporción sexual de 1:1.

Los resultados coinciden con lo expuesto por Moncayo (1993) quien en su estudio encontró que *Hubbsina turneri* para la Laguna de Zacapu la proporción sexual fue de 1:1.

El presente estudio aporta por primera vez una escala de madurez gonádica tanto para hembras como para machos de *Z. quitzeoensis* como a continuación se describe:

CUADRO 1. Parámetros ambientales en la represa La Mintzita, Morelia, Michoacán, México. nd = no determinado.

Parámetro	Otoño (13/10/01)	Invierno (29/01/02)	Primavera (08/05/02)	Verano (14/07/02)
Tipo de sistema	Léntico	Léntico	Léntico	Léntico
Tipo de fondo	Pedregoso	Pedregoso	Pedregoso	Pedregoso
Nubosidad	50%	20%	nd	80%
Temperatura del aire	nd	20°C	27 °C	23 °C
Temperatura agua	20.3°C	20.4°C	20.3 °C	20.3 °C
Profundidad	1 m	0.61 m	1.3 m	0.60 m
Transparencia	Total	Total	Total	Total
pH	6	7	5	5
Oxígeno disuelto	4.3 ppm	10.8 ppm	7.21 ppm	2.6 ppm
Alcalinidad	nd	4 ml	3.4 ml	nd
Conductividad	160	159.2 µs/cm	0.03	30.6
Sólidos totales	64	100 mg/l	0	19
Sales	0	0	0	0

Hembras

Ovarios inmaduros (oi): miden menos de 6 mm de longitud ocupando entre el 30% y el 50% de la cavidad visceral. Los huevos están densamente empacados en el interior.

Ovarios con huevos en crecimiento (oc): los ovarios en esta condición se asemejan al estadio anterior pero difieren en que han crecido a un máximo de 10 mm de longitud. Todos los huevos están aún encerrados en un folículo embebido en el tejido ovárico.

Ovarios con huevos libres (oh): los ovarios con huevos libres en el lumen ovárico, exhiben huevos que varían desde estadios próximos a la fertilización hasta estadios con embriones de aproximadamente 2 mm de longitud. Los embriones se encuentran todavía encerrados en una misma membrana.

Ovarios con embriones (om): los embriones miden 3.5-8 mm de longitud. La medición de los embriones se hace desde la punta del hocico hasta el borde de la aleta caudal, lo que se considera la longitud total (LT).

Ovarios después del parto (op): Esta categoría identifica a todos los ovarios cuyos embriones hayan sido recientemente expelidos. Inmediatamente después del nacimiento, los ovarios presentan las paredes flácidas y con pocos hue-

vos visibles. En ocasiones se observa una ruptura al final de la gónada. Poco después, las gónadas asumen las características de ovarios en receso.

Ovarios en receso (or): estos ovarios han terminado ya la etapa de recuperación después del nacimiento de las crías, presentan algunos huevos y no contienen embriones. Estos ovarios son mayores de 6 mm de longitud. Parecen tener huevos en crecimiento por su consistencia túrgida.

Machos

Macho inmaduro (mi). Machos jóvenes que no han logrado madurez, con gónadas de muy reducido volumen. Los testículos son delgados y amarillentos, ocupan aproximadamente un 25% de la cavidad visceral.

Juvenil en crecimiento (jc). Los testículos son turgentes y continúan ocupando aproximadamente una cuarta parte de la extensión de la cavidad visceral y su color sigue siendo amarillento.

Macho juvenil (mj). En condiciones semejantes a las del estadio anterior, pero ocupan menos del 50% de la cavidad visceral. Conservan su color amarillento.

Macho en maduración (ma). Los testículos adquieren un color blanquecino translúcido y ocupan el 50% de la cavidad visceral. Los peces están alcanzando su plenitud sexual. En ocasiones es difícil distinguir este estadio del anterior porque los testículos no han adquirido totalmente el color blanquecino, entonces es útil ayudarse en el color azul y naranja que presentan las aletas dorsal, anal y caudal, el cual es mucho más intenso y brillante en el estadio ma que en mj.

Macho maduro (md). Máximo desarrollo de las gónadas, que han crecido no solo en longitud sino también en volumen. El testículo ocupa más del 50% de la cavidad visceral. El color es blanquecino opaco. La apariencia del testículo da la impresión de que se desborda su contenido. La tonalidad de los colores azul y naranja que presentan en la aleta dorsal, anal y caudal se encuentran en su mayor intensidad y brillantez.

Macho en receso (mr). Los testículos se encuentran flácidos por haber liberado ya el líquido seminal. Este estadio corresponde a la fase de expulsión.

La talla de primera madurez se determinó tanto para hembras como para machos en 3 cm. de longitud patrón, coincidiendo con el resultado de Moncayo (1993) en donde *H. turneri* en la Laguna de Zacapu alcanza su madurez sexual en un promedio cercano a los 3 cm de longitud. Mendoza (1962) en su estudio en el Lago de Pátzcuaro encontró que *A. robustus* y *G. luitpoldii* maduran entre los 9 y 11 cm de longitud y *N. diazi* entre los 7 y 9 cm de longitud. Las tallas de primera madurez encontradas por Mendoza varían en comparación con los resultados de Moncayo y del presente estudio debido a que las especies estudiadas por Mendoza son las que presentan las tallas mayores de la familia goodeidae.

En primavera se colectó solo una hembra con 13 embriones. En verano se capturaron dos hembras en el estadio om donde el tamaño de camada fue de 3.33 ± 3.5 embriones por hembra. En otoño no se encontraron hembras con embriones y en invierno la fecundidad absoluta fue de 7.66 ± 2.08 embriones por hembra. No existió diferencia significativa en el número de embri-

nes por hembra entre las épocas del año ($P > 0.18$).

La fecundidad absoluta de *Z. quitzeensis* en la represa La Mintzita es baja en comparación con lo que reporta Mendoza (1962) en el Lago de Pátzcuaro, ya que encontró un promedio de 23.7 embriones por hembra en *A. robustus*, 19.1 en *G. luitpoldii* y 39.9 en *N. diazi*. De igual manera con lo mencionado por Moncayo (1993), que en su estudio de encontró un promedio de 18 embriones por hembra en *H. turneri* en la Laguna de Zacapu y 15.7 para el lago de Cuitzeo y lo expuesto por Barragán y Barajas (1994) quienes reportan 51 embriones por hembra en el embalse de Begonias ubicado en el estado de Guanajuato. Al comparar los resultados obtenidos con lo que menciona Domínguez (1999) para la especie *Z. quitzeensis* en condiciones de cautiverio, en la represa La Mintzita no presenta un potencial reproductivo distinto.

En las descripciones que se realizaron de los estadios de madurez para el presente estudio se muestra que en el estadio md y om, los peces se encuentran en su plenitud de madurez sexual. Hay que resaltar que se encontraron estadios oi y mi durante todo el año tanto hembras como machos (FIGURA 2).

Zoogoneticus quitzeensis en La Mintzita al parecer presenta época reproductiva en la temporada de invierno, caso distinto a *A. robustus*, *G. luitpoldii* y *N. diazi* en el lago de Pátzcuaro, que según Mendoza (1962) tienen su época reproductiva en la temporada de primavera entre los meses de abril y junio. Difiere también con lo reportado por Barragán y Barajas (1994) quienes mencionan que *G. atripinnis* se reproduce desde abril hasta septiembre.

Moncayo (1993) menciona que *H. turneri* en la Laguna de Zacapu se reproduce durante todo el año por la presencia de individuos juveniles en este mismo periodo de tiempo. Por lo tanto, la presencia de individuos juveniles de *Z. quitzeensis* en las cuatro temporadas podría indicar que esta especie se reproduce durante todo el año en La Mintzita.

El índice gonadosomático guarda una relación con la gónada y el pez, que explica el estadio de desarrollo gonádico, ya que alcanza

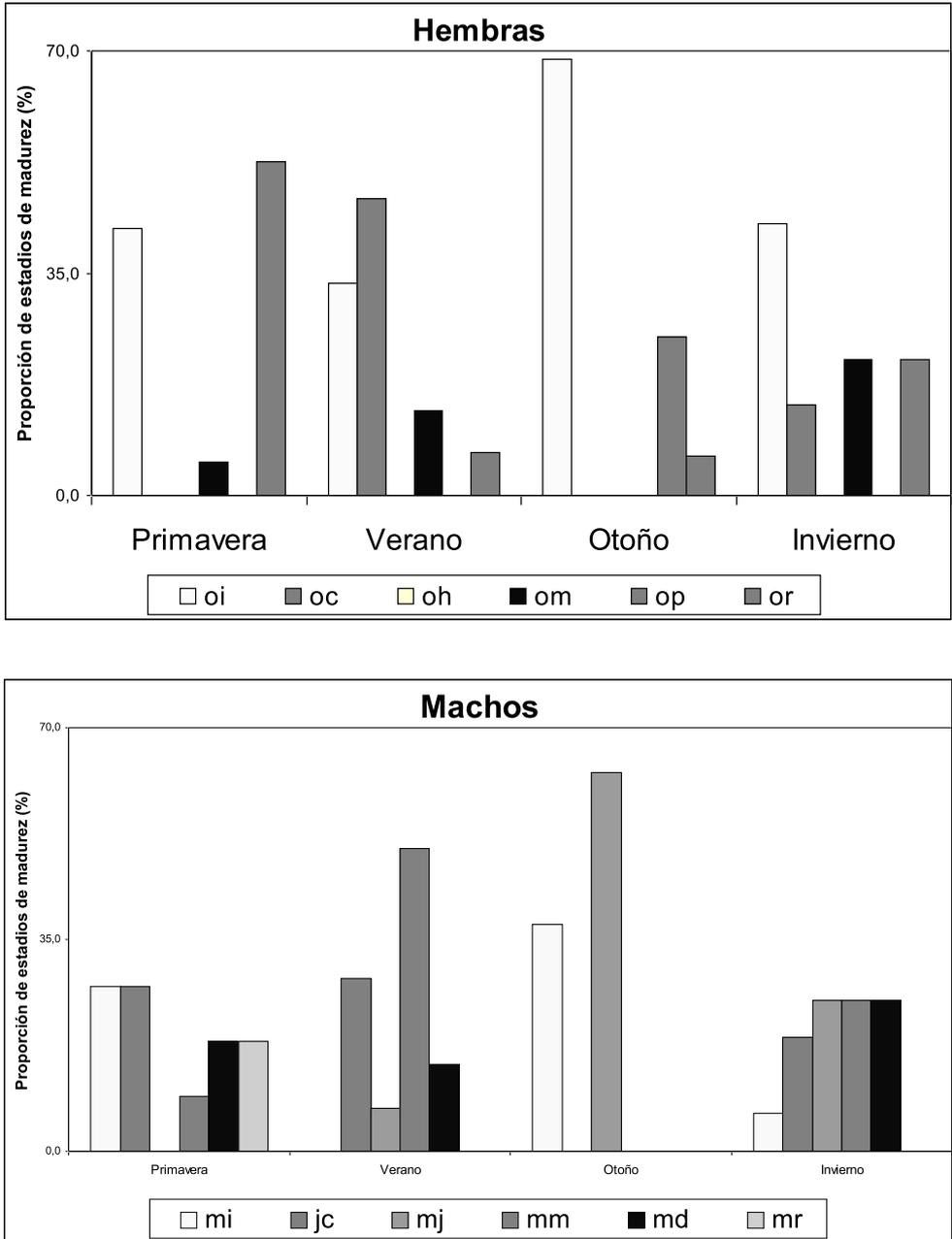


FIGURA 2. Proporción de estadios de madurez sexual para machos y hembras de *Zoogoneticus quitzeoensis* en el estudio. mi= macho inmaduro, jc= juvenil en crecimiento, mj=macho juvenil, mm= macho en maduración, md= macho maduro, mr= macho en receso.

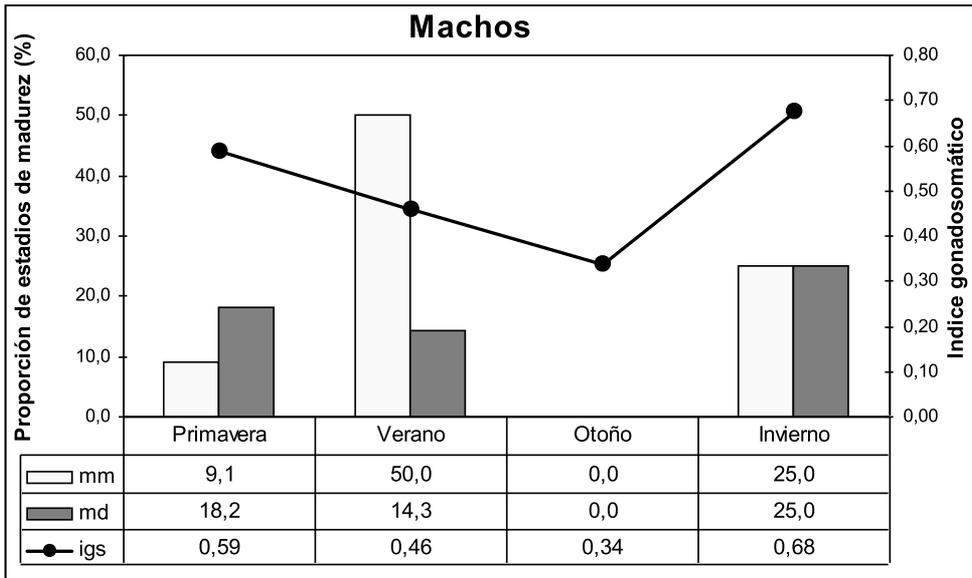
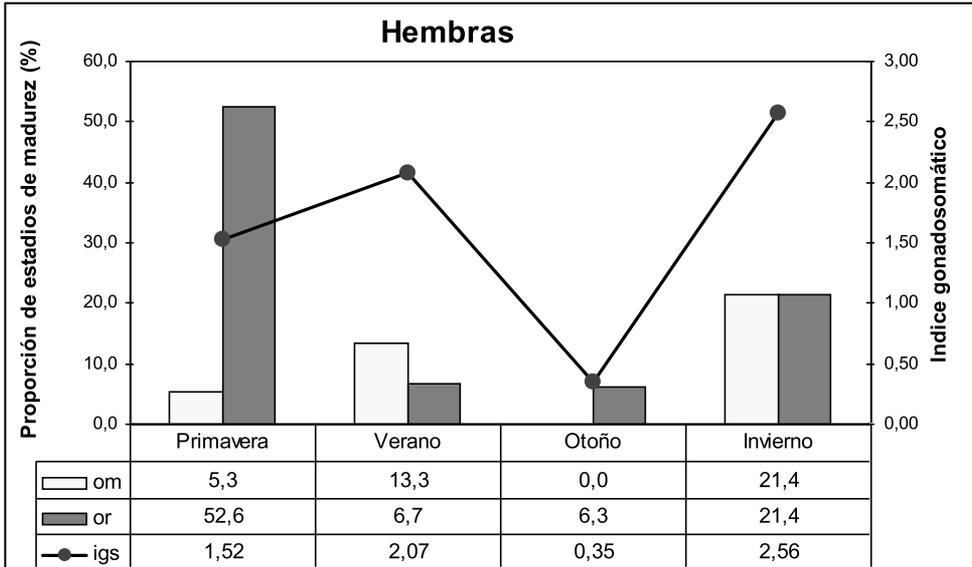


FIGURA 3. Índice gonadosomático y estadios de madurez de hembras y machos de *Z. quitzeensis* durante el periodo de estudio.

un valor máximo justo antes del nacimiento de las crías en peces vivíparos. Al realizar el análisis correspondiente, los resultados del índice gonadosomático tanto para hembras como para machos coinciden en que el valor más alto lo presentan en invierno y el más bajo en otoño. Esta situación de manera conjunta con la presencia de machos y hembras sexualmente maduros, podría evidenciar que la temporada de invierno es la época de mayor actividad reproductiva. Sin embargo, es necesario incluir datos de colectas mensuales durante dos años consecutivos para conocer con certeza la época reproductiva de *Z. quitzeoensis* (FIGURA 3).

CONCLUSIONES

El hábitat reproductivo de *Z. quitzeoensis* en la represa La Mintzita se caracteriza por ser de aguas someras, neutras, cálidas, transparentes con fondo pedregoso y abundante vegetación acuática de lirio (*E. crassipes*), tule (*T. dominiguensis*), nenúfar (*N. mexicana*), pastos sumergidos (*P. pectinatum*) y cola de zorro (*C. dermesum*). El hábitat es impactado por las actividades humanas, mismas que se pueden reunir en i) extracción de agua, ii) uso de los manantiales como lavaderos y iii) depósito de residuos sólidos como plásticos.

La proporción entre hembras y machos es de 1 hembra por cada macho (1:1).

Se definieron seis estadios de madurez tanto en hembras como en machos, estableciéndose la talla de primera madurez de 3 cm de longitud patrón para ambos sexos.

El potencial reproductivo es bajo en comparación con otros miembros de la familia Goodeidae en hábitat similares. *Zoogoneticus quitzeoensis* pertenece al gremio ecoetológico de los portadores internos, que comprende a los vivíparos con trofotenia matrotrofica. Presenta iteroparidad y es heterocronal. No se encontró evidencia de superfetación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Coordinación de la Investigación Científica de la UMSNH por el

apoyo para realizar este estudio y a los compañeros del laboratorio de Biología Acuática que de manera desinteresada ayudaron en el trabajo de campo.

REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WPCF. 1995. Methods for the Examination of Water. 19TH edition. American Public Health Association (APHA), American Methods Water Works Association (AWWA), Water Pollution Control Federation (WPCF). USA.
- Barragán J. y S. B. Magallón. 1994. Peces Dulceacuícolas Mexicanos X. *Goodea atripinnis* (Cyprinodontiformes: Goodeidae). *Zoología Informa* (28):27-36.
- Balon E. K. 1984. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. En: G. Potts y R. Wootton (eds.) *Fish Reproduction: strategies and tactics*. Academic Press. London. Pp 35-51.
- Cailliet M. G., Love S. M., Ebeling W. A. 1986. *Fishes. A Field and Laboratory Manual on Their Structure, Identification, and Natural History*. Wadsworth Publishing Company. Belmont, California.
- Domínguez S. H. 1999. Contribución al estudio de los peces de la familia Goodeidae de Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología. UMSNH.
- Fausch, D. K., J. Lyons, R. J. Karr y L. P. Angermeier. 1990. Fish as indicators of environmental degradation. *American Fisheries Society Symposium* 8:123-144.
- Hubbs L. C. y Turner L. C. 1939. Studies of the fishes of the order Cyprinodontes. XVI. A revision of the Goodeidae. *Miscellaneous Publications. Museum of Zoology. University of Michigan*. 42.
- Medina, N. M. 2003. Utilización del Índice de Integridad Biótica (IIB) para determinar áreas de conservación de peces en la cuenca Lerma-Chapala en Michoacán. Tesis de Maestría. Facultad de Biología. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Morelia, Michoacán, México. 103 pp.

- Medina, N. M., T. Zubieta y J. P. Ramírez. 2003. Estructura de la comunidad de peces de la Mintzita, Morelia Michoacán, Cuenca Lerma-Chapala. *Biológicas* 5:19-29.
- Medina, N. M., J. Lyons, T. Zubieta, E. Solorio, J. P. Ramírez y R. Galván. 2006. Conservation of two sites in central Mexico with a high diversity of livebearing fishes. 499-504 pp. En: *Viviparous Fishes*. Uribe M. C. y Grier H. J. (Eds).
- Mendoza, G. 1962. The reproductive cycles of three viviparous teleosts *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldi* and *Neoophorus diazi*. *Biological Bulletin*, 123(2):351-365.
- Moncayo E. R. 1993. Aspectos taxonómicos y biológicos de *Hubbsina turneri* De Buen (1941) (Pisces: Goodeidae) en Michoacán. Tesis de licenciatura. Escuela de Biología. UMSNH. Morelia, Mich.
- Moyle P. 1988. *Fishes an introduction to ichthyology*. Department of wildlife and fisheries biology. Universty of California, Davis. Pp 107-125.
- NOM-059-ECOL-2001. Norma Oficial Mexicana que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestres terrestres y acuáticas en peligro de extinción, amenazadas, raras y las sujetas a protección especial, y que establece especificaciones para su protección. Diario Oficial de la Federación.
- Rodríguez. 1992. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. Editorial AGT editor. S.A primera edición 1992 México, D. F. pp 1-11.
- SAS Institute. 2005. JMP v. 6.0. SAS Institute Inc.
- Solórzano, P. A. 1961. Contribución al conocimiento de la biología del charal prieto del lago de Pátzcuaro, Mich. Secretaría de industria y comercio. Dirección de Pesca de industrias conexas.
- Soto-Galera E., J. Paulo-Maya, E. López-López, J.A Serna-Hernández y J. Lyons. 1999. Change in fish fauna as indication of aquatic ecosystem condition in Río Grande de Morelia-Lago de Cuitzeo basin, Mexico. *Environmental Management* 24:133-140.
- Steel, R. G. y J. H. Torrie. 1988. *Bioestadística principios y procedimientos*. Segunda edición. Ed. Mc. Graw-Hill. 156 pp.