

ANÁLISIS HISTÓRICO DE LA BIOLOGÍA DE LA CHEREHUITA (*Hubbsina turneri*) (PISCES:GOODEIDAE), ESPECIE ENDÉMICA Y EN PELIGRO DE EXTINCIÓN DE MÉXICO.

HISTORICAL ANALYSIS OF THE BIOLOGY OF CHEREHUITA (*Hubbsina turneri*) (PISCES:GOODEIDAE), ENDEMIC AND THREATENED SPECIES FROM MEXICO.

Rodrigo Moncayo-Estrada¹.

Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán (CHDIR-IPN-UNIDAD MICHOACÁN). Justo Sierra Núm. 28, Col. Centro, Jiquilpan, Michoacán. C. P. 59510. MÉXICO. Correo-e: rmoncayo@hotmail.com (¹Autor para correspondencia)

RESUMEN

El presente estudio contempla un análisis histórico sobre aspectos biológicos de *Hubbsina turneri*, a partir de ejemplares de los lagos de Cuitzeo y Zacapu, Michoacán. Se hace de manera histórica dada la condición de restringida y en peligro de extinción de la especie, y pretende proporcionar información relevante para su conservación. La relación longitud-peso indica un crecimiento tendiente al isométrico, principalmente en los individuos de Zacapu. El factor de condición fue mayor en Zacapu (3.41) que en Cuitzeo (3.29), lo que podría estar relacionado con mejores condiciones de desarrollo de la población en el primer lago (alimento y hábitat). Se determinó que la reproducción comienza cuando las hembras alcanzan una talla promedio de 25.9 mm de longitud patrón, presentando un ciclo reproductivo múltiple, donde las crías nacen constantemente desde abril hasta noviembre. En la proporción sexual se encontró mayor dominancia por parte de las hembras. El análisis de los hábitos alimentarios indica que es un pez preferentemente carnívoro, con tendencia epibentófaga y bentófaga. No se detectó una diferencia significativa en la dieta cuando se comparan ambos lagos (análisis MRPP, $A = -0.02$, $p = 0.71$). Su nivel trófico lo clasifica como un consumidor primario por su alto consumo de detritus. Finalmente, se proponen medidas de restauración para el lago de Cuitzeo, derivando las aguas negras y tratándolas e implementando medidas de conservación para el lago de Zacapu, controlando el bombeo del agua de los manantiales que lo alimentan para mantener su hidrodinámica.

Recibido: 24 de febrero, 2011
Aceptado: 26 de octubre, 2011
DOI: 10.5154/r.rchscfa.2011.02.020
<http://www.chapingo.mx/revistas>

PALABRAS CLAVE:
Reproducción, alimentación,
Lerma-Chapala,
conservación.

ABSTRACT

The present study integrates a historical description of different biological aspects of *Hubbsina turneri* in the Cuitzeo Lake and the Zacapu Lake in Michoacán. The historical analysis responds to the restricted and threatened situation of the species and provides important information to promote conservation. Length-weight relationship indicates an isometric growth mainly related to the individuals from the Zacapu Lake. The condition coefficient of fish was greater in Zacapu (3.41) than in Cuitzeo (3.29), aspect that could be related to better development conditions in Zacapu (food and habitat). 25.9 mm standard length was determined as the average size for the first reproduction in females. This species had multiple reproductive cycles and fry born continuously from April to November. Sexual proportion presented dominance from females on males. The stomach content analysis revealed that *H. turneri* is an epibenthophagic to bentophagic carnivorous. Diet presented no significant difference when comparing populations from both lakes (MRPP analysis, $A = -0.02$, $p = 0.71$). The trophic level classified the species as primary consumer, related to the high detritus consumption. Finally, restoration measures must be implemented in Cuitzeo Lake, principally the wastewater diversion and treatment. In Zacapu Lake, conservation measures must be related to the restriction of spring water extraction to maintain the hydrodynamic ecosystem processes.

KEYWORDS: Reproduction,
feeding, Lerma-Chapala,
conservation.

INTRODUCCIÓN

El escenario de la biodiversidad íctica de aguas interiores en México es crítico; de las 506 especies conocidas, 169 se encuentran en algún nivel de riesgo y 25 se consideran extintas (Miller *et al.*, 2005). Particularmente en la región hidrográfica Lerma-Chapala-Pacífico, que in-

INTRODUCTION

The scenario of fish biodiversity of inland waters in Mexico is critical, of 506 known species, 169 are in some level of risk of extinction and 25 are considered extinct (Miller *et al.*, 2005). Particularly in the Lerma-Chapala-Pacífico hydrographic region, which includes one of the

cluye una de las zonas ictiofaunísticas más importantes, se ha determinado que 50 % de los sitios donde se tienen registros de peces ya no son capaces de sostener vida, y 40 % de un total de 44 especies nativas han experimentado declinaciones en su población (Lyons *et al.*, 2000).

Las causas del proceso de degradación de los hábitats y población de peces incluyen: 1) cambios importantes de volumen, 2) incremento en la concentración de nutrientes y contaminantes, 3) pesca excesiva derivando en sobreexplotación y 4) presencia de especies exóticas (Lyons *et al.*, 2000). Ante este acelerado deterioro se hace prioritaria la necesidad de buscar medidas de conservación, restauración y manejo de la riqueza biológica que poseen los ecosistemas acuáticos.

Una de estas medidas incluye identificar las necesidades de las poblaciones de especies en peligro. Esto se traduce en cómo mantener las condiciones adecuadas del hábitat y su integridad, además de proveer elementos clave para programas de conservación y repoblación tanto en cautiverio como en el ambiente. Aun dada la condición de peligro de *Hubbsina turneri* (De Buen, 1943), según la NOM-059-ECOL-2001 (DOF, 2002) se han desarrollado pocos análisis de su biología (De Buen, 1943; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2010). Por lo tanto, quedan vacíos de información y es importante hacer estudios, pero evitando un impacto en lo que respecta a la recolecta de los individuos. Con base en lo anterior, es que se plantea un análisis histórico utilizando especímenes recolectados de los lagos de Cuitzeo y Zacapu, depositados en la Colección de Peces de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CPUM: MICH.-PEC-227-07-09).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Los lagos de Cuitzeo y Zacapu se ubican al norte del estado de Michoacán, en la Región Hidrológica 12 Lerma-Chapala-Pacífico. Se localizan entre las coordenadas 20° 04' 34" y 19° 53' 15" N y 101° 19' 34" y 100° 50' 20" W para Cuitzeo y 19° 49' 26" y 19° 49' 40" N y 101° 46' 45" y 101° 47' 25" W para Zacapu (Figura 1). Cuitzeo es un lago tropical somero y extenso (375 km²), tiene una cuenca cerrada y su principal afluente es el río Grande de Morelia (Alcocer y Bernal, 2009). Zacapu es un lago pequeño (0.335 km²), remanente de la desecación de la ciénega de Zacapu, a principios del siglo XX. Presenta una cuenca exorreica y sus afluentes son grupos de manantiales; los principales son los de la Angostura y el de la Zarcita; como efluente principal se tiene el origen del río Ángulo (Díaz, 1997).

Las muestras analizadas para el lago de Cuitzeo incluyeron 238 individuos y datan de los meses de

most important ichthyofaunistic zones, it has been determined that 50 % of sites where there are records of fish, they are no longer capable of sustaining life, and 40 % of a total of 44 native species have experienced declines in their population (Lyons *et al.*, 2000).

The causes of the degradation process of habitat and fish population include: 1) significant changes in volume, 2) increased concentration of nutrients and pollutants, 3) overfishing resulting in overexploitation, and 4) presence of exotic species (Lyons *et al.*, 2000). Due to this accelerated deterioration, the need to seek conservation measures, restoration and management of biological wealth that have aquatic ecosystems has become a priority.

One of these measures includes identifying the populations' needs of threatened species. This translates into how to maintain the proper habitat conditions and its integrity, and to provide key elements for conservation programs and recruitment both in captivity and natural environment. Although it is known about the threatened condition of *Hubbsina turneri* (De Buen, 1943), according to the NOM-059-ECOL-2001 (DOF, 2002) no much analysis of its biology have been developed (De Buen, 1943; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2010). Therefore, there is no information and it is important to conduct some studies, but avoiding an impact with respect to collection of individuals. Based on the above, a historical analysis is performed using specimens collected from Cuitzeo and Zacapu lakes, and deposited in the Fish Collection Department of Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (CPUM: MICH.-PEC-227-07-09).

MATERIALS AND METHODS

Study area

Cuitzeo Lake and Zacapu Lake are north of the State of Michoacán, in the Hydrologic Region 12 Lerma-Chapala-Pacífico. Located between coordinates 20° 04' 34" and 19° 53' 15" N and 101° 19' 34" and 100° 50' 20" W for Cuitzeo; 19° 49' 26" and 19° 49' 40" N and 101° 46' 45" and 101° 47' 25" W for Zacapu (Figure 1). Cuitzeo is a shallow tropical and extensive lake (375 km²), it has a closed basin and its main tributary is the river Rio Grande de Morelia (Alcocer y Bernal, 2009). Zacapu is a small lake (0.335 km²), remanent of the drying of the Zacapu wetland, in the early twentieth century. It has an exorreic basin and its tributaries are groups of springs; the main ones are la Angostura and la Zarcita, the main effluent is the Ángulo River (Díaz, 1997).

Samples analyzed for Cuitzeo Lake include 238 individuals (125) from April, (65) from August and (46) from November 1979, and (2) from February 1980, moment of the last report of *H. turneri* at this place (Ramírez-Herrejón *et al.*, 2010). In Zacapu Lake, 274 individuals were

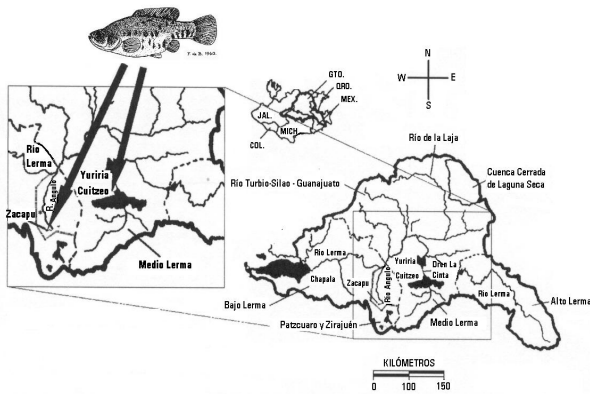


FIGURA 1. Distribución de *Hubbsina turneri* y localización de los lagos de Cuitzeo y Zacapu.

abril (125), agosto (65) y noviembre (46) de 1979, y febrero (2) de 1980, momento en el que se tiene el último reporte de *H. turneri* en este lugar (Ramírez-Herrejón *et al.*, 2010). En el lago de Zacapu se revisaron 274 individuos recolectados en diciembre (33) de 1991 y febrero (30), marzo (130), junio (33) y septiembre (48) de 1992.

Los individuos se midieron (longitud patrón en milímetros) y pesaron (gramos), se aplicó la ecuación de longitud-peso ($W = a \times L^b$; donde W es el peso, L es la longitud y a y b son las constantes del análisis de regresión) (Schneider *et al.*, 2000). También se determinó el factor de condición de Fulton, que tiene como objetivo demostrar la condición del pez en términos numéricos (grado de bienestar, robustez relativa) ($K = 10^5 \times W / L^3$; donde K es el coeficiente de condición, W es el peso en gramos, L es la longitud en milímetros) (Williams, 2000).

Para el análisis biológico en la reproducción, se determinó el índice gonadosomático en gramos (peso de la gónada/peso del pez). Para el ciclo de madurez ovárica de las gónadas y las clases ontogénicas de los embriones se utilizó el criterio de Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986). La estimación de la longitud del ciclo de gestación se obtuvo por medio del criterio de Mendoza (1962) y para el tamaño de la camada se contaron los embriones en diferentes estadios de desarrollo para todas las hembras grávidas. La fecundidad relativa se cuantificó como número de embriones por unidad de peso corporal de las hembras (g).

El análisis de contenido estomacal se hizo por medio del método de cuadrante de Hynes modificado (Hyslop, 1980). El estudio de los aspectos tróficos incluyó el gremio trófico que se estimó con el Índice de Importancia Relativa por Yáñez-Arancibia *et al.* (1976) ($IIR = F \times V / 100$; donde F es la frecuencia de ocurrencia y V el volumen, ambos en porcentaje). Luego, el índice se lleva a nivel porcentual, para su más fácil interpretación, según la propuesta de Cortés (1997) ($IIR \% = IIR_i \times 100 / \sum IIR_i$).

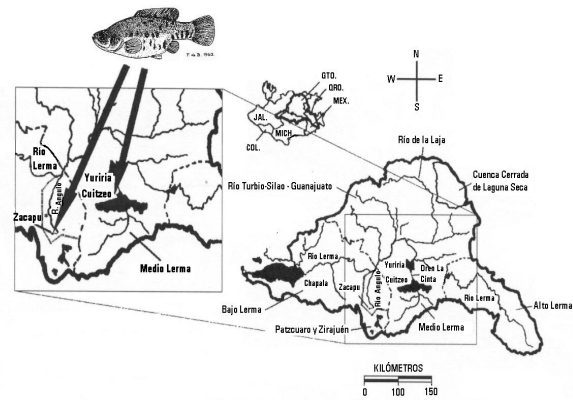


FIGURE 1. Distribution of *Hubbsina turneri* and location of the Cuitzeo Lake and the Zacapu Lake

studied, (33) in December 1991 and (30) in February, (130) in March, (33) in June and (48) in September 1992.

Individuals were measured (standard length in mm) and weighed (grams), the length-weight equation ($W = a \times L^b$, where W is the weight, L is the length and a and b are constants regression analysis) was applied (Schneider *et al.*, 2000). The condition factor of Fulton was also determined, which aims to demonstrate the condition of the fish in numerical terms (wellness level, relative robustness) ($K = 10^5 \times W / L^3$; where K is the coefficient of condition, W is the weight in grams, L is the length in mm) (Williams, 2000).

For biological testing, in reproduction, the gonadosomatic index in grams (ovary weight / fish weight) was determined. The criterion of Díaz-Pardo and Ortiz-Jiménez (1986) was used for the ovarian maturation cycle of the gonads and ontogenetic classes of embryos. The estimated cycle length of gestation was obtained using the criterion of Mendoza (1962), and for the litter size, embryos at different stages of development for all pregnant females were counted. The relative fecundity was quantified as the number of embryos per unit of body weight of females (g).

The stomach content analysis was conducted using the modified quadrant methods of Hynes (Hyslop, 1980). The study of trophic aspects included trophic guild, which was estimated using the Index of Relative Importance by Yáñez-Arancibia *et al.*, (1976) ($IIR = F \times V / 100$, where F is the frequency of occurrence and V the volume, both in percentage). Then, the index is shown in percentage, for easier interpretation as proposed by Cortés (1997) ($IIR \% = IIR_i \times 100 / \sum IIR_i$). Trophic level was determined from the information previously collected and using the TrophLab programme (Pauly *et al.*, 2000).

To compare the importance of food components between sites, and given the characteristics of stomach content information, a multiple response permutation procedure (MRPP) was performed. This analysis is a

ΣIIR_i). El nivel trófico se determinó a partir de la información anteriormente recabada y por medio del programa TrophLab (Pauly *et al.*, 2000).

Para comparar la importancia de los componentes alimenticios entre sitios, y dadas las características de la información del contenido estomacal, se realizó un procedimiento de permutación de respuestas múltiples (MRPP). Este análisis es un procedimiento no paramétrico para probar la hipótesis de no diferencia entre dos o más grupos (Biondini *et al.*, 1985). El MRPP se llevó a cabo con el programa PC-ORD versión 5.07 (McCune y Mefford, 2006).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La relación longitud-peso obtenida en el caso de los individuos de *Hubbsina turneri*, para el lago de Cuitzeo fue $W = 0.029 \times L^{3.09}$ ($r = 0.95$) y para el lago de Zacapu fue $W = 0.032 \times L^{3.03}$ ($r = 0.93$). Dos aspectos se pueden derivar del análisis: 1) de acuerdo con el valor de la pendiente (b), los individuos de la población de Zacapu tienden más a un crecimiento isométrico que los de Cuitzeo, y 2) la dispersión de los datos en tallas grandes, probablemente se encuentra relacionada con el tipo de reproducción vivípara de los peces. Organismos de tallas similares presentaron pesos distintos por tratarse de hembras grávidas, hembras en reposo y machos. La importancia de esta relación incluye: a) el cálculo del peso a partir de datos de frecuencia de longitudes, eliminando la necesidad de pesar un grupo importante de individuos, b) ayuda a medir cambios en la robustez o

nonparametric procedure for testing the hypothesis of no difference between two or more groups (Biondini *et al.*, 1985). The MRPP was carried out using the program PC-ORD version 5.07 (McCune and Mefford, 2006).

RESULTS AND DISCUSSION

The length-weight relation obtained from the *Hubbsina turneri* individuals of Cuitzeo Lake was $W = 0.029 \times L^{3.09}$ ($r = 0.95$) and for Zacapu Lake was $W = 0.032 \times L^{3.03}$ ($r = 0.93$). Two aspects can be derived from the analysis: 1) according to the value of the slope (b) individuals of Zacapu population have an isometric growth even greater than those of Cuitzeo and 2) the dispersion of data in large sizes, is probably related to the type of viviparous fish reproduction. Similar size organisms showed different weights for pregnant females, females at rest and males.

The significance of this relationship includes: a) the calculation of weight from frequency data lengths, eliminating the need of weighting a large amount of individuals, b) helping to measure changes in robustness or health of the population when compared over time, c) allowing to determine the relative condition of small fish compared to large fish (Schneider *et al.*, 2000).

The condition factor was lower in Cuitzeo (3.29 ± 0.26 , mean \pm SD) than in Zacapu (3.41 ± 0.46). This could be related to better development conditions of the population (feeding and habitat) in Zacapu. However, it

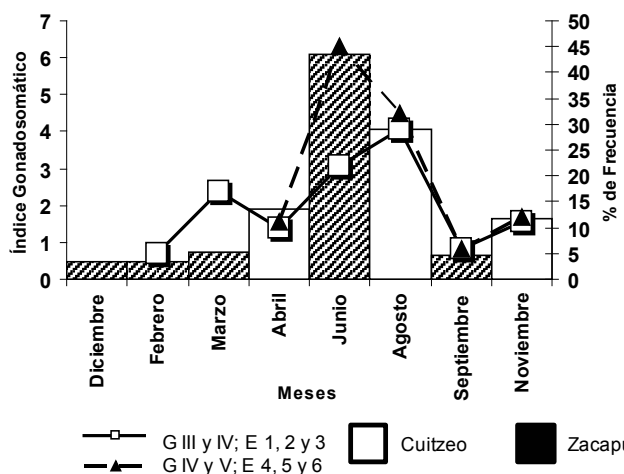


FIGURA 2. Comparación entre el índice gonadosomático (barras) y la frecuencia de estadio del desarrollo de las gónadas y embriones (líneas). G = Gónada, valores III, IV y V representan gónadas con huevos libres, con embriones en diferentes etapas de desarrollo y próximos a nacer, respectivamente. E = embrión, valores del 1 al 6 representan estadios de desarrollo desde inmaduros a próximos a nacer. Están incluidos tanto los valores del lago de Cuitzeo (barra abierta) como los del lago de Zacapu (barra achurada).

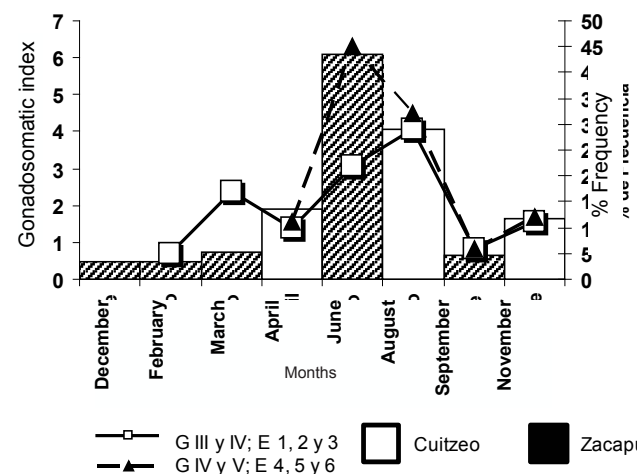


FIGURE 2. Comparison between gonadosomatic index (bars) and development frequency of gonad and embryos (lines). G = Gonad, values III, IV and V represent gonads with free eggs, with embryos at different stages of development, and close to birth, respectively. E = embryo, values from 1 to 6 represent stages of development from immature to coming to birth. Both values of Cuitzeo Lake (open bar) and Zacapu Lake (hatched bar) are included.

estado de salud de la población cuando se compara en el tiempo, y c) permiten determinar la condición relativa de peces pequeños, comparados con los peces grandes (Schneider *et al.*, 2000).

El factor de condición fue menor en el lago de Cuitzeo (3.29 ± 0.26 ; media \pm desviación estándar) que en el lago de Zacapu (3.41 ± 0.46). Lo anterior podría estar relacionado con mejores condiciones de desarrollo de la población en el último lago (alimento y hábitat). Sin embargo, es importante mencionar que las muestras corresponden a diferentes años y en la mayoría de los casos a diferentes meses, por lo que el resultado se debe tomar con cautela, debido al cambio de este factor en relación, principalmente, con la reproducción (Nash *et al.*, 2006).

En el análisis reproductivo se juntaron las muestras de ambos lagos para contar con más meses revisados y cubrir mejor un ciclo anual. Esto fue factible, ya que al inspeccionar la información se presenta una secuencia lógica de los valores del índice gonadosomático. El periodo reproductivo de la especie se extiende aproximadamente ocho meses (marzo-octubre), con un máximo en el verano (junio-agosto). Los embriones aparecen por primera vez en abril e ininterrumpidamente se les encuentra en los ovarios hasta noviembre (Figura 2). De acuerdo con Mendoza (1962), el tiempo probable de maduración de las especies pequeñas de goodeidos es de un año. Esto se puede ajustar a *H. turneri*, cuando las hembras alcanzan un promedio de 25.9 ± 0.21 mm de longitud patrón, como talla mínima de reproducción.

La longitud aproximada del ciclo de gestación se estimó en dos meses, periodo entre la aparición de ovarios con huevos libres y el primer momento en que se presentan embriones de talla máxima. A partir de la longitud del ciclo de gestación, las hembras pueden procurar al menos tres camadas, dependiendo de la condición de los individuos y las características del hábitat. Se encontraron evidencias de múltiples camadas en la Cherehuita porque: 1) gónadas con embriones a punto

is important to note that samples correspond to different years and in most cases different months, so the result should be taken with caution due to the change of this factor in relationship mainly to the reproduction (Nash *et al.*, 2006).

In the reproductive analysis samples of both lakes were gathered to have more month information to have better annual cycle information. This was feasible because the information is shown in a logical sequence of values of the gonadosomatic index. The reproductive period of the species extends approximately eight months (March-October), with a maximum in summer (June-August). Embryos first appear in April and were continuously found in the ovaries until November (Figure 2). According to Mendoza (1962), the probable time of maturation of the small species of goodeids is one year. This can be adjusted to *H. Turneri*, when females reach an average of 25.9 ± 0.21 mm standard length and minimum size of reproduction.

The approximate length of gestation cycle was estimated at two months, period between the emergence of ovarian with free eggs and the first time that embryos have maximum size. From the length of the gestation cycle, females can have at least three litters, depending on the conditions of individuals and habitat characteristics. There was evidence of multiple litters in Cherehuita because: 1) gonads with embryos to be born had also eggs, 2) a continuous birth of fry from April to November, 3) the presence of mature males throughout the years and 4) multiple cycles reported in other goodeids species (Mendoza, 1962).

The average litter size was obtained from a total of 63 females analyzed from both lakes; the average for Cuitzeo Lake was 15.7 ± 7.75 and for Zacapu Lake 18.9 ± 9.63 embryos. The value is relatively low compared to other family species. For example, the average of embryos in the ovary was 30 in *Ilyodon whitei* and 55 in *Goodea atripinnis* (Uribe-Aránzabal *et al.*, 2006), whereas

CUADRO 1. Comparación de la dieta de las poblaciones de *Hubbsina turneri* en los lagos de Cuitzeo y Zacapu por medio del Índice de Importancia Relativa (IIR).

Componentes de la dieta	Cuitzeo IIR %	Zacapu IIR
Copépodos	29.04	32.06
Ostrácodos	1.94	12.10
Cladóceros	1.33	16.07
Odonatos	1.89	2.43
Chironómidos	41.17	0.21
Anfípodos	0	5.30
Detritus	24.57	31.72
Restos de plantas	0.06	0.11

TABLE 1. Comparison of diet of the *Hubbsina turneri* population in Cuitzeo and Zacapu by means of the Index of Relative Importance (IIR)

Diet components	Cuitzeo IIR %	Zacapu IIR
Copepods	29.04	32.06
Ostracods	1.94	12.10
Cladocerans	1.33	16.07
Odonata	1.89	2.43
Chironomid	41.17	0.21
Amphipods	0	5.30
Detritus	24.57	31.72
Plant residues	0.06	0.11

de nacer también presentaban óvulos, 2) un continuo nacimiento de crías de abril a noviembre, 3) presencia a lo largo del año de machos maduros y 4) ciclos múltiples reportados en otras especies de goodeidos (Mendoza, 1962).

El tamaño de la camada promedio se obtuvo de un total de 63 hembras analizadas de ambos lagos, y fue para Cuitzeo de 15.7 ± 7.75 y en el caso de Zacapu 18.9 ± 9.63 embriones. En lo que respecta a determinar si este valor es alto o bajo, comparado con otras especies de la familia es relativamente bajo. Por ejemplo, el promedio de embriones en el ovario fue de 30 en *Ilyodon whitei* y 55 en *Goodea atripinnis* (Uribe-Aránzabal *et al.*, 2006), mientras que las especies de *Allodontichthys* variaron de 11 a 30 (Lyons y Mercado-Silva, 2000). Por su parte, para *Girardinichthys multiradiatus* el mayor número de embriones fue de 87, mientras que *H. turneri* presentó como máximo 64 (Navarrete *et al.*, 2007). La fecundidad relativa promedio para Cuitzeo y Zacapu fue de $8.8 (\pm 4.19)$ y $5.8 (\pm 7.39)$ embriones por gramo, respectivamente.

En la proporción sexual se encontró mayor dominancia por parte de las hembras. Sin embargo, hay variantes entre ambos sitios, ya que en Zacapu todas las muestras estuvieron cercanas a la proporción de 1:1, mientras que en Cuitzeo fueron variables. En Zacapu, el valor mayor se presentó en junio, con 1.5:1, mientras que en Cuitzeo fue de 4:1, en el mes de agosto.

De acuerdo con los resultados obtenidos del análisis de contenido estomacal de 392 individuos de *H. turneri*, se encontraron ocho artículos alimenticios preferenciales (Cuadro 1). A partir de que los copépodos y el detritus figuran de manera importante en la dieta, se define como una especie predominantemente carnívora con tendencia epibentófaga y bentófaga. Asimismo, la presencia de copépodos y las especies de cladóceros encontrados (*Leydigia* y *Simocephalus*) indican una distribución litoral del pez en biotopos ricos en macrofitas (Villabona-González *et al.*, 2011).

Las diferencias en la dieta entre los sitios, como la gran presencia de chironómidos en la población de Cuitzeo, se deben probablemente a la disponibilidad de las presas en cada lago (Cuadro 1). Esto se corrobora al comparar los resultados con otros goodeidos en la misma localidad, presentando valores altos de estas presas (p. ej., *Zoogoneticus quitzeoensis*) (Bean, 1898; Zubieta, com. pers.¹). Además, evidencia la degradación del hábitat, ya que las larvas de dípteros se asocian a sitios con valores altos de materia orgánica (Langdon *et al.*, 2006).

A pesar de que los anfípodos sólo se presentaron en la dieta de la población del lago de Zacapu, los otros artículos alimenticios son constantes y en proporciones relativamente similares. Por lo anterior, no se detectó

¹M.C. Tohtli Zubieta Rojas. Profesora-Investigadora de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

the *Allodontichthys* species ranged from 11 to 30 (Lyons y Mercado-Silva, 2000). For *Girardinichthys*

Multiradiatus the largest number of embryos was 87, whereas, *H. turneri* showed no more than 64 (Navarrete *et al.*, 2007). The average relative fecundity for Cuitzeo and Zacapu was $8.8 (\pm 4.19)$ and $5.8 (\pm 7.39)$ embryos per gram, respectively.

Greater dominance by females was observed in the sexual proportion. However, there are variants between both locations, in Zacapu all samples were close to the 1:1 ratio, while in Cuitzeo samples varied. In Zacapu, the highest value occurred in June, 1.5:1, while in Cuitzeo was 4:1, in the month of August.

According to the results obtained from the stomach content analysis of 392 individuals of *H.*

Turneri, eight preferred food items were found (Table 1). Copepods and detritus are contained significantly in the diet, so it is revealed that *H. Turneri* is an epibenthophagic to bentophagic carnivorous species. Also, the presence of copepods and cladoceran species (*Leydigia* y *Simocephalus*) shows a littoral distribution of fish in biotopes rich in macrophytes (Villabona-González *et al.*, 2011).

The differences in diet between sites, such as the great presence of chironomid in Cuitzeo population are probably due to the prey availability in each lake (Table 1). This is corroborated by comparing results with other goodeids in the same locality, showing high values of these preys (eg. *Zoogoneticus quitzeoensis*) (Bean, 1898; Zubieta¹). And the habitat degradation is shown, because dipterous larvae are associated with high values of organic matter (Langdon *et al.*, 2006).

Although amphipods only appeared in diet of the population of Zacapu Lake, other food items are constant and in relatively similar proportions. Therefore, no significant difference was detected in the diet when comparing both lakes (analysis MRPP, $A = -0.02$, $p = 0.71$).

Cherehuita showed a trophic value of $2.84 (\pm 0.28)$ in Cuitzeo and $2.6 (\pm 0.28)$ in Zacapu, ranking as primary consumer (Figure 3). Although this varies with that proposed previously (Moncayo-Estrada²), the difference is because detritus is classified as producer, according to the methodology proposed by Pauly *et al.* (2000). However, decimals in the result will approach it to a value of three, and it is due to the presence of prey animals. Trophic level is the position of an organism in the food chain (Odum, 2005). Normally this chain is not isolated within

¹Information provided directly by M.C. Tohtli Zubieta Rojas. Professor at the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

²Information provided directly by Dr. Rodrigo Moncayo Estrada. Professor of Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán.

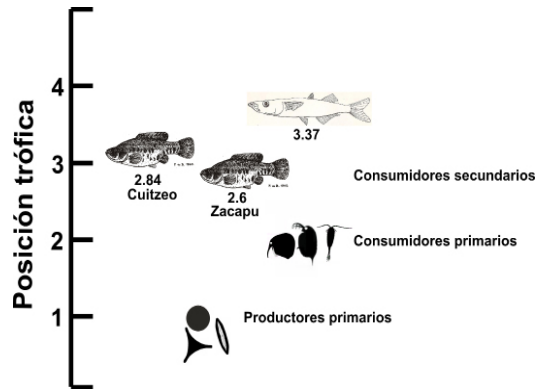


FIGURA 3. Nivel trófico de *Hubbsina turneri* para los lagos de Cuitzeo y Zacapu. Se incluyen ejemplos de productores primarios (algas y detritus), consumidores primarios estrictos (copépodos) y consumidores secundarios estrictos (pez charal *Chirostoma* spp. en la parte superior).

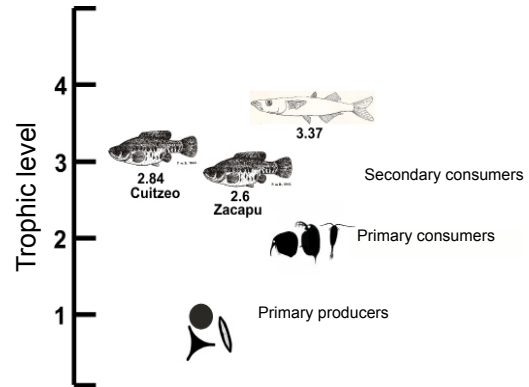


FIGURE 3. Trophic level of *Hubbsina turneri* for Cuitzeo Lake and Zacapus Lake. Examples of primary producers (algae and detritus), primary consumers (copepods) and secondary consumers (*Chirostoma* charal fish spp.) are included above.

una diferencia significativa en la dieta al comparar ambos lagos (análisis MRPP, $A = -0.02$, $p = 0.71$).

La Cherehuita presenta un valor de nivel trófico de 2.84 (± 0.28) en Cuitzeo y 2.6 (± 0.28) en Zacapu, ubicándose como consumidor primario (Figura 3). Si bien esto varía con lo propuesto anteriormente (Moncayo-Estrada, com. pers.²), la diferencia se debe a que el detritus se clasifica como productor, de acuerdo con la metodología propuesta por Pauly *et al.* (2000). Sin embargo, los decimales en el resultado lo acercan a un valor de tres, y se debe a la presencia de presas animales. El nivel trófico es la posición que ocupa un organismo en la cadena trófica (Odum, 2005). Normalmente esta cadena no está aislada dentro de un ecosistema, ya que se encuentra interconectada con otras, debido a que la mayor parte de los organismos se alimenta de especies que se encuentran en niveles tróficos diferentes.

Un aspecto importante en el análisis de *H. turneri* es su probable desaparición en el lago de Cuitzeo, ya que en muestreos en los diferentes cuerpos de agua de su cuenca no se le ha capturado recientemente (Madrigal-Guridi, com. pers.²). Entre las razones probables de esta ausencia se tiene el alto grado de degradación del lago, incluso definiéndose como hipertrófico desde hace tres décadas (Alcocer y Bernal, 2009). Por su parte, el lago de Zacapu cuenta con una gran capacidad de renovación hidráulica, lo que contribuye a que no se encuentre en condiciones de eutrofia avanzada (Díaz, 1997). En términos pesqueros, en Cuitzeo se han utilizado continuamente redes de arrastre que afectan a las diferentes especies de peces (charales, godeidos, carpas y tilapias) y estadios del ciclo de vida de los peces. En Zacapu, las únicas redes utilizadas son las fijas, agalleras, que son altamente selectivas y no capturan especies de

an ecosystem, as it is interconnected with each other, because the majority of the organisms feed on species found in different trophic levels.

An important aspect in the analysis of *H. turneri* is the eventual disappearance of this species in Cuitzeo Lake, as in samples at different water bodies of the basin, this species has not been captured recently (Madrigal-Guridi³). Among the probable reasons for this absence it is found the high degree of degradation of the lake, even defined as hypertrophic for the past three decades (Alcocer and Bernal, 2009).

Zacapu Lake has a great hydraulic capacity, therefore it is not found in advanced eutrophic conditions (Díaz, 1997). In fishing terms, in Cuitzeo, seine nets have been used affecting different fish species (minnows, goodeids, carps and tilapias) and fish life cycles. In Zacapu, the only type of nets used was the gill net, that is highly selective and do not capture small species (Comisión Estatal de Pesca, 2002).

CONCLUSIONS

Length-weight equation and value of the condition factor were determined, which are important in terms of population monitoring. Zacapu population has a greater symmetrical growth and a greater value of the condition factor.

Cherehuita females begin their reproduction in an average size of 25.9 mm standard length and have a multiple reproductive cycle; fry are born continuously from April to November.

According to different characteristics of the reproductive cycle and the proposed subjective analysis presented by Mendoza (1962), females can have up to three litters.

²Dr. Rodrigo Moncayo Estrada. Profesor-Investigador del Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional, Instituto Politécnico Nacional, Unidad Michoacán.

³Information provided directly by M.C. Xavier Madrigal Guridi. Professor and Ichthyology Collection Manager of the laboratory of Aquatic Biology at the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

tamaño pequeño (Comisión Estatal de Pesca, 2002).

CONCLUSIONES

Se determinaron la ecuación de longitud-peso y el valor del factor de condición, los cuales son importantes en términos de monitoreo de la población. Se tiene un crecimiento más simétrico en la población de Zacapu, así como un mayor valor del factor de condición.

Las hembras de la Cherehuita comienzan su reproducción en una talla promedio de 25.9 mm de longitud patrón y presentan un ciclo reproductivo múltiple; las crías nacen continuamente, desde abril hasta noviembre.

De acuerdo con diferentes características del ciclo reproductivo y con la propuesta de análisis subjetivo presentado por Mendoza (1962), las hembras pueden presentar hasta tres camadas.

Se trata de un pez carnívoro epibentófico y bentófico. De acuerdo con su nivel trófico es un consumidor primario y su dieta la constituyen detritus, microcrustáceos (copépodos y cladóceros) e insectos (larvas de dípteros). Algunas presas sólo se presentan en uno de los lagos, dependiendo, probablemente, de la disposición y las características del hábitat.

Finalmente, es fundamental definir criterios para la conservación de *H. turneri*. Primero, de acuerdo con las características del hábitat que frecuenta la especie. En el caso del lago de Cuitzeo se requieren asumir medidas de remediación. Debido a que el lago recibe las aguas residuales de Morelia y del valle agrícola de Queréndaro, es fundamental su derivación y tratamiento. También Cuitzeo presenta periodos de desecación, por lo que es importante regular los usos del recurso en la cuenca.

En el caso del lago de Zacapu, se necesitan tomar medidas de conservación a partir de un monitoreo eficaz del hábitat y de la Cherehuita, para desarrollar indicadores de la salud del ecosistema. Además, dada la trascendencia de su aspecto hidrodinámico, se debe tener un control estricto del bombeo del agua de los manantiales.

En segundo lugar, están los aspectos poblacionales, evitando la recolecta indiscriminada de la especie. Una alternativa son los programas de producción en cautiverio de especies nativas, como el que conduce la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Ramírez-Herrejón *et al.*, 2010). Es aquí donde encuentra relevancia el conocer la información biológica, para emular en cautiverio las características que favorecen la reproducción de la especie y en la elaboración de dietas que cubran los requerimientos nutricionales.

It is an epibenthic to benthic carnivorous fish. According to its trophic level, it is a primary consumer and its diet includes detritus, microcrustaceans (copepods and cladocerans) and insects (larvae of Diptera). Some preys are present in only one of the lakes depending, probably, of the provision and habitat characteristics.

Finally, it is essential to define criteria for the conservation of *H. turneri* species. First, according to the characteristics of the habitat that the species frequents. In the case of Cuitzeo Lake it is necessary to take remedial measures. Because the lake receives sewage from Morelia and the agricultural valley of Queréndaro, so it is essential to implement a treatment. Cuitzeo Lake has drying periods; therefore it is important to regulate the use of the resource in the basin.

In the case of Zacapu Lake, it is necessary to take conservation measures from effective monitoring of habitat and from the Cherehuita, to develop indicators of the ecosystem health. Moreover, given the importance of hydrodynamic aspect, it should have strict control of pumping water from the springs.

Second, are the population aspects, avoiding indiscriminate harvesting of the species. An alternative is the captive production of native species, such as the program that leads the Universidad of Michoacán de San Nicolás de Hidalgo (Ramírez-Herrejón *et al.*, 2010). This is where the knowledge of the biological information is relevant to emulate in captivity the characteristics that favor the reproduction of the species and the development of diets that meet nutritional requirements.

ACKNOWLEDGEMENTS

Thank you to the team from the Fish Collection Department of the Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, by providing access to the study material. The author has the support of COFAA and EDI, from Instituto Politécnico Nacional.

AGRADECIMIENTOS

Un profundo agradecimiento al personal de la Colección de Peces de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por proporcionar acceso al material. El autor cuenta con el apoyo de COFAA y EDI, del Instituto Politécnico Nacional.

LITERATURA CITADA

- Alcocer, D. J., & Bernal, B. F. W. (2009). Investigación ecológica a largo plazo en cuerpos acuáticos epicontinentales. *Revista digital Universitaria*, 10(6), 1-14.
- Biondini, M. E., Bonham, C. D., & Redente, E. F. 1985. Secondary successional patterns in a sagebrush (*Artemisia tridentata*) community as they relate to soil disturbance and soil biological activity. *Vegetation*, 60, 25-36.
- Comisión Estatal de Pesca. (2002). Convenio de colaboración y apoyo que celebran por una parte la Comisión de Pesca del estado y el H. Ayuntamiento de Zacapu, Michoacán.
- Cortés, E. (1997). A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 54(2), 726-738.
- De Buen, F. (1943). Los peces de agua dulce de la familia Goodeidae. *Boletín Biológico de la Universidad de Puebla*, 2(3), 111-148.
- Díaz, M. M. (1997). Diagnóstico del estado trófico de la laguna de Zacapu, Michoacán. Tesis de Maestría, Instituto Politécnico Nacional. México, D. F.
- Díaz-Pardo, E., & Ortíz-Jiménez, D. (1986). Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces:Goodeidae). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, 30(1-4), 45-67.
- DOF (Diario Oficial de la Federación). (2002). Norma Oficial Mexicana de Ecología 059-2001. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Dirección General de Regulación Ambiental, Gobierno de la República, México, D. F. 6 de marzo.
- Hyslop, E. J. (1980). Stomach contents analysis-a review of methods and their application. *Journal of Fish Biology*, 17(1), 411-429.
- Langdon, P. G., Ruiz, Z., Broderson, K. P. & Foster, I. D. L. (2006). Assessing lake eutrophication using chironomids: Understanding the nature of community response in different lake types. *Freshwater Biology*, 51, 562-577.
- Lyons, J., Gutiérrez-Hernández, A., Díaz-Pardo, E., Sotolongo-Galera, E., Medina-Nava, M., & Pineda-López, R. (2000). Development as a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hidrobiología*, 418(1), 57-72.
- Mendoza, G. (1962). The reproductive cycle of the viviparous teleost *Allophorus robustus*, *Goodea luitpoldii* and *Neophorus diazi*. *The Biological Bulletin*, 123(2), 351-365.
- Miller, R. R., Minckley, W. L. & Norris, S. M. (2005). *Freshwater Fishes of Mexico*. Chicago, Illinois: University Of Chicago Press.
- Nash, R. D. M., Valencia, A. H., & Geffen, A. J. (2006). The Origin of Fulton's Condition Factor-Setting the Record Straight. *Fisheries*, 31(5), 236-238.
- Navarrete-Salgado, N. A., Cedillo-Díaz, B. E., Contreras-Rivero, G., & Elías-Fernández, G. 2007. Crecimiento, reproducción y supervivencia de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse San Miguel Arco, Estado de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, XIII(1), 15-21.
- Odum, E. P. (2005). Fundamentos de Ecología. México D. F.: Thompson Internacional.
- Pauly, D., Froese, R., Sa-a, P., Palomares, M. L., Christensen, V., & Rius, J. (2000). TrophLab: A stand-alone version of a FishBase routine for the estimation of trophic level from diet composition data. University of British Columbia. Disponible en: <http://www2.fisheries.com/archive/members/dpauly/software.php>. Fecha de acceso 25 de noviembre de 2009.
- Ramírez-Herrejón, J. P., Moncayo-Estrada, R., Medina-Nava, M. & Domínguez-Domínguez, O. (2010). Threatened fishes of the world: *Hubbsinna turneri* (De Buen, 1941) (Goodeidae). *Environmental Biology of Fishes*, 87(1), 9-10.
- Schneider, J. C., Laarman, & P. W., Gowing, H. (2000). Length-weight relationships, Chapter 17. In: J. C. Schneider (Ed.), *Manual of fisheries survey methods II*. Michigan. Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.
- Uribe-Aranzábal, M. C., De La Rosa-Cruz, G., García-Alarcón, A., Guerrero-Estévez, S., & Aguilar-Morales, M. (2006). Características histológicas de los estados de atresia de folículos ováricos en dos especies de teleósteos vivíparos: *Ilyodon whitei* (Meek, 1904) y *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880) (Goodeidae). *Hidrobiológica*, 16(1), 67-73.
- Villabona-González, S. L., Aguirre, N. J., & Estrada, A. L. (2011). Influencia de las macrófitas sobre la estructura poblacional de rotíferos y microcrustáceos

en un plano de inundación tropical. *Revista de Biología Tropical*, 59(2), 853-870.

Williams, J. E. (2000). The Coefficient of Condition of Fish, Chapter 13. In J. C. Schneider (Ed.), *Manual of fisheries survey methods II*. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.

Yáñez-Arancibia, A., Curriel-Gómez, J., & De Yáñez, V. L. (1976). Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther), en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pises: Arridae). *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 3(1), 125-180.