



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Estructura poblacional y actividad
reproductiva del charal
(Atherinopsidae: *Chirostoma*) en el
Lago de Chapala, México**

**Tesis
que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Biosistemática
y Manejo de Recursos Naturales y
Agrícolas**

**Presenta
Biol. Hosmer Duvan Gómez Vanega**

Zapopan, Jalisco

Julio de 2018



UNIVERSIDAD DE GUADALAJARA

Centro Universitario de Ciencias Biológicas y Agropecuarias

**Estructura poblacional y actividad
reproductiva del charal
(Atherinopsidae: *Chirostoma*) en el
Lago de Chapala, México**

**Tesis
que para obtener el grado de
Maestro en Ciencias en Biosistemática
y Manejo de Recursos Naturales y
Agrícolas**

**Presenta
Biol. Hosmer Duvan Gómez Vanega**

**Director
Dr. Ernesto López Uriarte**

Zapopan, Jalisco

Julio de 2018



Estructura poblacional y actividad reproductiva del charal (*Atherinopsidae: Chirostoma*) en el Lago de Chapala, México

Por

Hosmer Duvan Gómez Vanega

Maestría en Ciencias en Biosistemática y Manejo de Recursos Naturales y Agrícolas

Aprobado por:

Dr. Ernesto López Uriarte
Director de Tesis e integrante del jurado

13/junio/2018
Fecha

Dra. Elaine Espino Barr
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

13/junio/2018
Fecha

Dr. Ramón Rodríguez Macías
Asesor del Comité Particular e integrante del jurado

13-junio-2018
Fecha

Dra. Patricia Zarazúa Villaseñor
Sinodal e integrante del jurado

13/junio/2018
Fecha

Dr. Ramón Reynoso Orozco
Sinodal e integrante del jurado

13/junio/2018
Fecha

DEDICATORIA

*Este logro va dedicado a mi abuela **Marta Badillo Bocanegra** que desde el cielo me cuida, a Dios y a mi familia (Abuelo: Gregorio Vanegas López, Madre: Elia de Jesús Vanegas Badillo y Virlanisa Palacios Pino. Hermanos: Leidy, Gabriel, Víctor, Mauricio, Arturo, Andrés y Carolina. Tíos y primos), quienes me han enseñado que a pesar de las dificultades hay que salir adelante, gracias por todo su apoyo, por enseñarme a no darme por vencido, por enseñarme que hay que trabajar duro y siempre por el camino de la rectitud, que las grandes recompensas implican grandes sacrificios y mucho trabajo, que los errores son solo oportunidades para mejorar y lo más importante que la grandeza de un hombre se mide siempre en su calidad humana.*

AGRADECIMIENTO

A mi familia (abuelos, padres, hermanos, tíos y primos) por su amor, comprensión, confianza, paciencia y consejos que me brindaron en los momentos malos y buenos de mi carrera, siempre estarán en mi mente y mi corazón.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para poder realizar mis estudios de posgrado fuera de mi país.

A mi Director Ernesto López Uriarte y su familia, por aceptarme como estudiante y miembro de su familia para poder realizar este posgrado en el extranjero y permitir que este sueño se hiciera realidad, además, por su apoyo incondicional en el desarrollo de la tesis.

A la Universidad de Guadalajara, al posgrado BIMARENA y a la Dra. Patricia Zarazúa Villaseñor por permitirme ser parte de su programa de maestría y por brindarme siempre la ayuda necesaria para poder terminar en tiempo y forma.

A mi asesores, Dra. Elaine Espino Barr y Dr. Ramón Rodríguez Macías, por sus grandes enseñanzas, por sus asesorías constantes y paciencia, muchísimas gracias. Al resto de mi comité Dra. Patricia Zarazúa Villaseñor y Dr. Ramón Reynoso Orozco, por sus valiosas aportaciones, sugerencias y críticas constructivas que permitieron afinar este trabajo. Agradezco también al MsC. Agustín Camacho por los conocimientos impartidos en la identificación de las especies de charal, muchísimas gracias, sus enseñanzas fueron fundamentales.

Al Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del Departamento de Ecología del CUCBA de la Universidad de Guadalajara a las personas que lo componen, por permitirme trabajar y realizar la parte de laboratorio de esta tesis.

A los pescadores de las localidades de San Pedro de Itzicán, Chapala, Ajijic, San Luis Soyatlán, Mismaloya y Petatán por su apoyo y colaboración en el desarrollo del trabajo de campo.

A mis amigos y compañeros; Javier, Arturo, Claudia, Martín, Mariela, Sara, Giovanni, Enrique y Alejandra por formar parte de mi vida y por compartir experiencias, aventuras, desveladas. Por los buenos consejos que me dieron, el cariño y la amistad incondicional.

ÍNDICE	Pág.
LISTA DE FIGURAS	vi
LISTA DE CUADROS	viii
LISTA DE ANEXOS	ix
RESUMEN	x
ABSTRACT	xii
INTRODUCCIÓN GENERAL	1
OBJETIVOS	5
Objetivo general.....	5
Objetivos particulares.....	5
HIPÓTESIS	5
MATERIALES Y MÉTODOS	5
Área de estudio.....	5
Trabajo de campo.....	6
Trabajo de laboratorio.....	7
CAPÍTULO I. ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL CHARAL (Atherinopsidae: <i>Chirostoma</i>) EN EL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO.	8
INTRODUCCIÓN	8
MATERIALES Y MÉTODOS	11
Trabajo de campo.....	11
Trabajo de laboratorio.....	11
Análisis de datos.....	11
Composición de especies del recurso charal.....	12
Composición de tallas y pesos del complejo charal.....	12
Relación talla-peso.....	12
Factor de condición (K).....	13
Crecimiento.....	13
Mortalidad.....	14
Talla de captura.....	15

RESULTADOS	16
Composición de especies del recurso charal.....	16
Composición de tallas y pesos del complejo charal.....	18
Relación talla-peso.....	21
Factor de condición (K).....	23
Crecimiento.....	25
Mortalidad.....	26
Talla de captura.....	27
DISCUSIÓN	29
CONCLUSIONES	37
CAPÍTULO II. ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DEL CHARAL <i>Chirostoma jordani</i> (Woolman, 1894) Y <i>Chirostoma arge</i> (Jordan & Snyder, 1899) EN EL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO	38
INTRODUCCIÓN	38
MATERIALES Y MÉTODOS	41
Trabajo de campo.....	41
Trabajo de laboratorio.....	41
Análisis de datos.....	42
Proporción sexual.....	42
Estadios de madurez sexual.....	43
Análisis de índices somáticos.....	43
Factor de condición (K).....	43
Talla mínima de madurez.....	43
Talla media de madurez sexual.....	43
RESULTADOS	45
Proporción sexual.....	45
Estadios de madurez sexual.....	46
Índice gonadosomático (IGS).....	48
Índice hepatosomático (IHS).....	49
Factor de condición (K).....	50

Talla mínima y media de madurez sexual.....	51
DISCUSIÓN.....	53
CONCLUSIONES.....	57
CONCLUSIONES GENERALES.....	58
LITERATURA CITADA.....	60
ANEXOS.....	76

LISTA DE FIGURAS

Pág.

- Figura 1.** Mapa de la ubicación de las localidades de desembarque de las capturas de charal en el lago de Chapala, México..... 6
- Figura 2.** Número de individuos de las seis especies del complejo charal en las localidades de desembarque del lago de Chapala, México, de octubre de 2016 a septiembre de 2017..... 17
- Figura 3.** Distribución de frecuencia de longitud patrón y peso total de *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017..... 20
- Figura 4.** Parámetros de la relación talla–peso estimados del modelo potencial para *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017..... 22
- Figura 5.** Variación mensual (Promedio \pm D.E.) del factor de condición (K) para *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017..... 24
- Figura 6.** Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en longitud patrón (Lp) de *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017..... 25
- Figura 7.** Distribución de frecuencia de longitud patrón de *Chirostoma jordani* (A), *Chirostoma arge* (B), *Chirostoma consocium* (C), *Chirostoma labarcae*

(D), <i>Chirostoma chapalae</i> (E) y <i>Chirostoma contrerasi</i> (F) en el lago de Chapala, México, indicando la longitud de reclutamiento (L_{Pr}) y la longitud de primera captura (L_{Pc}).....	27
Figura 8. Estadios de madurez en gónadas de hembras (A) y machos (B) en <i>Chirostoma jordani</i> en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017.....	47
Figura 9. Estadios de madurez en gónadas de hembras (A) y machos (B) en <i>Chirostoma arge</i> en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017.....	48
Figura 10. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) en hembras y machos de <i>Chirostoma jordani</i> (A) y <i>Chirostoma arge</i> (B) en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.....	49
Figura 11. Variación mensual del índice hepatosomático (IHS) en hembras y machos de <i>Chirostoma jordani</i> (A) y <i>Chirostoma arge</i> (B) en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.....	50
Figura 12. Variación mensual del factor condición (K) en hembras y machos de <i>C. Chirostoma jordani</i> (A) y <i>Chirostoma arge</i> (B) en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.....	51
Figura 13. Longitud patrón mínima (L_{25}) y media (L_{50}) de madurez sexual estimada en hembras y machos de <i>Chirostoma jordani</i> (gráfico izquierdo) y <i>Chirostoma arge</i> (gráfico derecho) en el lago de Chapala, México, de octubre de 2016 a septiembre de 2017.....	52

LISTA DE CUADROS

Pág.

Cuadro 1. Número de organismos por especie del género <i>Chirostoma</i> en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017.....	17
Cuadro 2. Peso total acumulado (kg) mensual de los organismos por especie del complejo charal en las localidades de desembarque del lago de Chapala, México, de octubre de 2016 a septiembre de 2017.....	18
Cuadro 3. Longitud patrón y peso total de las especies de charal en el lago de Chapala, México, desde octubre 2016 a septiembre 2017. n= tamaño de la muestra, Prom= promedio, \pm D.E.= desviación estándar, Max= máximo, Min= mínimo, I.C= intervalo de confianza, C.V.= coeficiente de variación.....	19
Cuadro 4. Parámetros del tipo de crecimiento de la ecuación potencial ($P=aL^b$) de las especies de charal en el lago de Chapala, México, de Octubre 2016 a Septiembre 2017.....	23
Cuadro 5. Parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, longevidad de Taylor ($A_{0.95}$) e índice de crecimiento de Pauly y Munro (\emptyset') de las especies de charal en el lago de Chapala. México, de octubre 2016 a septiembre 2017.....	25
Cuadro 6. Valores estimados de la mortalidad total (Z), mortalidad natural (M), mortalidad por pesca (F), tasa de sobrevivencia (S) y tasa de explotación (E) de las especies de charal en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.....	27
Cuadro 7. Valores promedio (Prom.), máximos (Max) y mínimos (Min) de longitud patrón y peso total de las especies de charal reportado por este estudio y autores en embalses naturales y artificiales en México.....	31

Cuadro 8. Valores de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy y Ricker para las especies del género <i>Chirostoma</i> por diferentes autores.....	34
Cuadro 9. Descripción macroscópica de las características morfológicas de las gónadas en hembras y machos según el estadio de madurez de acuerdo a Nikolsky (1963).....	41
Cuadro 10. Número de individuos por sexo y relación macho (m):(h) hembra de las poblaciones del charal <i>Chirostoma jordani</i> y <i>Chirostoma arge</i> de octubre de 2016 a septiembre de 2017 en el lago de Chapala, México. h= hembras, m= machos, p = nivel de significancia.....	46
Cuadro 11. Número de individuos por sexo y relación macho (m):(h) hembra de las poblaciones del charal <i>Chirostoma jordani</i> y <i>Chirostoma arge</i> en las seis localidades de captura en el lago de Chapala, México. n= número de organismos, h= hembras, m= machos, p = nivel de significancia.....	46
Cuadro 12. Proporción sexual, época de reproducción y talla media (L_{50}) de madurez sexual para <i>Chirostoma jordani</i> y <i>Chirostoma arge</i> estimada por diferentes autores.....	56

LISTA DE ANEXOS

Pág.

Anexo 1. Resultados del análisis de progresión modal (método de Battacharaya) por especie.....	76
Anexo 2. Pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis del L_p entre sitios y mese y P_t entre sitios y meses por especie.....	82

RESUMEN

Para identificar el estado actual de las poblaciones de charal en el lago de Chapala, el presente estudio analizó la estructura de tallas y pesos, crecimiento, mortalidad y ciclo reproductivo. De octubre 2016 a septiembre 2017 y con el apoyo de pescadores de las áreas de desembarque San Pedro de Itzicán, Chapala, Ajijic, San Luis Soyatlán, Mismaloya y Petatán, se obtuvo una muestra de 34,551 organismos de charal. En el laboratorio fueron separados y determinados a nivel de especie con la ayuda de claves taxonómicas. De cada uno se registró la longitud patrón (L_p) y peso total (P_t), además del peso eviscerado de una submuestra de 50 organismos por localidad y mes de muestreo, identificando sexo y grado de madurez de gónada por observación directa, para el análisis de la actividad reproductiva de dos especies de charal que resultaron ser frecuentes y abundantes durante el estudio. Se reporta por primera vez la participación del charal endémico del lago de Chapala *Chirostoma contrerasi* como parte de la pesca del lago. *Chirostoma arge* y *Chirostom jordani* aportaron el 70% de la captura analizada durante el ciclo anual. En la estructura de talla y peso, el intervalo de L_p de mayor frecuencia en cinco de las seis especies fue de 65 mm y de 2-3 g para el peso total, con una L_p promedio para todas las especies de 69.1 mm (rango de 32.8 a 100.1 mm) y un peso total de 3.4 g (rango de 0.2 a 11.4 g). Los parámetros de la relación P_t - L_p de *C. jordani* $a=0.007$ $b=2.94$, *C. arge* $a=0.007$ $b=2.97$, *C. consocium* $a=0.007$ $b=2.97$, *C. labarcae* $a=0.008$ $b=2.87$, *C. chapalae* $a=0.008$ $b=2.89$ y *C. contrerasi* $a=0.005$ $b=3.13$ presentaron un crecimiento isométrico en las seis especies. La estimación de los parámetros de crecimiento de von Bertalanffy fueron en *C. jordani* ($L_\infty=99.75$; $k=1.36$; $t_0=-0.083$), *C. arge* ($L_\infty=100.5$; $k=1.6$; $t_0=-0.069$), *C. consocium* ($L_\infty=99.15$; $k=1.37$; $t_0=-0.082$), *C. labarcae* ($L_\infty=100.3$; $k=1.8$; $t_0=-0.061$), *C. chapalae* ($L_\infty=94$; $k=1.79$; $t_0=-0.063$) y *C. contrerasi* ($L_\infty=99.5$; $k=1.24$; $t_0=-0.091$). La mortalidad total (Z) osciló entre 1.33 a 4.6 año^{-1} , la mortalidad natural osciló entre 1.10 a 1.67 año^{-1} y la mortalidad por pesca (F) osciló entre 0.27 a 2.92 año^{-1} entre las seis especies de charal; con una tasa de explotación entre 0.63 y 0.07 año^{-1} . El análisis de la actividad reproductiva reflejó una proporción de sexos inclinada hacia los machos en *C. arge* y *C. jordani*. Dichas especies registraron máxima madurez y desove, de manera diferencial, amplio en *C. jordani* y acotado en *C. arge*, ligeramente desfasado al periodo de veda (marzo-abril); al parecer *C. jordani* presenta reproducción continua. El índice gonadosomático (IGS) presentó incrementos de enero a

mayo de 2017 en ambas especies y sexo. El índice hepatosomáticos mostró un patrón inverso al del IGS con decremento de noviembre de 2016 a abril de 2017 e incremento de mayo a septiembre 2017. La talla de primera madurez (L_{50}) fue mayor en hembras que en machos de *C. jordani* (hembras= 78.0 mm; machos= 75.1 mm) y *C. arge* (hembras= 80.4 mm; machos= 77.8 mm). La talla de primera captura ó L_{50} se estimó en 68.4 mm de Lp en *C. consocium*, 66.8 mm Lp en *C. arge*, 66.4 mm Lp en *C. contrerasi*, 65.8 mm Lp en *C. chapalae*, 65.7 mm Lp en *C. jordani* y 59.8 mm Lp en *C. labarcae*, esto sugiere que arriba del 50% de los organismos de las primeras cinco especies son capturados por encima de la talla establecida por la Norma Oficial Mexicana (NOM-032-SAG/PESC-2015). Esta información biológico-pesquera de las poblaciones de charal en el lago de Chapala, México, aporta elementos necesarios para un adecuado manejo, aprovechamiento y conservación de este importante recurso pesquero del occidente del país.

ABSTRACT

To identify the current status of silverside populations in Lake Chapala, the present study analyzed the structure of sizes and weights, growth, mortality and reproductive cycle. From October 2016 to September 2017 and with the support of fishermen from the landing areas of San Pedro de Itzicán, Chapala, Ajijic, San Luis Soyatlán, Mismaloya and Petatán, a sample of 34,551 organisms was obtained. In the laboratory they were separated and determined at the species level with the help of taxonomic keys. From each one the standard length (SL) and total weight (TW) were recorded, in addition to the eviscerated weight of a subsample of 50 organisms per site and month of sampling, identifying sex and degree of maturity of the gonad by direct observation, for the analysis of the reproductive activity of two species of silverside that turned out to be frequent and abundant during the study. The participation of the endemic silverside of Chapala Lake *Chirostoma contrerasi* is reported for the first time as part of the lake fishery. *Chirostoma arge* and *Chirostom jordani* contributed 70% of the catch analyzed during the annual cycle. In the size and weight structure, the SL interval of greater frequency in five of the six species was 65 mm and of 2-3 g for the TW, with an average SL for all species of 69.1 mm (range of 32.8 to 100.1 mm) and a total weight of 3.4 g (range 0.2 to 11.4 g). Weight-length relation parameters were *C. jordani* $a= 0.007$ $b= 2.94$, *C. arge* $a= 0.007$ $b= 2.97$, *C. consocium* $a= 0.007$ $b= 2.97$, *C. labarcae* $a= 0.008$ $b= 2.87$, *C. chapalae* $a= 0.008$ $b= 2.89$ y *C. contrerasi* $a= 0.005$ $b= 3.13$, which represent an isometric growth. Growth parameters of the von Bertalanffy equation were *C. jordani* ($L_{\infty}= 99.75$; $k= 1.36$; $t_0= -0.083$), *C. arge* ($L_{\infty}= 100.5$; $k= 1.6$; $t_0= -0.069$), *C. consocium* ($L_{\infty}= 99.15$; $k= 1.37$; $t_0= -0.082$), *C. labarcae* ($L_{\infty}= 100.3$; $k= 1.8$; $t_0= -0.061$), *C. chapalae* ($L_{\infty}= 94$; $k= 1.79$; $t_0= -0.063$) and *C. contrerasi* ($L_{\infty}= 99.5$; $k= 1.24$; $t_0= -0.091$). Total mortality (Z) ranged from 1.33 to 4.6 year⁻¹, natural mortality ranged from 1.10 to 1.67 year⁻¹ and fishing mortality (F) ranged from 0.27 to 2.92 year⁻¹ among the six species of silverside; with an exploitation rate between 0.63 and 0.07 year⁻¹. Reproductive activity reflected a sex ratio inclined towards the males in *C. arge* and *C. jordani*. Said species registered maximum maturity and spawning, differentially, broad in *C. jordani* and limited in *C. arge*, slightly out of phase with the closed season (March-April); apparently *C. jordani* presents continuous reproduction. The gonadosomatic index (GI) presented increases from January to May 2017 in both species and sex. The hepatosomatic index showed an inverse

pattern to that of the GI, with a decrease from November 2016 to April 2017 and an increase from May to September 2017. The size of first maturity (L_{50}) was higher in females than in males of *C. jordani* (females = 78.0 mm, males = 75.1 mm) and *C. arge* (females = 80.4 mm, males = 77.8 mm). The size of the first capture or L_{50} was estimated at 68.4 mm SL in *C. consocium*, 66.8 mm SL en *C. arge*, 66.4 mm SL en *C. contrerasi*, 65.8 mm SL en *C. chapalae*, 65.7 mm SL en *C. jordani* y 59.8 mm SL en *C. labarcae*, this suggests that over 50% of the organisms of the first five species are caught above the size established by the Official Mexican Standard (NOM-032-SAG/PESC-2015). This information of the silverside in Lake Chapala, Mexico, provides the necessary elements for an management, use and conservation of fishing resource in the western part of the Mexico.

INTRODUCCIÓN GENERAL

En México los peces constituyen el grupo de vertebrados con mayor riqueza de especies, ya que en la actualidad se conoce un total de 2,763 especies, que representan aproximadamente el 9.8% del total de los peces en el mundo; estas especies están comprendidas en 53 órdenes de los 62 reconocidos, lo que implica que un 85% de la diversidad mundial está representada en el país (Nelson *et al.*, 2004). De acuerdo con Miller *et al.* (2009) existen más de 540 especies registradas para las aguas continentales de México, agrupadas en 155 géneros y 50 familias, incluyendo a las familias *quasi*-endémicas como Goodeidae y Lacantunidae y las que presentan un elevado número de endemismos como Cyprinidae, Poeciliidae, Cyprinodontidae, Cichlidae y Atherinopsidae (Vega-Salazar, 2003). Por lo tanto, la ictiofauna dulceacuícola de México se destaca no sólo por la riqueza de especies, sino también por el alto número de endemismos, que se debe en gran medida, a que el territorio, está incluido entre dos regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical (Espinosa *et al.*, 2011). Sin embargo, dentro de esta gran diversidad de especies de aguas continentales se destacan las que están en alguna categoría de riesgo (37.2%), de acuerdo a la Nom-059-Semarnat-2010, debido a la presencia de peces exóticos (Contreras-Balderas *et al.*, 2008; CONABIO, 2010), degradación y destrucción del hábitat (De la Vega-Salazar, 2006).

Mención especial merecen los peces de la familia Atherinopsidae y, en particular, los del género *Chirostoma* que siendo de origen marino, invadieron exitosamente el medio dulceacuícola (Navarrete y Cházaro, 1992). *Chirostoma* es el género de mayor abundancia y diversidad de esta familia, conformado por un grupo de peces de gran importancia ictiológica, ecológica, económica y sociocultural (Barriga-Sosa, 2003), endémicos de la Mesa Central de México (Barbour, 1973, Miller *et al.*, 2005) que desde tiempos prehispánicos juegan un papel relevante en la alimentación de los habitantes de la región (Aguilar y Navarrete 1997). Lo constituyen 18 especies y seis subespecies (Barbour, 1973; Echelle y Echelle, 1984; Rojas-Carrillo y Fernández-Méndez, 2006) algunas de ellas dentro de la lista de especies amenazadas (SEMARNAP, 2010). El género se divide en dos grupos, *Jordani* de talla grande (20 cm de longitud), conocidos como “peces blancos” y *Arge*, peces pequeños (<12 cm) llamados “charales” (Aguilar y Navarrete, 1997), que en algún tiempo se consideraron dentro

del género *Menidia* (Echelle y Echelle, 1984; Miller *et al.*, 2009) pero análisis genéticos permitieron considerar como válido al género en mención (Bloom *et al.*, 2009).

Es común ver los charales y pescados blancos, en mercados ambulantes “tianguis”, mercados establecidos y en supermercados, el precio varía de 60 a 160 pesos de acuerdo a su presentación, siendo comercializados frescos, secos y en tamal (Navarrete-Salgado, 2017). Para el 2007, el 22% de las capturas totales de especies del género *Chirostoma* provenían de capturas de especies de charales y solo 1% de peces blancos (DOF, 2010). En el caso de "charal", sólo el 20% se consume fresco y el 80% se procesa como seco, salado y empanizado frito y luego se distribuye en áreas cercanas o en la Ciudad de México (Hernández, 2006). Mientras que el "pescado blanco" se consume 90% en la misma región (CONAPESCA, 2010). Es por esto, que la captura del grupo *Arge* se ha constituido como una pesquería importante en el país. Entre 2004 y 2013 la producción en peso vivo reportó valores de 1,817 a 3,552 toneladas por año, con una fuerte participación de Jalisco, Michoacán y diversos estados del interior, mientras que para el lago de Chapala esta captura osciló entre 187 y 927 t para el mismo periodo (DOF, 2013). En 2016 la producción de charal se duplicó, en relación a años anteriores, siendo ésta de 11,757 toneladas (CONAPESCA, 2016).

Según varios estudios, la distribución de las especies del género se ha establecido de la siguiente manera: en Michoacán, lago de Pátzcuaro, se reportan las especies de pescado blanco como: *Chirostoma grandocule*, *C. attenuatum*, *C. humboldtianum* y *C. patzcuaro* así como la subespecie *Chirostoma estor estor*; en el lago Zirahuén, se puede encontrar el charal *C. attenuatum zirahuén* y la subespecie de pez blanco *Chirostoma estor copandaro*. Para Jalisco, en el lago de Chapala, se distribuyen seis especies de charales, *C. jordani*, *C. chapalae*, *C. labarcae*, *C. arge*, *C. consocium* y *C. contrerasi*, y tres especies de pescado blanco *C. lucius*, *C. sphyraena* y *C. promelas*. Sin embargo, dentro del género se destacan dos especies con una amplia distribución natural *Chirostoma humboldtianum*, especie de pez blanco, que se ubica en el lago Zacapu, Michoacán, río Lerma (Estado de México y Jalisco), lagos Santa María y San Pedro en Lagunillas, Nayarit y Juanacatlán, Jalisco (Paulo-Maya *et al.*, 2000) y *C. jordani*, especie de charal que se distribuye en las laderas del Pacífico, Valle de México en la cuenca Lerma-Santiago, río Ameca, cuenca interior del Valle de México, Atotonilco y lagos San Marcos, así como vertientes atlánticas, afluentes de los ríos Pánuco (río Tula), Tecolutla (río Necaxa) y río Cazonas (Miller *et al.*, 2005).

A pesar de que el género *Chirostoma* es un grupo de peces de gran importancia, en la actualidad, al igual que ocurre con muchos de los recursos naturales, algunas especies que lo conforman se encuentran en peligro (Barriga-Sosa, 2003) o en alguna categoría de amenaza según la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN), como es el caso de *C. arge* (vulnerable), *C. promelas* y *C. attenuatum* (en peligro de extinción). Debido a una serie de factores como: la degradación del hábitat, en su mayoría por actividades antrópicas como las descargas de los asentamientos humanos, deforestación, agricultura, ganadería y la industria (Saunders *et al.*, 2002); sobrepesca, debido en parte a la demanda que tienen estos organismos, por lo que se realiza una explotación desmedida enfocada a todas las clases de tallas, lo que causa reducciones notables de los tamaños poblacionales de los charales (Martínez-Palacios *et al.*, 2002), y la presión que ejercen las especies que han sido introducidas (Contreras-Balderas *et al.*, 2008), lo cual ha repercutido directamente sobre las poblaciones de especies locales a través del tiempo (Berlanga-Robles *et al.*, 2002), provocando la disminución de éstas e incluso la posible subdivisión intra-lacustre de poblaciones (Barriga-Sosa *et al.*, 2004). Otro problema que presenta el grupo *Arge* es la diferenciación taxonómica debido a sus similitudes morfométricas y mirísticas, lo que dificulta su determinación. Las claves de identificación (Barbour, 1973) muestran que estas características se traslapan y en ocasiones no son suficientemente discriminantes para separar las diferentes especies (Jiménez-Badillo y Gracia, 1995), permitiendo que las evaluaciones se realicen grupalmente. En vista de esto, en los últimos años algunos autores han venido empleando marcadores y técnicas moleculares con la finalidad de establecer métodos más precisos para la discriminación, los cuales en la práctica pueden ser no invasivos y aplicables en cualquier estadio de vida de los organismos (Pérez-Ramírez, 2005).

El estudio del pescado blanco y charales como complejo de especies endémicas, agrupadas dentro del género, inician a finales del siglo XIX y principios del XX, y ha sido un tema permanente de investigación, ya que, hacen parte importante de la cultura y economía de los mexicanos (Figuerola-Lucero *et al.*, 2003), razones por las cuales las investigaciones se centran en varias áreas del conocimiento. En cuanto a la composición taxonómica, usando técnicas clásicas morfológicas se han realizados los estudios de Jordan y Snyder (1899), Meek (1902), Jordan y Hubbs (1919), De Buen (1945), Álvarez (1970), Barbour (1973), Alaye (1993) y Miller *et al.* (2005 - 2009); genético y moleculares los de

Alaye (1996 a y b), Barriga-Sosa (2001-2003), Pérez (2003), Uribe-Alcocer y Díaz-Jaimes (2003), Barriga-Sosa *et al.* (2005). Por otro lado, los aspectos biológicos han sido ligeramente estudiados, se destacan los siguientes trabajos: en hábitos alimenticios: Hernández (1993), Arriaga *et al.* (1995), Vega *et al.* (2004), Soria y Maya (2005), Mercado-Silva *et al.* (2015), Martínez-Palacios *et al.* (2006 - 2007), Fernández *et al.* (2008), Navarrete *et al.* (1996-2009); Moncayo-Estrada *et al.* (2011 a y b). Crecimiento, Gallardo (1977), Rojas *et al.* (1993), Figueroa-Lucero *et al.* (2003, 2004 a y b), Sánchez *et al.* (2006), Hernández (2011), Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011), Navarrete-Salgado (2017). Reproducción (Hernández, 1993; Rojas *et al.*, 1993; Navarrete, 1994; Navarrete y Fernández, 1995; Uría *et al.*, 1998; Cárdenas y Barrera, 1998; Aguilera-Taylor *et al.*, 2002; Figueroa-Lucero, 2006-2008; Ramírez-Sevilla, 2006; Rojas-Carrillo, 2006; Blancas-Arroyo *et al.*, 2008; Cárdenas *et al.*, 2008; Ibáñez *et al.*, 2008; Olvera *et al.*, 2009; Navarrete-Salgado, 2017). Pesquería (Jiménez-Badillo y Gracia, 1995; Elizondo-Garza, 1996; SEMARNAP, 2000; CONAPESCA, 2010; Baiza *et al.* 2010; UdeG, 2012; Arredondo-Vargas *et al.* 2013; DOF, 2013; Vázquez *et al.*, 2013). Acuicultura (Rosas-Moreno, 1970; Martínez-Palacios *et al.*, 2002, 2003; Blancas-Arroyo *et al.*, 2003; Chacón-Torres *et al.*, 2003; Moncayo *et al.*, 2003, Navarrete-Salgado, 2017). Patología (Choudhury y de León, 2001; Hernández, 2008 y 2011).

Por lo anterior, el presente estudio se enfoca en el análisis de la estructura poblacional y actividad reproductiva de las especies del género *Chirostoma*, grupo *Arge*. Lo que permitirá generar información del estado actual que guardan las poblaciones del recurso charal en el lago de Chapala con el fin de que se implementen acciones de manejo y aprovechamiento que garanticen su preservación y conservación de las especies y este embalse.

OBJETIVOS

Objetivo general

Analizar la estructura poblacional y la actividad reproductiva del charal (Atherinopsidae: *Chirostoma*) en el lago de Chapala, México.

Objetivos particulares

- Determinar la identidad de las especies del complejo charal con técnicas morfométricas clásicas en el lago de Chapala.
- Evaluar la estructura de población de las especies de charal del lago de Chapala.
- Analizar los aspectos básicos de la actividad reproductiva de *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge* en el lago de Chapala.

HIPÓTESIS

Las seis especies que conforman el recurso charal en el lago de Chapala, presentan tendencia similar en su dinámica poblacional (crecimiento, reproducción y mortalidad).

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El lago de Chapala se ubica en la parte occidental de México, al este de Jalisco con 90% de su superficie, y al noroeste de Michoacán con 10%, aún cuando en épocas recientes esta proporción ha variado, derivado de los cambios drásticos del nivel del agua del lago. Se encuentra dentro de los paralelos 20° 07' y 20° 21' de latitud norte y los meridianos 102° 40' 45'' y 103° 25' 30'' de longitud oeste; tiene una longitud máxima de 82.18 km, una amplitud promedio de 18.8 km, y una extensión aproximada de 1,740.8 km² (figura 1). Es el lago más grande de la República Mexicana, el tercero en tamaño en América Latina y el segundo en altura de América, con una altura promedio de 1,524.60 m.s.n.m. (Orozco y García, 2005), profundidad promedio de 4 a 6 m, con máximos de 9 m (CONAGUA, 2011) y el clima se clasifica como semi-seco, con una temperatura media anual de 19.9 °C, (máxima de 27 a 30 °C y mínima de 9 a 12 °C). El régimen de lluvias es de verano con una precipitación total

anual de 875 mm (INE, 2003). La vegetación que rodea el embalse natural se clasifica como “matorral subtropical” (Estrada *et al.*, 1983); en las partes con altitudes mayores a los 2,000 msnm se encuentran comunidades de encino y encino-pino. Mientras, que la vegetación acuática está representada por riparia (ahuehuete y sauce), tule, carrizo (vegetación emergente), lirio (vegetación flotante) y tripilla (vegetación sumergida) (Guzmán, 1989). El lago está en diez municipios, de los cuales siete son de Jalisco: Tizapán, Tuxcueca, Jocotepec, Chapala, Poncitlán, Ocotlán y Jamay, y tres de Michoacán Briseñas, Venustiano Carranza y Cojumatlán (Guzmán *et al.*, 1995).

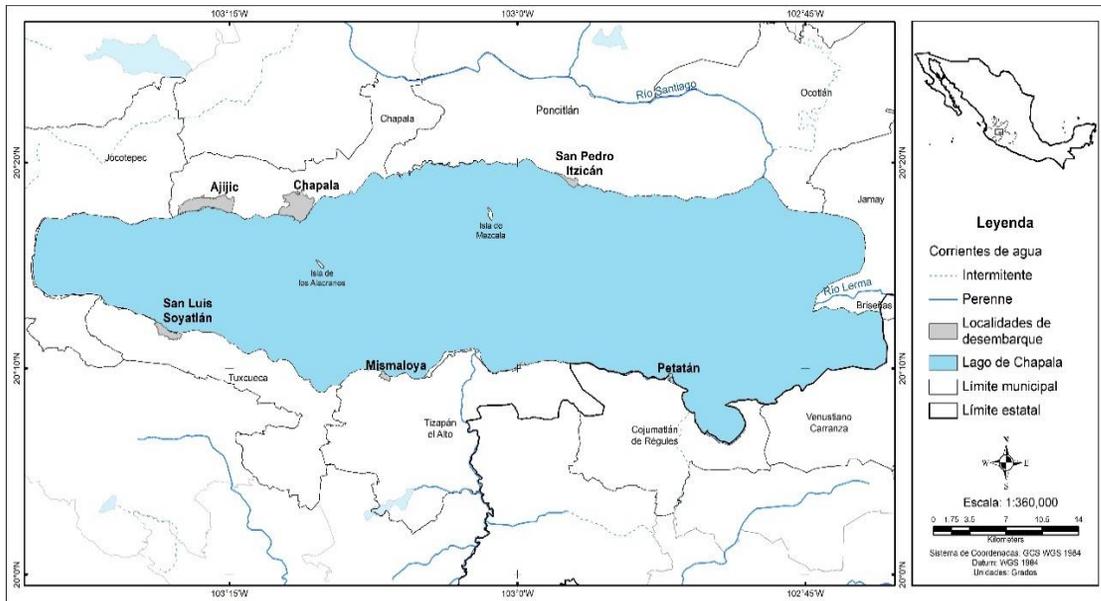


Figura 1. Mapa de la ubicación de las localidades de desembarque de las capturas de charal en el lago de Chapala, México.

Trabajo de campo

La colecta de organismos de las especies del complejo charal fue obtenido mensualmente durante un ciclo anual desde octubre 2016 a septiembre de 2017, con el apoyo de las cooperativas de pescadores de las localidades de San Pedro de Itzicán, Chapala, Ajijic, San Luis Soyatlán, Mismaloya y Petatán ubicadas en la ribera del lago de Chapala, México, utilizando artes de pesca como nasas (ojo de malla de 0.5 a 1 cm) y redes de enmalle (ojo de malla de 5 a 7 cm). Cada muestra fue conservada en frío (aproximadamente 4° C) en una hielera y trasladada al Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del

Departamento de Ecología del CUCBA de la Universidad de Guadalajara, donde fueron congeladas a -20°C hasta su proceso.

Trabajo de laboratorio

Las muestras fueron lavadas con abundante agua, para la separación y determinación por especie mediante caracteres morfológicos con la descripción de Barbour (1973) y Miller *et al.* (2005); considerando 11 caracteres morfológicos: seis merísticos (m) y cinco morfométricos (M). Dentro de los caracteres merísticos se encuentran: número de escamas de la línea lateral (ELL), número de escamas predorsales (EPD), número de escamas interdorsales (EID), número de branquiespinas (B), número de radios pectorales (RP) y número de radios anales (RA). Los caracteres morfométricos expresados en porcentaje con respecto a la longitud estándar fueron: longitud de la cabeza (LC), longitud del hocico (LH), longitud mandibular (LM), distancia del hocico a la primera aleta dorsal (DH1D) y altura de la aleta anal (AaA). Después de su clasificación a especie los individuos fueron conservados en formol al 10% durante 24 horas para la fijación y conservados en etanol al 70%.

CAPÍTULO I

ESTRUCTURA POBLACIONAL DEL CHARAL (*Atherinopsidae: Chirostoma*) EN EL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO

INTRODUCCIÓN

Los charales son peces nativos del género *Chirostoma* que pertenecen a la familia Atherinopsidae endémicos del altiplano mexicano, netamente dulceacuícolas pero presentan similitudes con algunos otros aterínidos debido a su origen marino (Barbour, 1973). Son peces delgados, comprimidos lateralmente, de talla pequeña entre seis y 12 cm, con una banda plateada en los flancos, de cabeza elongada y aplanada, hocico romo, boca pequeña con dientes y protractil, labios gruesos, dos aletas dorsales y 17 branquispinas (Miller *et al.*, 2005). En etapa adulta se pueden considerar carnívoros primarios zooplanctófagos, que forman grupos con decenas de individuos. Entre los aspectos reproductivos, son ovíparos de fecundación externa, sin cuidado parental y desovan en los meses de primavera (Arredondo-Vargas *et al.*, 2013). Para el lago de Chapala, México, se encuentran las especies *Chirostoma jordani*, *C. chapalae*, *C. labarcae*, *C. arge*, *C. consocium* y *C. contrerasi* (Barbour, 1973, 2002; Guzmán *et al.*, 1995; Gallardo, 1977; Moncayo-Estrada y Buelna-Osben, 2001; Moncayo-Estrada *et al.*, 2011 a y b).

La actividad pesquera de este grupo, se ha constituido como una de las pesquerías más importantes; tal es el caso, que para el año 2016 la producción de charal se duplicó en relación al 2015 siendo ésta de 11,757 toneladas, superando incluso la producción de años anteriores (CONAPESCA, 2016), además, esta actividad ha sido la base de la pesca en pequeña escala en la región central del país desde hace siglos; muchas familias dependen casi exclusivamente de la extracción de este tipo de pescado (Martínez-Palacios *et al.*, 2002).

A pesar de que es un grupo de peces de gran importancia ictiológica, económica y sociocultural en la Mesa Central de México, algunas especies que lo conforman se encuentran en peligro (Barriga-Sosa, 2003) a causa de la degradación del hábitat (Alcocer y Escobar, 1996), sobrepesca (Martínez-Palacios *et al.*, 2002) y la introducción de especies (Contreras-Balderas *et al.*, 2008) provocando la disminución de éstas e incluso la posible subdivisión intra-lacustre de poblaciones (Barriga-Sosa *et al.*, 2004). Además, conforme a estudios recientes, se conoce que en los últimos años el incremento del esfuerzo pesquero y la

intensidad del mismo, ha generado problemas de sobreexplotación; así como cambios en la estructura y composición de las comunidades. Simultáneamente, el incremento en la demanda del producto pesquero, el uso de artes de pesca poco selectivos, como las redes de enmalle de luz de malla pequeña, que retienen ejemplares juveniles o de talla inferior a la de primer madurez, el uso de las redes caniqueras (redes de enmalle, con una luz de malla de 1.5 centímetros con un caída de un metro y de largo variable, se coloca cerca de la vegetación subacuática en las orillas del lago), el desuso de las cunas charaleras (equipo de pesca de tipo pasivo, formado por una estructura de acero, una bolsa y "camas de desove" o "trenzas"), el abandono de los ranchos charaleros (consiste en una serie de estructuras perpendiculares a la ribera, conocidas como "morros", elaboradas a base de piedras, que tienen una longitud mínima de 20 m y están separadas entre sí por aproximadamente 3.0 m.) y el uso de las redes mangueadoras (constituida por tres secciones de paño de red, una sección central o cuerpo de malla más grande y dos secciones laterales o copos de malla más fina, montadas sobre una relinga de flotación y otra de plomos) han contribuido a la afectación de las poblaciones de peces (NOM-032-SAG/PESC-2015).

Otra problemática que afecta a este complejo es la situación del lago de Chapala que desde 1945 se tornó alarmante debido a una pronunciada sequía que duró hasta 1957, por consiguiente, el bajo volumen de agua ha traído cambios adversos en la profundidad, grados de temperatura y la transparencia. Además de esto, el lago presenta problemas en su sistema hidrológico por la desecación o pérdida de la superficie lacustre (extracción excesiva de agua para uso agrícola y consumo humano), por insuficiencia de aportes respecto del volumen extraído, azolvamiento, contaminación y graves efectos en las poblaciones que habitan en este ecosistema (Sandoval-Moreno y Ochoa-Ocaña, 2010).

Son escasos los estudios sobre la estructura poblacional de las especies de charal, entre ellos se encuentran las investigaciones de Gallardo (1977), en el lago de Chapala donde realizó una contribución al estudio del charal *Chirostoma chapalae*. Figueroa-Lucero *et al.* (2003), en Ciudad de México trataron el conocimiento de la biología y ecología de los charales y peces blancos del género *Chirostoma*. Mientras que Hernández (2011) estudió el efecto de *Bifidobacterium animalis* y *Lactobacillus johnsonii* en el crecimiento y sobrevivencia de *Chirostoma jordani* en Xochimilco. Por último, para la especie *Menidia jordani* en Soyaniquilpan, Estado de México, Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011)

evaluaron el crecimiento con el modelo de von Bertalanffy y la mortalidad en el estanque de cultivo Guillermo Lagunes, y Navarrete-Salgado (2017) realizó un estudio comparativo en relación al crecimiento en un embalse denominado La Goleta y en un estanque de cultivo denominado Guillermo Lagunes.

Debido a la escasa información del recurso charal en el lago de Chapala, México, el presente trabajo realiza una actualización del estado que guardan sus poblaciones en este importante ecosistema lacustre del occidente del país, ya que el conocimiento de aspectos básicos cuantitativos como el crecimiento en talla y peso, el factor de condición, mortalidad y talla de captura de este recurso se encuentra desactualizado.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Con el apoyo de pescadores de la localidad de San Pedro de Itzicán, Chapala, Ajijic, San Luis Soyatlán, Mismaloya y Petatán, ubicadas en la ribera del lago de Chapala, México, se obtuvo una muestra mensual de aproximadamente 500 organismos entre octubre 2016 y septiembre 2017, utilizando como arte de pesca la nasa, con una abertura de malla de 10 mm y la red fija, con una abertura de malla de 51 mm. La muestra fue conservada en frío a menos de 4° C en hielera y trasladada al Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del Departamento de Ecología del CUCBA de la Universidad de Guadalajara

Trabajo de laboratorio

Composición de especies del recurso charal

Cada muestra fue lavada con abundante agua, para la separación y determinación por especie mediante el uso de las claves taxonómicas de Barbour (1973) y Miller *et al.* (2009). Después de su clasificación a especie los individuos fueron conservados en formol al 10% durante 24 horas para la fijación y conservados en etanol al 70%. Con la ayuda de un vernier digital a cada ejemplar se le registró la longitud patrón (Lp) al milímetro más cercano por especie. Para el peso total (Pt) se utilizó una balanza con sensibilidad de 0.0001 g. Todos estos datos fueron registrados en formatos.

Análisis de datos

Se elaboraron bases de datos de doble entrada con la longitud patrón y peso total, por especie de charal, localidades y mes de muestreo. Mediante el Software estadístico SigmaStat V3.5 (2007), se determinó la significancia estadística aplicando el análisis de varianza de una vía (F), cuando los datos presentaron una distribución de frecuencias normal y la prueba libre distribución o no paramétrica de Kruskal-Wallis (H) en caso contrario. Además, se transformaron los datos en logaritmo base 10 (Log_{10}) cuando los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

Composición de especies del recurso charal

Se calculó la abundancia relativa y la biomasa de captura por especies (kg) teniendo en cuenta las localidades y meses de muestreo. Además, se realizó un análisis de varianza de una vía (ANOVA) entre los meses de estudio y una prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis cuando los datos no cumplieron con lo supuesto de normalidad por localidad teniendo en cuenta la abundancia relativa y la biomasa de captura.

Composición de tallas y pesos del complejo charal

Se estimó por especie, sitio y mes de muestreo las medidas de tendencia central de longitud patrón y peso total (promedio, desviación estándar, mínimos y máximos). Para cada especie se determinó si la talla y peso presentaron diferencias significativas entre sitios y meses de muestreo, utilizando el análisis de varianza (ANOVA) de una vía y de no cumplir con los supuestos de normalidad y homogeneidad de varianza, se usó la prueba de Kruskal-Wallis.

Relación talla-peso

Se calculó mediante la ecuación propuesta por Ricker (1975):

$$W=a*L^b$$

Dónde: W es el peso total en g, L es la longitud en mm del pez, a es el origen de la función o factor de condición y b es el coeficiente de crecimiento que exhibe una especie, si un individuo mantiene su forma al crecer, entonces el crecimiento es isométrico ($b=3$). Cuando $b>3$, los individuos incrementan su peso en mayor proporción que en longitud, presentando crecimiento alométrico positivo. En cambio, cuando $b<3$, los individuos incrementan su longitud más que su peso, presentando crecimiento alométrico negativo (Froese, 2006).

Las constantes a y b fueron estimadas por el método de los mínimos cuadrados, previa linealización de los datos mediante una transformación logarítmica (Ricker, 1973). Se determinó la existencia de diferencias significativas entre los coeficientes de las especies (a

y b), y se probó la hipótesis del crecimiento isométrico ($H_0: b = 3$ y $H_a: b \neq 3$) (Ricker, 1975) mediante una prueba X^2 (chi-cuadrado) con un nivel de significancia de $\alpha=0.05$ (Zar, 1996).

Factor de condición (K)

Se estimó mediante la fórmula de Clark (1928) para cada mes con la finalidad de que sirviera de indicador de un cambio en la forma del cuerpo o de “condición” del organismo, por medio de la relación:

$$K = P/Lp^{b*100}$$

Dónde: P es el peso total, Lp la longitud patrón del pez y b una constante.

Para determinar diferencias significativas se analizó la variación espacio-temporal de K por especie mediante la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis analizando los datos por localidades y meses.

Crecimiento

La estimación de crecimiento se analizó mediante la ecuación de von Bertalanffy (1938) en longitud patrón:

$$Lp = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

Dónde: Lp (mm)= longitud a la edad t , L_{∞} (mm)= longitud asintótica, k = constante de crecimiento, t_0 = edad teórica del pez cuando su tamaño es cero.

La estimación se basó en las distribuciones mensuales de frecuencia de longitudes con un intervalo de 3 mm, para ello se usó el software FiSAT II (versión 1.2.2) (Gayanilo *et al.*, 1996). En primer lugar, se estimó la longitud asintótica (L_{∞}) y la constante de crecimiento (k), aplicando la rutina ELEFAN I. En segundo lugar, se calculó t_0 de acuerdo a la fórmula anotada por Pauly (1979):

$$t_0 = \log_{10} (-t_0) = -0.3922 - 0.2752 \cdot \log_{10} L_{\infty} - 1.038 \cdot \log_{10} k$$

Dónde: t_0 es la edad hipotética a la cual la longitud es cero, L_{∞} es la longitud asintótica promedio máxima y k es la constante de crecimiento o coeficiente de curvatura.

Para el cálculo de la longevidad, se utilizó la ecuación de Taylor (1958):

$$A_{0.95} = t_0 + (2.996/k)$$

Dónde: $A_{0.95}$ es la edad límite teórica o tiempo requerido para que el pez alcance el 95% de su longitud máxima (L_{∞}).

Una vez estimados L_{∞} , k y t_0 , en las seis especies, se ajustaron las curvas de crecimiento en longitud patrón y el peso total adecuado al modelo de von Bertalanffy (1938), además, se estableció el índice de crecimiento *phi prima* (ϕ') de acuerdo a la fórmula establecida por Pauly & Munro (1984):

$$\phi' = \log_{10} k + 2 \log_{10} L_{\infty}$$

Mortalidad

Este parámetro poblacional fue estimado para cada una de las especies del género *Chirostoma*. Se calculó la mortalidad total (Z) utilizando la ecuación de Beverton y Holt (1959):

$$Z = k (L_{\infty} - \bar{L}) / (\bar{L} - L')$$

Dónde: L_{∞} y k son parámetros de la ecuación de von Bertalanffy, \bar{L} es la longitud media en la captura y L' es la longitud más pequeña de la captura.

La mortalidad natural (M) fue calculada mediante la ecuación de Taylor (1960):

$$M = (2.996 / A_{0.95}) - t_0$$

Dónde: $A_{0.95}$ corresponde a la edad límite, que es aquella cuando un individuo alcanza una longitud correspondiente al 95% de L_{∞} , y t_0 es la edad de reclutamiento de la población.

La mortalidad por pesca (F) se calculó aplicando la ecuación citada por Sparre y Venema (1997):

$$F = Z - M$$

Dónde: Z es la mortalidad total y M es la mortalidad natural.

Con la estimación de la mortalidad, se calculó la tasa de explotación (E) según la ecuación propuesta por Gulland (1971):

$$E = F / Z$$

Dónde: F es la mortalidad por pesca y Z es la mortalidad total.

Talla de captura

Para obtener las tallas de reclutamiento (L_{25} ó L_{p_r}) y de primera captura (L_{50} ó L_{p_c}) que significa que el 25 ó 50% de la clase puede capturarse, se utilizó la distribución de frecuencia de tallas, y con esta misma se calculó la frecuencia acumulada.

RESULTADOS

Composición de especies del recurso charal

Se determinó a nivel de especie 34,655 organismos, 104 organismos pertenecientes al grupo *Jordani* o especies de pez blanco y 34,551 organismos fueron especies de charal del grupo *Arge*. El género *Chirostoma* estuvo compuesto por seis especies: *Chirostoma jordani* Woolman, 1894, *C. arge*, (Jordan y Snyder, 1899), *C. chapalae* Jordan y Snyder, 1899, *C. labarcae* Meek, 1902, *C. consocium* Jordan y Hubbs, 1919 y *C. contrerasi* Barbour, 2002. El total de especies fue frecuente en cada localidad, aunque varió durante el ciclo anual. La presencia de las seis especies se registró sólo en enero, febrero y mayo de 2017 (25 % de frecuencia de aparición), mientras que, consistentemente la especie *C. contrerasi*, sólo apareció en seis de los doce meses del ciclo anual.

Considerando el número de individuos registrado por especie de charal (abundancia relativa) en las localidades de desembarque y meses de captura, el 35.7% correspondió a *Chirostoma jordani*, *C. arge* el 34.6%, *C. consocium* 10.3%, *C. labarcae* 8.6%, *C. chapalae* 7.5% y *C. contrerasi* el 3.3%. Las dos primeras especies representaron el 70% del recurso charal durante el presente estudio. Alternando su presencia y abundancia relativa (número de individuos) entre localidades y meses de muestreo. Se observó un claro dominio de *C. jordani* en cuatro de las seis localidades de desembarco (San Pedro Itzicán, Ajijic, San Luis Soyatlán y Petatán) según la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis ($H= 28.226$; $g.l.= 5$; $p < 0.001$); mientras que *C. arge* registró mayor abundancia relativa en el Chapala y Mismaloya (Cuadro 1). A escala temporal las poblaciones de *C. jordani* fueron significativamente abundantes en octubre, noviembre, diciembre de 2016, y las poblaciones de *C. arge* dominaron significativamente en enero, febrero, marzo y junio 2017 según el análisis de varianza (ANOVA) de una vía ($F= 19.466$; $g.l.= 11$; $p < 0.001$) (Figura 2).

De acuerdo al peso total (kg) la especie que aportó la mayor biomasa fue: *C. arge* con el 36.6%, seguida de *C. jordani* 35.3% y *C. consocium* 11.2%. Mientras que para *C. labarcae*, *C. chapalae* y *C. contrerasi* la biomasa fue baja, menor al 6% (Cuadro 2). A escala espacial Chapala (21%) y San Luis Soyatlán (17.8%) fueron las localidades que presentaron mayor biomasa según la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($H= 29.331$; $g.l.= 5$; $p <$

0.001). A escala temporal según el análisis de varianza ($F= 19.741$; g.l.= 11 $p < 0.001$) los meses de diciembre, enero, febrero y marzo fueron los mejor representados.

El contraste de la eficiencia del arte de pesca utilizado en las capturas del presente estudio, indica que la nasa registró significativamente mayor abundancia relativa (número de individuos y biomasa), que la red de enmalle ($p < 0.001$). Lo anterior contrasta, ya que se consideró de mayor eficiencia a la nasa que la red de enmalle como arte de pesca del charal. Chapala fue la única localidad que la abundancia relativa y la biomasa dependieron exclusivamente de la nasa como arte de pesca aportando el 21.7% de abundancia y el 21% de biomasa de las capturas para el lago de Chapala.

Cuadro 1. Número de organismos por especie del género *Chirostoma* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017.

Especies	Localidades						Abundancia relativa	%
	Petatán	Mismaloya	San Luis Soyatlán	Ajijic	Chapala	San Pedro Itzicán		
<i>C. jordani</i>	2,129	1,888	2,227	1,680	2,533	1,908	12,365	35.7
<i>C. arge</i>	1,656	1,970	1,621	1,680	3,191	1,830	11,948	34.6
<i>C. consocium</i>	622	566	799	558	519	481	3,545	10.3
<i>C. labarcae</i>	232	1,083	291	144	676	548	2,974	8.6
<i>C. chapalae</i>	541	346	359	320	544	467	2,577	7.5
<i>C. contrerasi</i>	426	94	359	160	42	61	1,142	3.3
Total	5,606	5,947	5,656	4,542	7,505	5,295	34,551	100

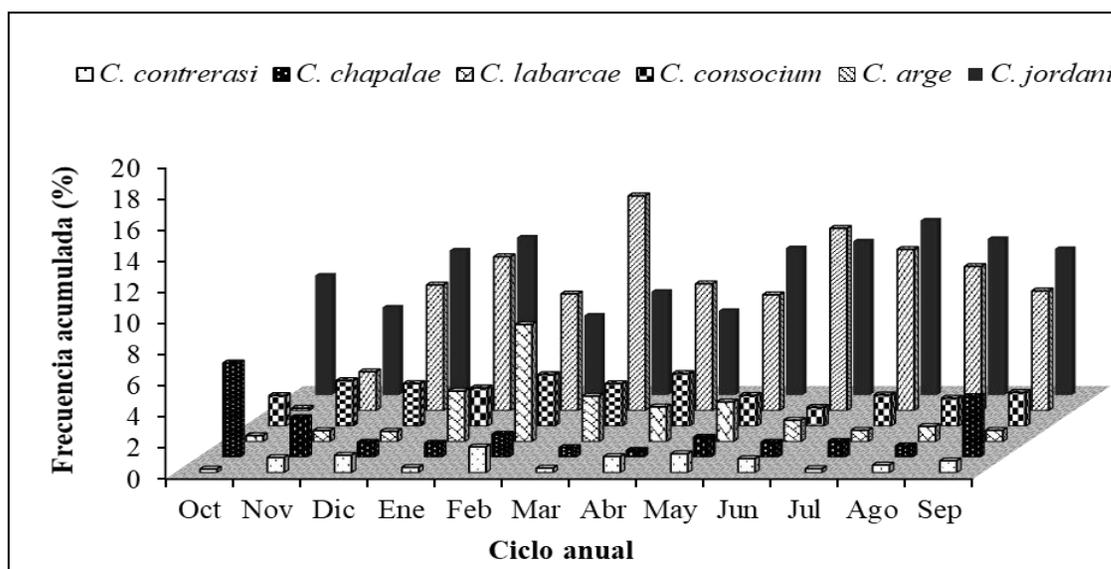


Figura 2. Número de individuos de las seis especies del complejo charal en las localidades de desembarque del lago de Chapala, México, de octubre de 2016 a septiembre de 2017.

Cuadro 2. Peso total acumulado (kg) mensual de los organismos por especie del complejo charal en las localidades de desembarque del lago de Chapala, México, de octubre de 2016 a septiembre de 2017.

Meses-Localidades	<i>C. jordani</i>	<i>C. arge</i>	<i>C. consocium</i>	<i>C. labarcae</i>	<i>C. chapalae</i>	<i>C. contrerasi</i>	Abundancia	%
Oct	2.84	0.05	0.72	0.09	2.01	0.08	5.79	5.2
Nov	2.42	1.12	1.27	0.24	1.06	0.42	6.53	5.9
Dic	4.23	3.58	1.33	0.25	0.39	0.47	10.25	9.2
Ene	4.86	4.95	1.43	0.94	0.42	0.15	12.75	11.5
Feb	2.31	3.42	1.49	1.87	0.59	0.78	10.46	9.4
Mar	2.5	5.66	1.17	0.85	0.22	0.11	10.51	9.5
Abr	2.24	3.63	1.53	0.72	0.19	0.47	8.78	7.9
May	3.51	3.12	0.91	0.91	0.51	0.46	9.42	8.5
Jun	3.17	4.05	0.44	0.46	0.3	0.34	8.76	7.9
Jul	3.74	3.75	0.64	0.21	0.29	0.07	8.7	7.8
Ago	3.62	3.75	0.64	0.27	0.25	0.15	8.68	7.8
Sep	3.44	3.39	0.79	0.21	1.33	0.25	9.41	8.5
Ajjic	5.33	5.74	2.07	0.38	0.92	0.54	14.98	13.5
Chapala	7.67	10.53	1.78	1.48	1.59	0.14	23.19	21
Mismaloya	6.01	6.89	1.96	2.41	0.99	0.34	18.6	16.8
Petatán	6.59	5.41	2.18	0.55	1.58	1.29	17.6	15.9
San Luis Soyatlan	7.72	5.79	2.77	1	1.14	1.29	19.71	17.8
San Pedro Ítzican	5.66	6.14	1.61	1.21	1.38	0.19	16.19	14.6
Total	39	40.5	12.4	7.0	7.6	3.8	110.4	
%	35.3	36.6	11.2	6.3	6.9	3.4		

Composición de tallas y pesos del complejo charal

La longitud patrón y peso total promedio de los 34,551 organismos analizados de las especies de charal del lago de Chapala, México, entre octubre 2016 y septiembre 2017 se indican en el cuadro 3. La longitud patrón promedio mayor de las seis especie de charal fue 69.1 mm (*C. consocium*) y osciló entre un máximo de 100.1 mm (*C. labarcae*) en la localidad de Petatán y el mes de abril, y un mínimo de 32.8 mm (*C. jordani*) en San Pedro de Ítzican y junio. El peso total promedio mayor de las seis especies fue de 3.4 g (*C. consocium*) y oscilo de un máximo de 11.4 g en (*C. contrerasi*) en Mismaloya y mayo, a un mínimo de 0.2 g en (*C. jordani*) en San Pedro de Ítzican y junio. *Chirostoma consocium* (3,545 organismos) y *C. arge* (11,948 organismos) registraron similares tallas y pesos promedio mayores de las seis especies (Lp: 69.6-67.9 mm y 3.4-3.3 g, respectivamente) (Cuadro 3).

El análisis de progresión modal permitió identificar de dos a cinco grupos modales en las poblaciones de las seis especies (Anexo 1). *C. jordani*, *C. arge*, y *C. contrerasi* presentaron cinco grupos modales o cohortes con una Lp media estimada para el grupo modal 1 entre 48.5-59.41 mm, grupo modal 2 entre 60.65-68.85 mm, grupo modal 3 entre 71.45-

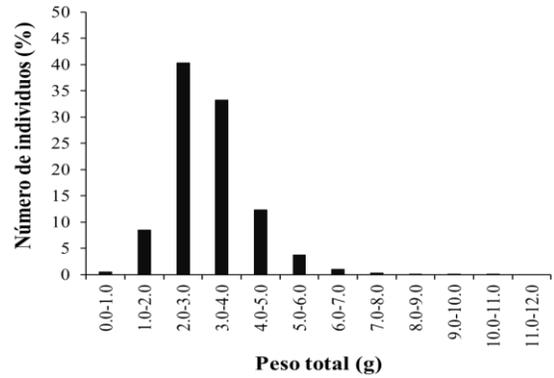
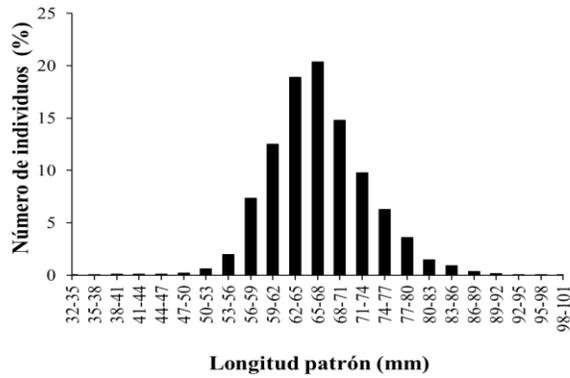
79.41 mm, grupo modal 4 entre 80.01-88.5 mm y grupo modal 5 entre 91.5-94.32 mm; mientras que *C. consocium*, *C. labarcae* y *C. chapalae* presentaron cuatro grupos modales, grupo 1 entre 51.42-59.63 mm, grupo 2 entre 60.1-69.56 mm, grupo 3 entre 70.5-77.03 mm y grupo 4 entre 80.5-87.01 mm. De forma persistente la talla media calculada alrededor de los 65 mm de Lp se registró en las seis especies. Lo anterior, coincide con la tendencia que se observa en los histogramas de frecuencia de talla de la figura 3, donde el intervalo de longitud patrón de mayor frecuencia fue 65-68 mm, así como los dos contiguos (62-65 y 68-71 mm), excepto en *C. labarcae*, que se ubica al intervalo de 56-59 mm de longitud patrón con mayor frecuencia. Para el peso total se observa una tendencia similar, donde el intervalo de peso 2 a 3 g es consistente en *C. jordani*, *C. arge*, *C. labarcae* y *C. chapalae*; excepto en *C. consocium* ya que el intervalo 3 a 4 g presenta mayor frecuencia de organismos.

Cuadro 3. Longitud patrón y peso total de las especies de charal en el lago de Chapala, México, desde octubre 2016 a septiembre 2017. n= tamaño de la muestra, Prom= promedio, \pm D.E.= desviación estándar, Max= máximo, Min= mínimo, I.C= intervalo de confianza, C.V.= coeficiente de variación.

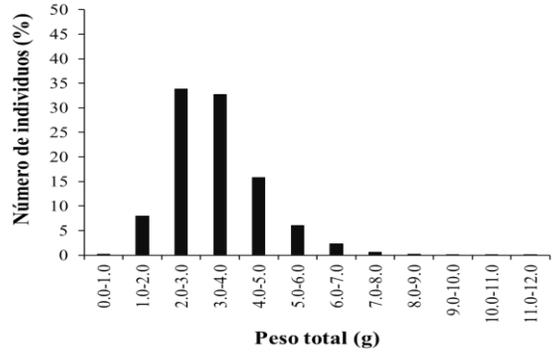
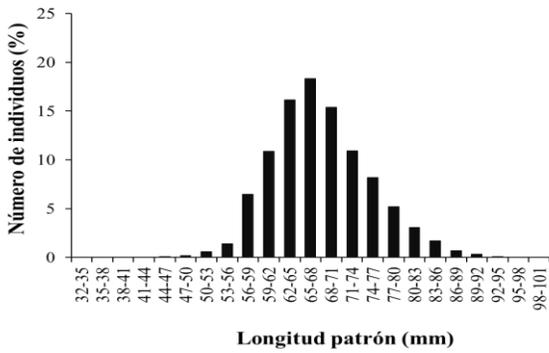
Complejo charal	Longitud patrón (mm)							Peso total (g)					
	n	Prom.	\pm D.E.	Max	Min	I.C.	C.V.	Prom.	\pm D.E.	Max	Min	I.C.	C.V.
<i>C. jordani</i>	12,365	66.6	6.6	99	32.8	0.11	9.9	3.1	1.0	10.0	0.2	0.01	31.9
<i>C. arge</i>	11,948	67.9	7.1	99.8	39.6	0.12	0.1	3.3	1.1	11.0	0.3	0.02	34.5
<i>C. consocium</i>	3,545	69.6	6.7	97.3	49.8	0.22	9.6	3.4	1.1	10.9	1.0	0.03	32.4
<i>C. labarcae</i>	2,974	61.7	7.0	100.1	45.5	0.25	11.4	2.3	0.8	8.2	0.7	0.03	37.8
<i>C. chapalae</i>	2,577	66.7	5.7	91.2	44.9	0.22	8.6	2.9	0.8	8.8	0.4	0.03	28.4
<i>C. contrerasi</i>	1,142	66.9	8.3	99.3	38.2	0.48	12.4	3.3	1.3	11.4	0.3	0.07	40.5

Las poblaciones de las seis especies de charal mostraron variaciones en la longitud patrón y peso total entre localidades y meses de muestreo, al presentar diferencias significativas según la prueba de Kruskal-Wallis ($p < 0.05$) (Anexo 2).

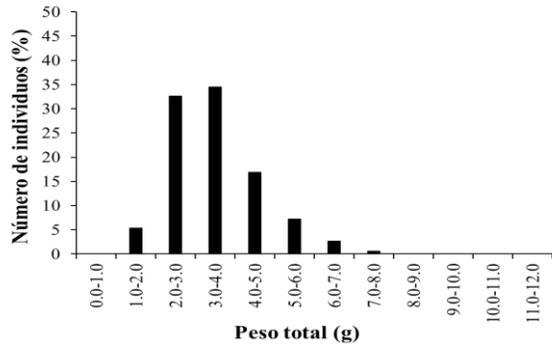
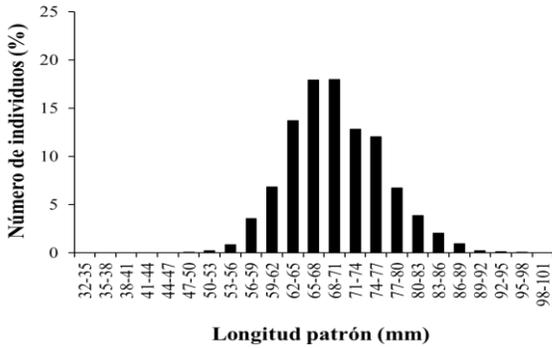
Chirostoma jordani



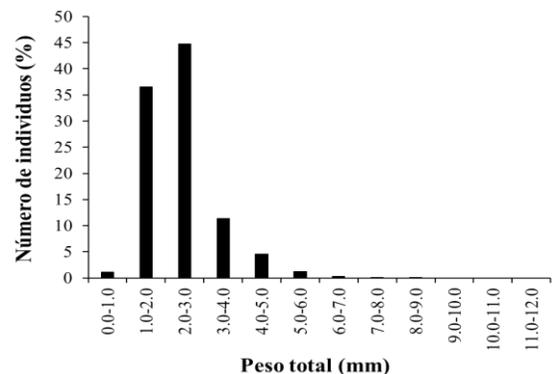
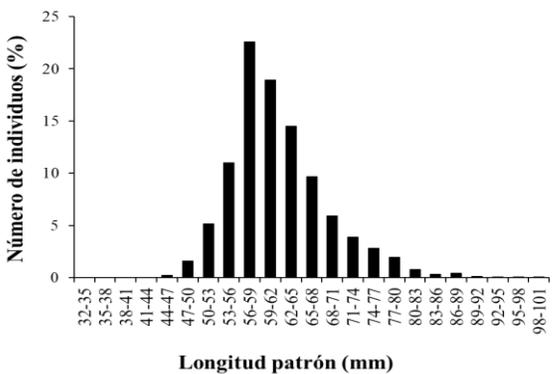
Chirostoma arge



Chirostoma consocium



Chirostoma labarcae



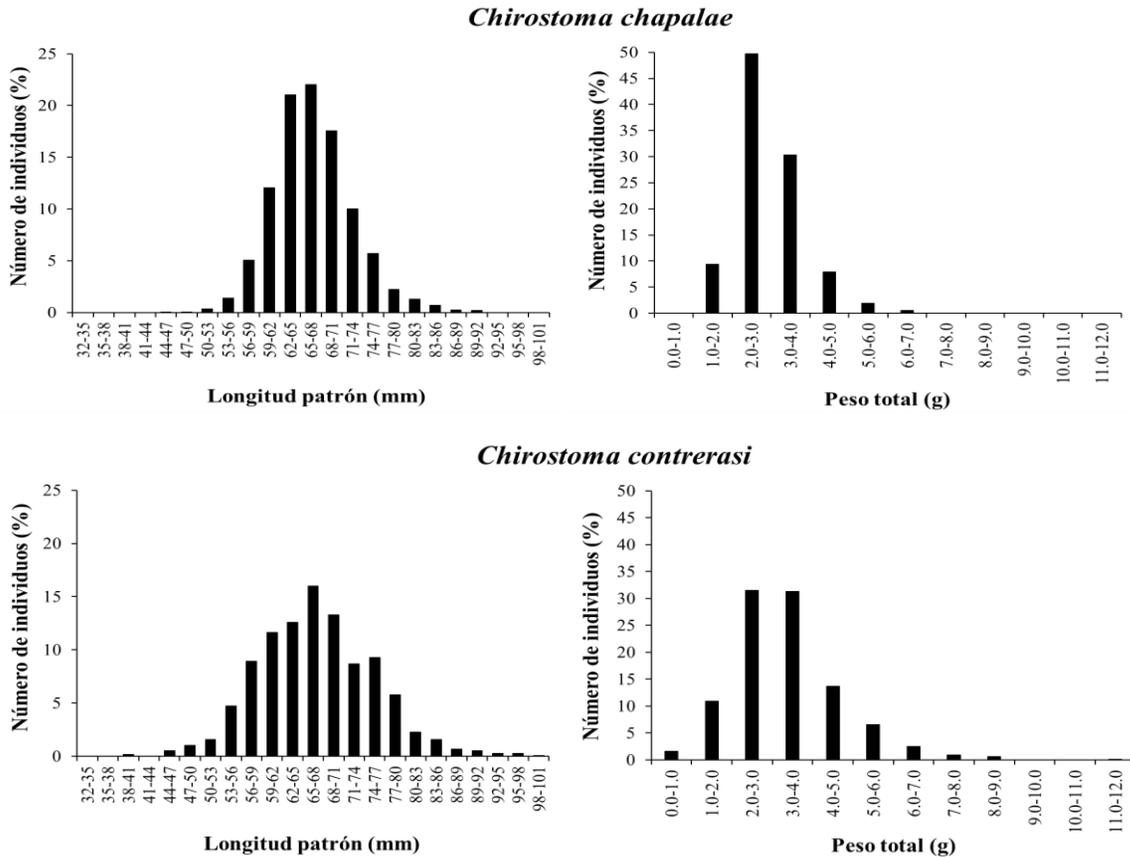


Figura 3. Distribución de frecuencia de longitud patrón y peso total de *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi*, en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Relación talla-peso

Los valores del coeficiente de crecimiento b y la prueba X^2 ($p > 0.05$) muestran que todas las especies presentaron un desarrollo dentro del intervalo isométrico (Cuadro y figura 4). Sin embargo, en algunos meses de muestreo *C. jordani* (abril, agosto, septiembre y noviembre), *C. arge* (junio, julio y agosto), *C. consocium* (mayo, junio, julio, septiembre, octubre y diciembre), *C. labarcae* (Abril y junio), *C. chapalae* (abril, julio y agosto) y *C. contrerasi* (enero, marzo, mayo, Junio, julio y agosto) presentaron una tendencia a la alometría positiva ($b > 3.2$) y negativa ($b < 2.6$) (Cuadro 4).

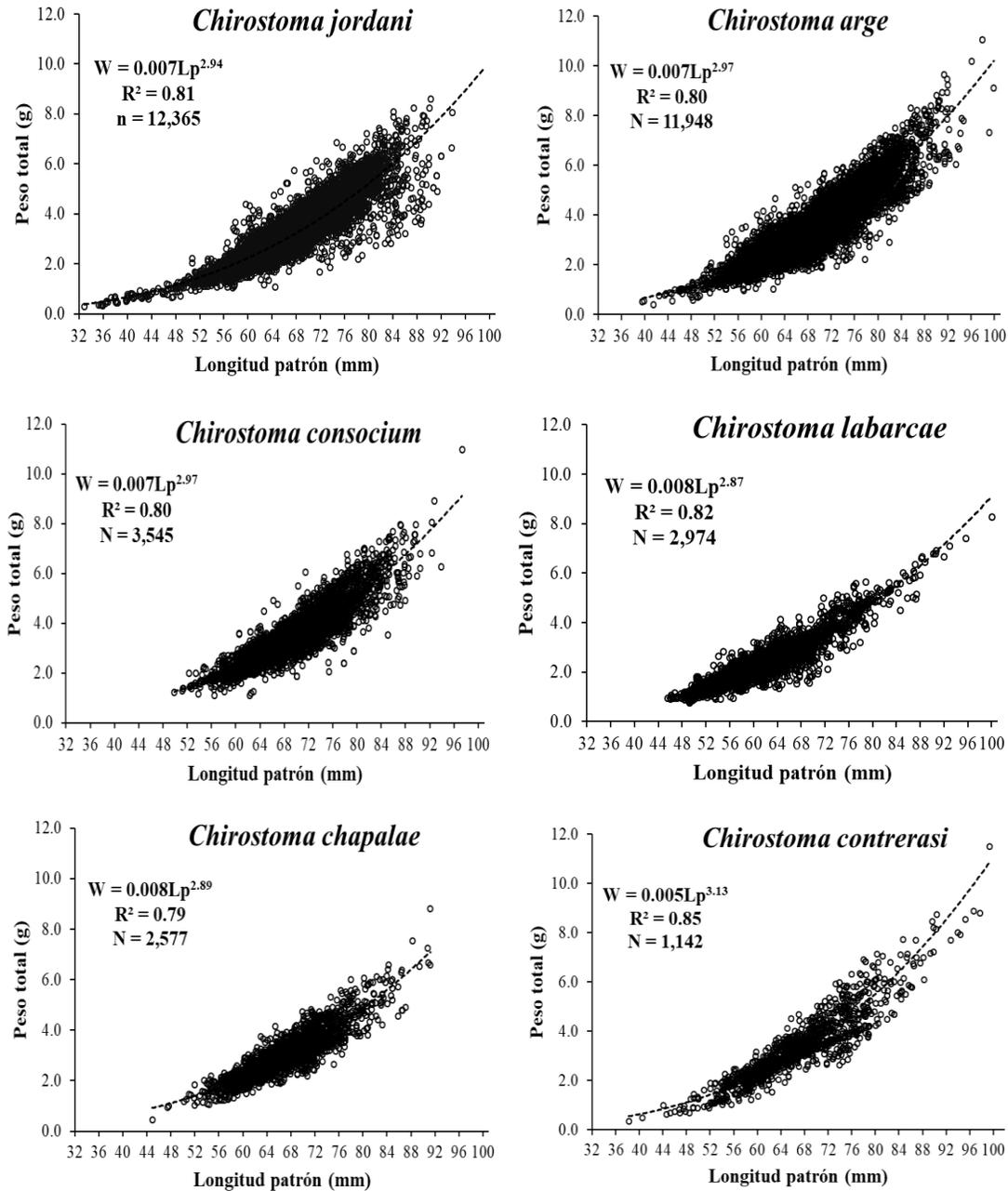


Figura 4. Parámetros de la relación talla–peso estimados del modelo potencial para *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Cuadro 4. Parámetros del tipo de crecimiento de la ecuación potencial ($P=aL^b$) de las especies de charal en el lago de Chapala, México, de Octubre 2016 a Septiembre 2017.

Meses	<i>C. jordani</i>		<i>C. arge</i>		<i>C. consocium</i>		<i>C. labarcae</i>		<i>C. chapalae</i>		<i>C. contrerasi</i>	
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a</i>	<i>b</i>
Oct	0.01	2.77	0.008	2.91	0.015	2.53	0.006	3.04	0.01	2.72	0.008	2.88
Nov	0.013	2.64	0.008	2.89	0.01	2.75	0.006	2.99	0.007	2.92	0.011	2.75
Dic	0.009	2.85	0.008	2.86	0.018	2.48	0.006	3.05	0.009	2.85	0.005	3.1
Ene	0.006	3.07	0.007	2.95	0.007	2.94	0.007	2.98	0.007	2.96	0.004	3.32
Feb	0.01	2.77	0.006	3.06	0.007	2.94	0.005	3.05	0.01	2.72	0.005	3.1
Mar	0.004	3.17	0.008	2.88	0.01	2.76	0.007	2.88	0.01	2.75	0.003	3.3
Abr	0.023	2.31	0.007	2.94	0.006	2.98	0.016	2.5	0.013	2.64	0.009	2.79
May	0.004	3.17	0.004	3.19	0.003	3.33	0.007	2.91	0.009	2.77	0.002	3.44
Jun	0.007	2.97	0.003	3.34	0.017	2.47	0.012	2.68	0.007	2.91	0.012	2.63
Jul	0.005	3.11	0.004	3.28	0.011	2.68	0.009	2.83	0.023	2.28	0.017	2.45
Ago	0.015	2.54	0.02	2.43	0.009	2.82	0.005	3.08	0.003	3.36	0.012	2.65
Sep	0.014	2.58	0.012	2.7	0.015	2.53	0.005	3.05	0.01	2.73	0.006	3.04
General	0.007	2.94	0.007	2.97	0.007	2.97	0.008	2.87	0.008	2.89	0.005	3.13

Factor de condición (K)

El factor de condición presentó variaciones similares en las seis especies de charales durante el ciclo anual (octubre 2016 a septiembre 2017), con un aumento significativo a partir de noviembre de 2016 a enero de 2017, disminuyendo drásticamente a partir de febrero de 2017 (Figura 5) ($H= 3173.029$, g.l.= 11, $p < 0.001$ *C. jordani*; $H= 206.636$, g.l.= 11, $p < 0.001$ *C. arge*; $H= 757.589$, g.l.= 11, $p < 0.001$ *C. consocium*; $H= 344.201$, g.l.= 11, $p < 0.001$ *C. labarcae*; $H= 362.105$, g.l.= 11, $p < 0.001$ *C. chapalae*; $H= 149.396$, g.l.= 11, $p < 0.001$ *C. contrerasi*). Esto sugiere que los organismos se van preparando para almacenar biomasa para la maduración de gónada y el posterior desove en los siguientes meses. De las seis especies de charal, *Chirostoma consocium* presentó el factor de condición promedio mayor, que puede estar asociado a la diferencia de talla y peso entre las especies (Figura 5).

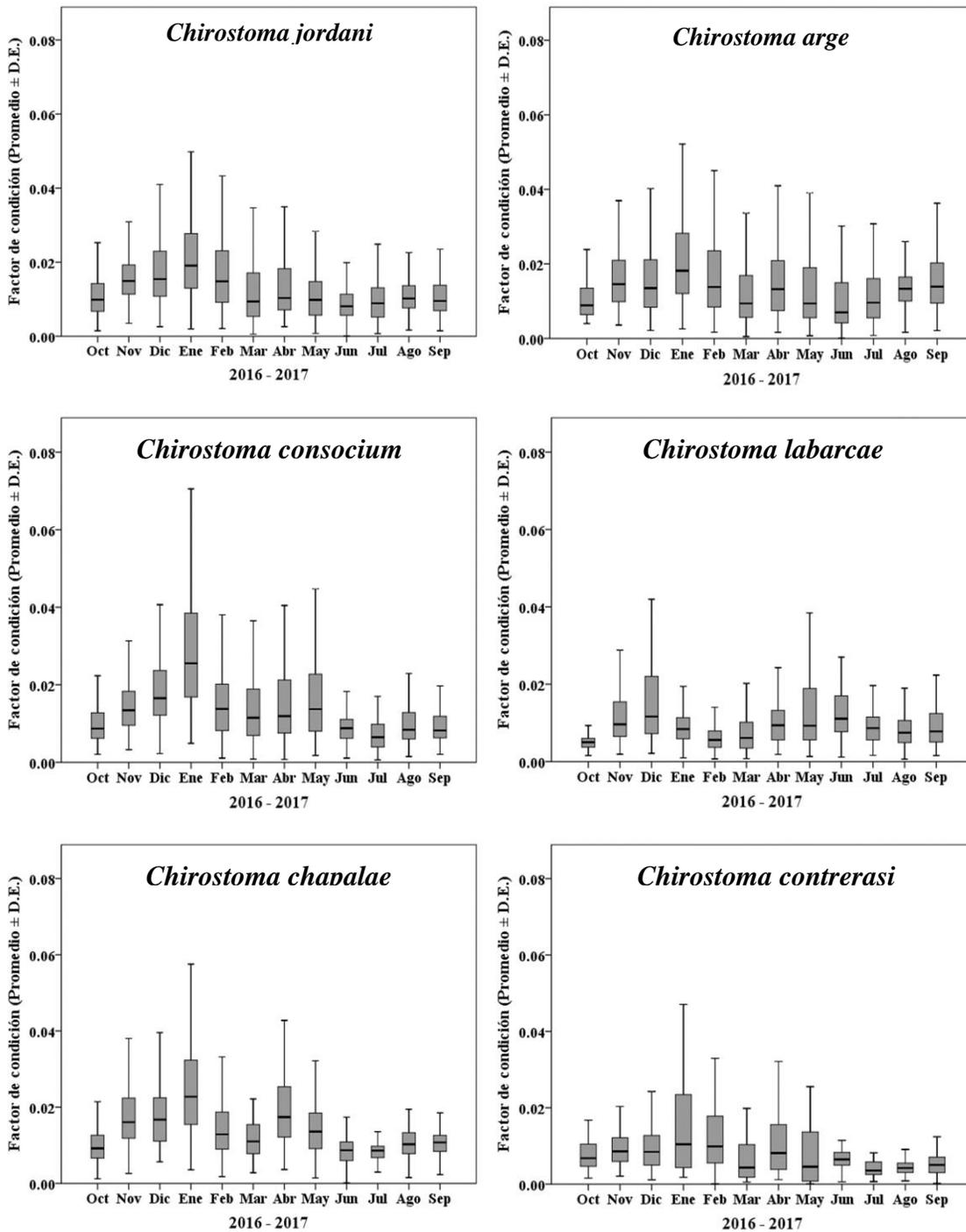


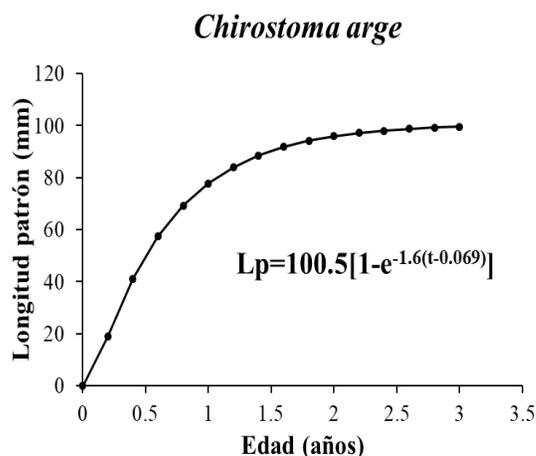
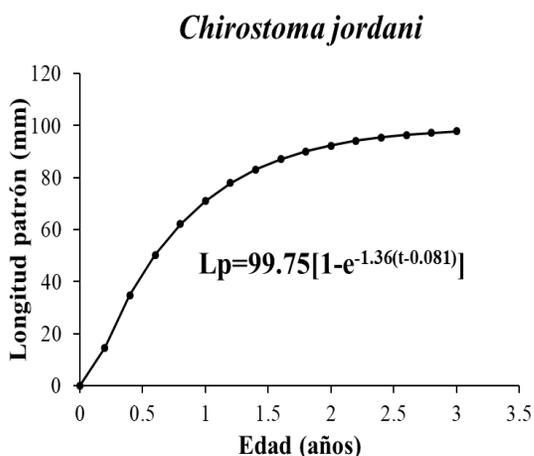
Figura 5. Variación mensual (Promedio \pm D.E.) del factor de condición (K) para *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Crecimiento

La longitud asintótica (L_{∞}) estimada, coeficiente de crecimiento (k), edad teórica (t_0), longevidad o edad límite ($A_{0.95}$) y el índice de crecimiento “phi” prima (Φ') para las seis especies se observan en el cuadro 5. El crecimiento de longitud patrón por especie, describe curvas de tipo exponencial; observándose un rápido crecimiento en el primer año de vida, para luego disminuir a medida que alcanza la longitud asintótica (Figura 6).

Cuadro 5. Parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy, longevidad de Taylor ($A_{0.95}$) e índice de crecimiento de Pauly y Munro (Φ') de las especies de charal en el lago de Chapala. México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

<i>Chirostoma</i> spp	L_{∞} (mm Lp)	k (año)	t_0 (año)	$A_{0.95}$	Φ'
<i>C. jordani</i>	99.75	1.36	-0.08	2.28	4.1
<i>C. arge</i>	100.5	1.60	-0.07	1.94	4.2
<i>C. consocium</i>	99.15	1.37	-0.08	2.26	4.1
<i>C. labarcae</i>	100.3	1.80	-0.06	1.72	4.2
<i>C. chapalae</i>	94.0	1.79	-0.06	1.73	4.1
<i>C. contrerasi</i>	99.5	1.24	-0.09	2.50	4.0



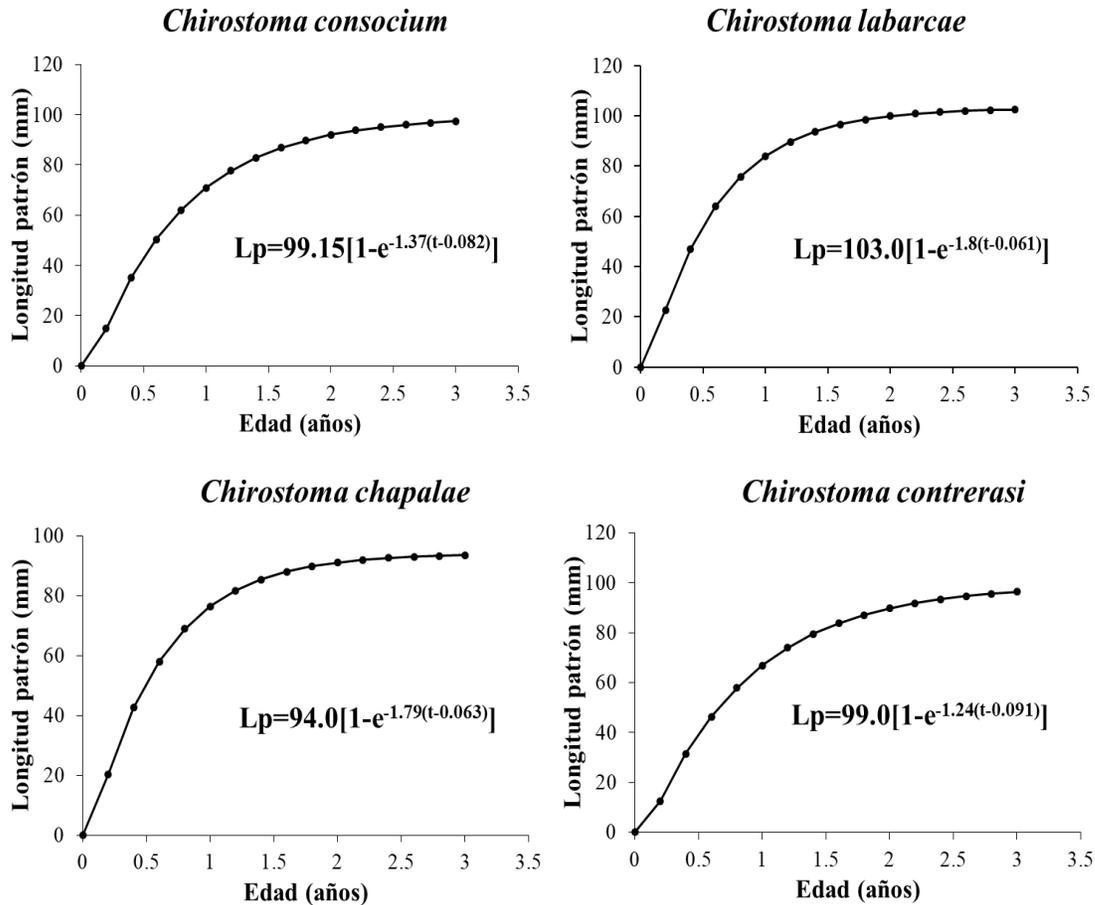


Figura 6. Ajuste de la curva de crecimiento de von Bertalanffy en longitud patrón (L_p) de *Chirostoma jordani*, *Chirostoma arge*, *Chirostoma consocium*, *Chirostoma labarcae*, *Chirostoma chapalae* y *Chirostoma contrerasi* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Mortalidad

Los valores calculados de la mortalidad total (Z), mortalidad natural (M), mortalidad por pesca (F), tasa de sobrevivencia (S) y tasa de explotación (E) para las especies de charal en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017 se presentan en el cuadro 6. En las seis especies, el análisis de la mortalidad dió valores de mayor a menor de Z , M , F respectivamente, excepto en *Chirostoma labarcae* que además de mostrar el mayor valor en los tres índice de mortalidad, la pesca (F) ejerce mayor presión que la mortalidad natural (M), indicando que las cohortes de mayor talla continúan bajo alta presión por pesca

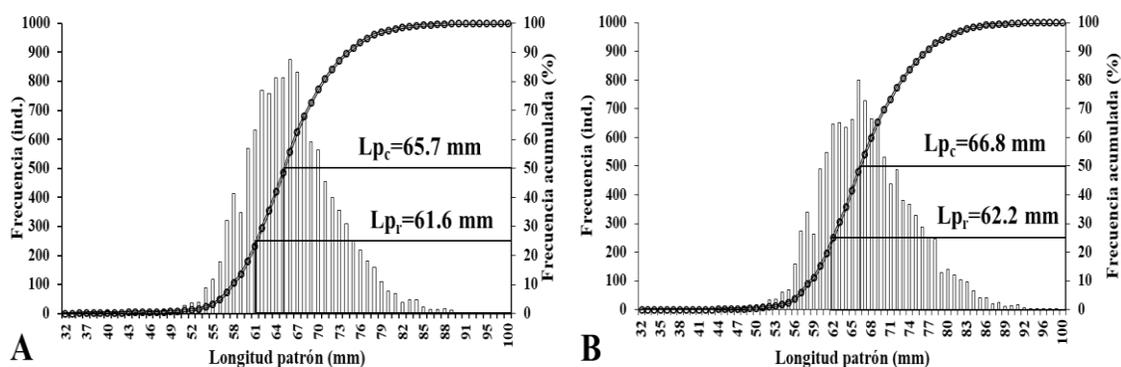
y a factores naturales, evidencia del menor valor de sobrevivencia de las seis especies de charal.

Cuadro 6. Valores estimados de la mortalidad total (Z), mortalidad natural (M), mortalidad por pesca (F), tasa de sobrevivencia (S) y tasa de explotación (E) de las especies de charal en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

<i>Chirostoma</i> spp	Z/año ⁻¹	M/año ⁻¹	F/año ⁻¹	S/año ⁻¹	E/año ⁻¹
<i>C. jordani</i>	1.33	1.22	1.1	0.26	0.07
<i>C. arge</i>	1.84	1.47	0.36	0.15	0.19
<i>C. consocium</i>	2.04	1.23	0.8	0.13	0.39
<i>C. labarcae</i>	4.6	1.67	2.92	0.01	0.63
<i>C. chapalae</i>	2.24	1.66	0.57	0.1	0.25
<i>C. contrerasi</i>	1.38	1.1	0.27	0.25	0.2

Talla de captura

Las curvas de selectividad estimadas de L_{p_c} en especies de charal fueron: 65.7 mm de longitud patrón (L_p) en *C. jordani*, 66.8 mm en *C. arge*, 68.4 mm en *C. consocium*, 59.8 mm en *C. labarcae*, 65.8 mm en *C. chapalae* y 66.4 mm en *C. contrerasi* (Figura 7). Mientras que L_{p_i} osciló de 61.6 mm L_p en *C. jordani*, 62.2 mm en *C. arge*, 64.5 mm en *C. consocium*, 56.6 mm en *C. labarcae*, 62.4 mm en *C. chapalae* y 60.8 mm en *C. contrerasi* (Figura 7).



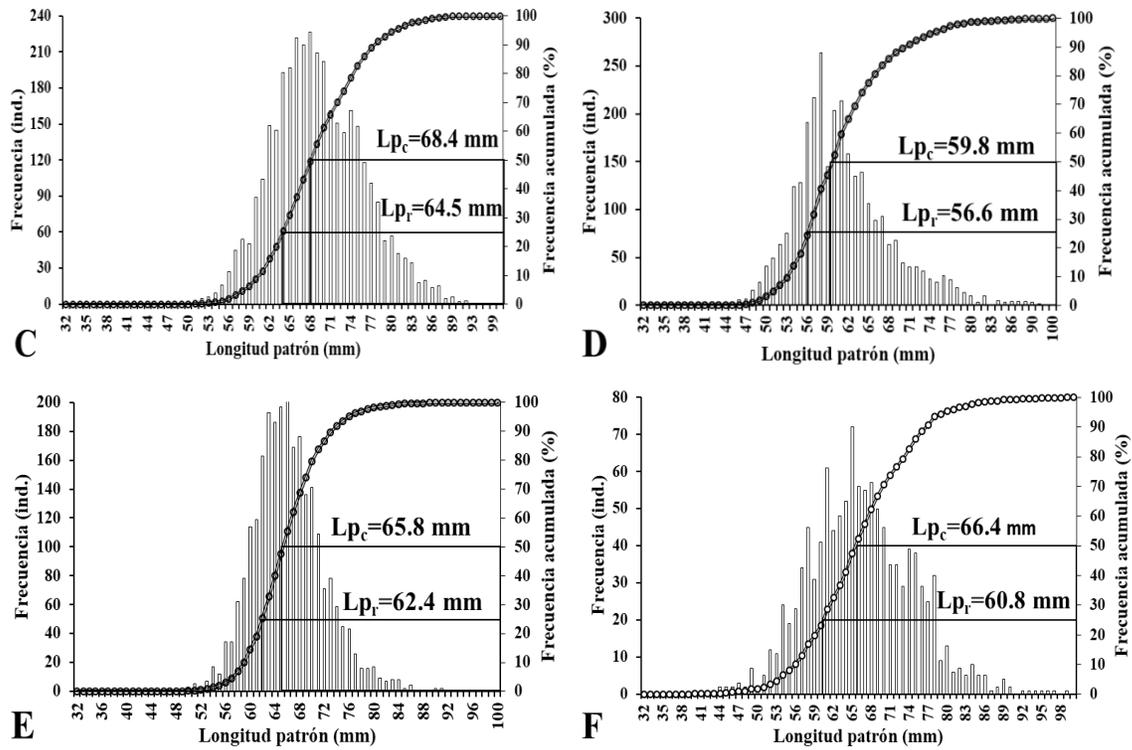


Figura 7. Distribución de frecuencia de longitud patrón de *Chirostoma jordani* (A), *Chirostoma arge* (B), *Chirostoma consocium* (C), *Chirostoma labarcae* (D), *Chirostoma chapalae* (E) y *Chirostoma contrerasi* (F) en el lago de Chapala, México, indicando la longitud de reclutamiento (L_{p_r}) y la longitud de primera captura (L_{p_c}).

DISCUSIÓN

El presente trabajo aporta información del estado actual que guardan las poblaciones de las especies del recurso charal en el lago de Chapala, México, reportando por primera vez la participación de las seis especies del género *Chirostoma*, grupo *Arge*: *C. contrerasi*, *C. chapalae*, *C. labarcae*, *C. consocium*, *C. arge* y *C. jordani*. Este resultados coinciden con Barbour (1973 y 2002), para este lago, indicando el endemismo de *C. labarcae*, *C. chapalae* y *C. contrerasi*, además, de la participación diferencial de las especies en las capturas de este recurso pesquero para la región. Sin embargo, en estudios realizados por diversos autores reportan menor número de especies de charal en sus estudios (Moncayo-Estrada y Buelna-Osben, 2001; Aguilera-Taylor *et al.*, 2002; Moncayo-Estrada *et al.*, 2011 a y b), lo anterior, posiblemente está asociado, como lo que sugiere Barbour (2002), al gran parecido morfológico que presenta *C. contrerasi* con *C. arge*. Así mismo podría ligarse a la dificultad que presenta el método tradicional, ya que, hay indicadores de caracteres merísticos cuyos valores se traslapan para tallas de adultos y no son aplicables para tallas juveniles (Rojas-Carrillo y Sasso-Yada, 2005).

Para el lago de Chapala las capturas del recurso charal esta soportada por las especies *Chirostoma jordani* y *C. arge* aportando el 70% de las capturas, resultado que difiere a lo reportado por Gallardo (1977) y Elizondo-Garza (1996), quienes reportan a *C. chapalae* como la especie principal que aporta las capturas de charal en los periodos de estudio (1991 a 1993 y) y con el trabajo de Guzmán *et al.* (1995), quienes reportan las mayores capturas de charal a *C. consocium* hacia finales de la década de los ochenta (1983 a 1989). Seguramente su presencia y distribución de las especies menos abundantes podría estar asociada a la batimetría (diferentes profundidades) del lago, ya que las fluctuaciones del nivel del agua en lagos poco profundos cambiar drásticamente la distribución poblacional de las especies, y en periodos de mínimo volumen, las especies tolerantes generalmente superan a otras especies (Lévêque, 1997). Dichas variaciones en la composición de las poblaciones podría estar asociados con la recuperación de las áreas de disponibilidad de alimento, a las áreas de reproducción y posiblemente a la presión por pesca (Moncayo-Estrada *et al.*, 2011a).

La presencia y el dominio de *C. arge* y *C. jordani* en esta investigación solo es consistente con la última especie, que casi dos década junto con otras especies han soportado las capturas del charal en el lago (Moncayo-Estrada y Buelna-Osben, 2001; Aguilera-Taylor

et al., 2002; Olvera *et al.*, 2009; Moncayo-Estrada *et al.*, 2011 a y b). Esto está asociado a la gran plasticidad de las poblaciones de *C. jordani*, al presentar mayor tolerancia a las variaciones ambientales y a la amplia distribución que tiene la especie en la mesa central de México (Lyons *et al.*, 2000; Hernández-Batista *et al.*, 2015). Además, del tamaño pequeño, rápido crecimiento y el amplio ciclo de reproducción (Moncayo-Estrada *et al.*, 2011a).

La longitud patrón promedios (máximos), encontrada en esta investigación resultó superior a lo reportado por otros autores en el lago de Chapala y otros cuerpos de agua del país, aunque algunos autores reportan tallas máximas superiores a la registrada en el presente estudio (Cuadro 7). En cuanto al peso total, Olvera *et al.* (2009), Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011) y Moncayo-Estrada *et al.* (2011b) para *C. jordani* reportan pesos inferiores y en el caso de *C. labarcae* y *C. consocium* Moncayo-Estrada *et al.* (2011b) reportan pesos promedios mayores a los de esta investigación (Cuadro 7). Tales diferencias se asocian, principalmente, a la dinámica hídrica del sistema lago-embalse-estanque, ya que, las condiciones ambientales varían de un año a otro y de forma interanual (Moncayo-Estrada *et al.*, 2011 a y b), a la disponibilidad de alimento y al efecto de la actividad antropogénicas; por la selectividad del arte de pesca utilizado, también, a la presión pesquera ejercida sobre el recurso y al número de individuos colectados (Olaya-Nieto *et al.*, 2011).

La ausencia de ejemplares pequeños o juveniles en algunas especies y en los muestreos se asocia, a la selectividad del arte de pesca utilizado que controla la retención y fuga de los peces, debido a que la entrada o embudo regula el tamaño máximo y la malla de revestimiento limita la talla mínima retenida para el caso de la nasa, en cambio la red sólo captura individuos mayores a una talla determinada por el ojo de malla (Pope *et al.*, 1983; Slack-Smith, 2001), y a la disponibilidad del recurso en el área de pesca, porque los juveniles se encuentran en zonas de crecimiento hasta el desarrollo de las gónadas, momento en que se reclutan al “stock” de adultos, es decir, probablemente exista una segregación espacial en estos organismos (Lindeman, 1989).

Cuadro 7. Valores promedio (Prom.), máximos (Max) y mínimos (Min) de longitud patrón y peso total de las especies de charal reportado por este estudio y autores en embalses naturales y artificiales en México.

<i>Chirostoma</i> spp	Longitud patrón (mm)			Peso total (g)			Lugar	Autor
	Prom.	Max	Min	Prom.	Max	Min		
<i>C. jordani</i>	66.6	99.0	32.8	3.1	10.0	0.2	Chapala, Jalisco	Presente estudio
		70.0						Barbour (1973)
		70.0	40.0				Corrales, Estado de Hidalgo	Cárdenas y Barrera (1998)
		65.0	50.0				Chapala, Jalisco	Aguilera-Taylor <i>et al.</i> (2002)
		91.0						Miller <i>et al.</i> (2005)
	46.0	58.0	31.0				Meztlán, Hidalgo	Ibáñez <i>et al.</i> (2008)
		72.0	29.0		5.3	0.3	Chapala, Jalisco	Olvera <i>et al.</i> (2009)
		61.0	30.0				Chapala, Jalisco	Moncayo-Estrada <i>et al.</i> (2011a)
	54.0	66.0	35.0	1.9	3.3	0.4	Chapala, Jalisco	Moncayo-Estrada <i>et al.</i> (2011b)
		64.0			6.7		Soyaniquilpan, Estado de México	Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011)
	83.9					Soyaniquilpan, Estado de México	Navarrete-Salgado (2017)	
	64.3							
<i>C. arge</i>	67.9	99.8	39.6	3.3	11.0	0.3	Chapala, Jalisco	Presente estudio
	69							Barbour (1973)
<i>C. consocium</i>	69.6	97.3	49.8	3.4	10.9	1.0	Chapala, Jalisco	Presente estudio
		218.0						Barbour (1973)
		110.0	65.0				Chapala, Jalisco	Guzmán <i>et al.</i> (1995)
		80.0	51.0					Aguilera-Taylor <i>et al.</i> (2002)
	85.0	30.0	3.8	10.9	0.1	Chapala, Jalisco	Moncayo-Estrada <i>et al.</i> (2011b)	
<i>C. labarcae</i>	61.7	100.1	45.5	2.3	8.2	0.7	Chapala, Jalisco	Presente estudio
		85.0						Barbour (1973)
		70.0	50.0				Chapala, Jalisco	Aguilera-Taylor <i>et al.</i> (2002)
		70.0	44.0				Chapala, Jalisco	Moncayo-Estrada <i>et al.</i> (2011a)
	58.0	100.0	28.0	2.6	10.0	0.2	Chapala, Jalisco	Moncayo-Estrada <i>et al.</i> (2011b)
<i>C. chapalae</i>	66.7	91.2	44.9	2.9	8.8	0.4	Chapala, Jalisco	Presente estudio
		93.0						Barbour (1973)
		100.0	40.0				Chapala, Jalisco	Elizondo-Garza (1996)
<i>C. contrerasi</i>	66.9	99.3	38.2	3.3	1.3	0.3	Chapala, Jalisco	Presente estudio
		76.0						Barbour (1973)

Los resultados de la estructura de talla y peso en tiempo (meses) y espacio (localidades) evidencian variaciones que son aplicables para diagnosticar el estado de las poblaciones del recurso charal, ya que, se pudo observar que la mayor proporción de organismos de cinco especies se ubicaron en el intervalo de 65 a 68 mm Lp, excepto en *C. labarcae*, con intervalo de 56 a 59 mm de mayor frecuencia. Lo anterior es consistente al resultados del análisis de progresión modal en el que el segundo grupo modal 63-66 mm es el de mayor frecuencia y proporción en el global de las poblaciones del charal para el lago de Chapala durante el periodo de estudio. En el caso del peso total, siguió similar tendencia a la Lp, ubicando al intervalo de 2 a 3 g de forma consistente en cinco de las seis especies. Estos resultados podrían estar asociados a la inestabilidad ambiental que genera procesos de regulación denso-independientes, lo que ocasiona que fenómenos como el reclutamiento y la reproducción pueden variar entre años, afectando el vigor de las clases anuales y por ende las estructuras de tallas (López *et al.*, 2001). La frecuencia de las tallas en la longitud patrón

del presente estudio son superiores a lo reportado por Ibáñez *et al.* (2008) con *C. jordani* para el lago Meztitlán, Hidalgo y con lo reportado por Moncayo *et al.* (2011b) para el lago de Chapala, Jalisco, con *C. jordani* y *C. labarcae*

La relación talla-peso evidenció un crecimiento isométrico ($b = 3$) para las seis especies estudiadas, lo que permite inferir que a pesar de la presión, sea ambiental o antrópica, a la que son sometidas las especies del complejo charal en el lago de Chapala, su ritmo de crecimiento es constante y cuyas proporciones corporales no varían mucho durante el mismo. Estos resultados son similares a los reportados por Olvera *et al.* (2009) en el lago de Chapala, Jalisco y difieren con Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011) en Soyaniquilpan, Estado de México para la especie *C. jordani*. También, difieren con lo reportado por Elizondo-Garza (1996) en la misma área de estudio, quien determinó un crecimiento alométrico negativo para *C. chapalae* (Cuadro 8). Tales diferencias podrían estar asociadas a que, el valor de la constante b varía entre las especies, relacionado con alimentación, estado de madurez, factores ambientales, tamaño de la muestra y época del año (Tresierra y Culquichicón, 1993)

Las variaciones durante el ciclo anual, pasando de alométrico positivo a negativo ($b > 3.1$ y $b < 2.8$) reportadas, pueden ser utilizada como información adicional del estudio sobre ciclos estacionales de los procesos alimenticios y reproductivos (Braga, 1986; Lima-Junior *et al.*, 2002) y para analizar diferencias entre meses y años, especialmente cuando ha cambiado la dinámica de los cuerpos de agua, por lo que su estudio es muy importante para comprender el ciclo de vida de los peces, contribuyendo a su manejo adecuado y al mantenimiento del equilibrio del ecosistema (Lizama y Ambrósio, 2002). Los valores diferentes y alternantes del coeficiente de correlación están muy relacionados con el coeficiente de crecimiento, ya que, varían entre especies, entre poblaciones de la misma especie (Bagenal *et al.*, 1978) y entre las diferentes localidades. También, durante su ciclo de vida, los peces pasan por etapas bien definidas: larva, alevino o alevín, juvenil y adulto, y en cada una de éstas se caracteriza por una determinada relación longitud-peso (Tresierra y Culquichicón, 1995).

Para todas las especies del recurso charal el factor de condición presentó variaciones similares, aumentando a partir de noviembre de 2016 a enero de 2017, luego disminuye drásticamente a partir de febrero y vuelve a aumentar en abril 2017, estas variaciones podrían

estar relacionadas con la época reproductiva de las especies, ya que, este parámetro es un indicador cuantitativo del grado de bienestar de los peces referido a los ciclos estacionales de los procesos reproductivos y alimenticios (Lima-Junior *et al.*, 2002). De hecho, varios trabajos han demostrado que existe correlación positiva entre la acumulación de grasa corporal y la condición de los peces, ya sea como estrecha relación, directa o inversa, entre el desarrollo gonadal y la variación estacional del factor de condición (Chellappa *et al.*, 2003; Santos *et al.*, 2004). Las variaciones también podrían estar relacionadas a factores como el sexo, talla de los individuos capturados por la selectividad del arte de pesca, fases de crecimiento, época del año, ubicación geográfica, sitio y hora de captura, contenido estomacal, estado de madurez sexual y disponibilidad del alimento que afectan la magnitud de K (Ricker, 1975; Pauly, 1984; Rossi-Wongtschowski, 1977).

Por tal razón algunos resultados se asocian con la investigación de: Ibáñez *et al.* (2008) en el lago de Meztitlán, Hidalgo para *C. jordani*, quienes reportaron que el factor de condición (K) de machos y hembras muestra cambios en algunos meses; sin embargo, no fue posible relacionar esos cambios con ciclo reproductivo, donde, los valores más altos se observaron en diciembre de 2003, enero y mayo de 2004. Mientras que Elizondo-Garza (1996) en el lago de Chapala para *C. chapalae* con dos artes de pesca, ya sea red mangueadora o atarraya, estimó que K para los machos aumenta hasta mayo y disminuye en junio con una red mangueadora y con atarraya disminuye a principios de año. Mientras que las hembras presentan una disminución gradual a fin de cada año con red mangueadora y un aumento a principios de año y disminución en abril con atarraya, relacionando estos resultados con el inicio y el máximo de los desoves, así como la emigración de las hembras maduras a las orillas.

Sobre los parámetros de crecimiento del complejo charal se evidenció una variación entre especies, esto, debido a que los peces del género *Chirostoma* se reproducen todo el año, se ha observado además que la actividad reproductiva se hace más intensa en primavera. De esta manera al estar los charales en plena actividad reproductiva destinan toda la energía a la reproducción y no al crecimiento (Sánchez *et al.*, 2006), por eso en el comienzo el crecimiento es rápido, luego decrece suavemente, lo que concuerda con el comportamiento en las curvas de crecimiento. La variación leve en los parámetros se asocia con las diferencias en el hábitat y sus características ambientales particulares, como la temperatura superficial

del lago (Charnov y Gillooly, 2004), cambios en la disponibilidad, abundancia y calidad del alimento, así como la sobrepesca a las que están sometidas estas especies (Bravo, 2007).

Respecto al crecimiento, sólo se reportan estudios de *Chirostoma jordani* en Navarrete-Salgado (2017) y Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011) en Soyaniquilpan, Estado de México. Evidenciando el tamaño máximo de longitud asintótica y el coeficiente de crecimiento muy diferente a los de esta investigación (Cuadro 8), esto probablemente, a que el crecimiento de las especies en ambiente natural, se comporta de manera diferente al de estanque y embalses como es el caso de los resultados de estos autores, quienes realizaron sus investigaciones en un embalse denominado La Goleta y un estanque de cultivo denominado Guillermo Lagunes, en Soyaniquilpán.

Cuadro 8. Valores de los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy (1938) y Ricker (1975) para las especies del género *Chirostoma* por diferentes autores.

<i>Chirostoma</i> spp	von Bertalanffy (1938)					Ricker (1975)		Lugar	Autor
	L_{∞}	k	t_0	$A_{0.95}$	Φ'	a	b		
<i>C. jordani</i>	99.75	1.36	-0.08	2.28	4.1	0.007	2.94	Chapala, Jalisco	Presente estudio
						0.015	2.94	Xochimilco, Ciudad de México	Olvera <i>et al.</i> (2009)
	83.9	0.23	1.29		3.20			Soyaniquilpan, Estado de México	Navarrete-Salgado (2017)
	64.3	0.54	0.41		3.34			de México	
	64.0	0.58	0.41		3.37	0.049	2.71	Soyaniquilpan, Estado de México	Navarrete-Salgado y Contreras-Rivero (2011)
<i>C. arge</i>	100.5	1.60	-0.06	1.94	4.2	0.007	2.97	Chapala, Jalisco	Presente estudio
<i>C. consocium</i>	99.15	1.37	-0.08	2.26	4.1	0.007	2.97	Chapala, Jalisco	Presente estudio
<i>C. labarcae</i>	100.3	1.80	-0.06	1.72	4.2	0.008	2.87	Chapala, Jalisco	Presente estudio
<i>C. chapalae</i>	94.0	1.79	-0.06	1.73	4.1	0.008	2.89	Chapala, Jalisco	Presente estudio
								0.310	1.16
<i>C. contrerasi</i>	99.5	1.24	-0.09	2.50	4.0	0.005	3.13	Chapala, Jalisco	Presente estudio

La estimación de parámetros poblacionales tales como la mortalidad total, natural y por pesca es importante, y de mucha utilidad para el manejo pesquero, pero los resultados provenientes de un ambiente no son extrapolables a otro. Se considera conveniente que las estimaciones de parámetros poblacionales, tanto como los índices estructurales se determinen en forma anual y especialmente a posteriori de la aparición de eventos climáticos de alto impacto tales como sequías e inundaciones (López *et al.*, 2001).

Partiendo de la premisa de que una población alcanza su rendimiento óptimo cuando la fracción de muertes causada por la mortalidad total (Z), mortalidad natural (M) y mortalidad por pesca (F) está por encima de 0.5 (Gulland y Rosemberg, 1992), los valores

de Z y M fueron altos para todas las especies, al igual que los valores de F para *C. jordani*, *C. consocium*, *C. chapalae* y *C. labarcae*, estos resultados posiblemente estén relacionados por diferentes factores como: los parámetros ambientales, abundancia de depredadores y competidores existentes (Sparre y Venema, 1997), modificación del hábitat o alteraciones tróficas de las comunidades, enfermedades (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011) y el fuerte impacto de la pesca (Sparre y Venema, 1997). Para el caso de *Chirostoma labarcae* que mostró valores altos en los tres índices de mortalidad, se relaciona con que las cohortes de mayor talla continúan bajo alta presión por pesca y a factores naturales, evidenciado por el menor valor de sobrevivencia entre las especies de charal.

Con los valores de Z, M y F se estimó la tasa de explotación (E) para las diferentes especies del recurso charal siendo alta para *C. labarcae* (0.63/año), de acuerdo al valor óptimo $E=0.5$ con base en la ecuación de Gulland (1971), lo que se infiere que hay sobrepesca para esta especie. Lo anterior, sumado a las alteraciones que ha venido sufriendo el lago: pérdida de la superficie lacustre por extracción excesiva de agua para uso agrícola y consumo humano, deforestación y contaminación (Sandoval-Moreno y Ochoa-Ocaña, 2010) han afectado la dinámica poblacional de la especie. Por tanto, se debe introducir el ordenamiento de su pesquería a mediano plazo teniendo en cuenta que la pesca que se realiza en el lago de Chapala para el complejo charal es multiespecífica. La baja tasa de explotación de *C. jordani* ($E=0.07$ /año), *C. arge* ($E=0.19$ /año), *C. consocium* (0.39/año), *C. chapalae* (0.25/año) y *C. contrerasi* (0.20/año) indica que aún no hay sobrepesca sobre el recurso, además de que éste no es explotado desordenada o irracionalmente, todo esto teniendo en cuenta el valor óptimo de explotación. Los resultados obtenidos corresponden a las primeras estimaciones de mortalidades disponibles para el lago de Chapala.

Las tallas de captura indican que más del 50% de los individuos de las especies del complejo charal en el lago de Chapala están siendo reclutados a la pesquería por encima de la primera talla de captura establecida por la Norma Oficial (NOM-032-SAG/PESC-2015) (61 mm Lp; 75 mm Lt), con la excepción de *C. labarcae* que reporta el 52.3% de los individuos capturados por debajo de esta talla. Lo que quiere decir que la gran mayoría de las especies de charal presentan un aprovechamiento sostenible relacionado con el arte de pesca, siendo éste selectivo para los peces, por ejemplo, nasas y redes de enmalle con ojo de malla adecuados. Todo esto con la finalidad de que los individuos tengan la oportunidad de

crecer, reproducirse y así asegurar las poblaciones de los recursos en el futuro. Las diferencias entre tallas de captura para cada especie de esta investigación están relacionadas con la biología, el crecimiento, la edad de madurez sexual, además de las condiciones climáticas y la disponibilidad de su alimento en el medio donde crecen (Narváez *et al.*, 2013).

En cuanto a *C. labarcae* que reporta a más de la mitad de los individuos capturados por debajo de la talla establecida, está relacionado con que esta especie es soportada por individuos muy pequeños y muy jóvenes, lo que se traduce en sobrepesca al reclutamiento y al crecimiento (Bru-Cordero *et al.*, 2004), por lo que se infiere que la especie atraviesa una situación crítica que debe tomarse en cuenta por las entidades encargadas del manejo pesquero del lago de Chapala para introducir el ordenamiento de su pesquería.

CONCLUSIONES

El presente trabajo aporta información del estado actual que guardan las poblaciones de las especies de charal en el lago de Chapala, México, donde:

Por primera vez se reporta la participación de seis especies del género *Chirostoma* en la captura del recurso charal en el lago de Chapala: *Chirostoma contrerasi*, *C. chapalae*, *C. labarcae*, *C. consocium*, *C. arge* y *C. jordani*.

Se reporta el predominio de dos especies de *Chirostoma* aportando el 70% en las capturas del recurso charal en las condiciones ambientales de octubre 2016 y septiembre 2017, bajo la presión por pesca y actividad antrópica en el lago de Chapala, México.

Talla y peso de las poblaciones evaluadas son mayores a los reportados por otros autores para el lago de Chapala y otros embalses similares de México.

La distribución de frecuencia de talla y peso mostró que el mayor número de organismos estuvo entre 65-68 mm Lp y 2.0 a 3.0 g Pt.

El tipo de crecimiento para el complejo charal en el lago de Chapala es isométrico y es consistente a lo reportado para otros embalses de México.

El factor de condición presentó un pico alto en enero de 2017 para *C. jordani*, *C. arge*, *C. consocium* y *C. chapalae* evidenciando diferencias significativas entre localidades y meses de muestreo por especies.

Los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy estimados en las poblaciones de las seis especies de charal son diferentes a los reportados para otros embalses de México.

La mortalidad Z y M estimadas fueron altas para todas las especies relacionadas con la cantidad de depredadores y competidores existentes. La tasa de explotación fue baja para las especies del complejo charal con excepción de *C. labarcae* (0.63 año^{-1}).

Las tallas de reclutamiento (L_{p_r}) y de primera captura (L_{p_c}), indicaron que las especies del complejo charal en el lago de Chapala están siendo reclutados a la pesquería por encima de la primera talla de captura establecida por la Norma Oficial (2015) con excepción de *C. labarcae* ($L_{p_r} = 56.6 \text{ mm}$; $L_{p_c} = 59.8 \text{ mm}$).

CAPÍTULO II

ACTIVIDAD REPRODUCTIVA DEL CHARAL *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) Y *Chirostoma arge* (Jordan & Snyder, 1899) EN EL LAGO DE CHAPALA, MÉXICO

INTRODUCCIÓN

En México, coloquialmente son identificados como charal a las especies *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894) y *Chirostoma arge* (Jordan & Snyder, 1899); pertenecientes a la clase: Aoptinopterygii; orden: Atheriniformes; familia: Atherinopsidae y género: *Chirostoma* (Hernández, 2008); peces de origen marino que invadieron durante el periodo terciario la parte meridional de la Meseta Central de la Altiplanicie Mexicana, poblando ríos y lagos (Demant y Robin, 1975). Dentro de los lagos se puede destacar a Chapala, complejo importante que dio origen a una importante biodiversidad íctica (NOM-032-SAG/PESC-2015) y además representa la fuente de alimentación, desove y área de desarrollo de diferentes especies de peces (CONANP, 2008), de las cuales se destacan las de objeto de estudio por su importancia en el total de las capturas (Moncayo-Estrada *et al.*, 2011a; CONANP, 2008).

Chirostoma jordani posee la más amplia distribución de las especies del complejo charal (Barbour, 1973; Miller *et al.*, 2005). Según Miller *et al.* (2005), la especie habita en aguas claras, turbias o fangosas de lagos, ríos y canales, a profundidades hasta de 1 m, los ejemplares juveniles miden de 9 a 14 mm de longitud patrón, el periodo reproductivo es de finales de febrero a mediados de mayo y la máxima longitud patrón conocida es de 91 mm. La talla de primera madurez registrada es de 43 mm de longitud patrón (Ibáñez *et al.*, 2008). Además, es una especie que se alimenta principalmente de cladóceros y copépodos y en menor proporción de rotíferos, hemípteros y presa de peces frecuentes (Moncayo-Estrada *et al.*, 2011a).

Chirostoma arge se distribuye de lado del Pacífico, en los tributarios de las cuencas del bajo río Lerma y el alto del río Verde y el lago de Chapala. Habita en arroyos, lagos y estanques alimentados por manantiales, a menudo en aguas turbias; corrientes, fondo firme, arena, arcilla, lodo y roca, a profundidades de 1.5 m. La máxima longitud patrón es de 69

mm (Barbour, 1973; Miller *et al.*, 2005). Además, es una especie poco conocida, reportada por la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (IUCN) como vulnerable.

Estas especies además de representar una riqueza ictiológica que es necesario preservar, durante siglos han sido fuente importante de proteínas y un recurso de alto valor económico para las poblaciones rurales que subsisten de la pesquería de ellas (Barriga-Sosa, 2003). Sin embargo, actualmente estas dos especies junto con las otras cuatro del grupo *Arge* se encuentran en peligro aunado a la sobreexplotación pesquera por la demanda que tienen estos organismos, ocasionando una explotación desmedida enfocada a todas las clases de tallas, que trae consigo, una reducción notable de los tamaños poblacionales del charal (Martínez-Palacios *et al.*, 2002). La degradación del hábitat es otro factor que influye en esta problemática, en su mayoría por actividades antrópicas como las descargas de los asentamientos humanos, deforestación, agricultura, ganadería y la industria (Saunders *et al.*, 2002). Al igual que la presión que ejercen las especies que han sido introducidas en los sistemas dulceacuícolas mexicanos (Contreras-Balderas *et al.*, 2008) provocando que las poblaciones nativas puedan ser desplazadas ya sea por competencia directa, depredación, transmisión de enfermedades, modificación del hábitat o alteraciones tróficas de las comunidades (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011). Los cambios del nivel del agua en los lagos también afectan las poblaciones de charal, cambiando los factores fisicoquímicos como la temperatura y turbidez repercutiendo en la abundancia y el patrón dominante de las especies (Guzmán *et al.*, 1995; Lévêque, 1997; Moncayo *et al.*, 2011b).

Dentro de la información disponible de la actividad reproductiva, la mayoría son de *Chirostoma jordani*, ya que, *Chirostoma arge* es una especie poco conocida. Se destacan las siguientes: Hernández (1993) reporta una fecundidad con un número mínimo de ovocitos de 564 y máximo de 1,102 de *Chirostoma jordani* en el embalse Macuá, Estado de México. Navarrete (1994) establece que *C. jordani* se reproduce durante todo el año con picos reproductivos de marzo a septiembre y un número mínimo y máximo de ovocitos (745-1,870) en el Estado de México. Navarrete y Fernández (1995), en el embalse Macuá, estimaron una proporción 3:1, cargada hacia los machos. Cárdenas y Barrera (1998), en la represa de Corrales, Estado de Hidalgo describieron la morfología y la ultraestructura del testículo del charal *Chirostoma jordani*. Aguilera-Taylor *et al.* (2002) determinaron una proporción sexual 1:1 y picos reproductivos en invierno en el lago de Chapala de tres especies de charales

(*Chirostoma jordani*, *Chirostoma consocium* y *Chirostoma labarcae*). Ibáñez *et al.* (2008), establecieron que *C. jordani* de la laguna de Meztitlán presenta reproducción de abril a julio y de noviembre y diciembre, la talla a la primera madurez sexual de 43 mm y una proporción de sexos a favor de las hembras. Olvera *et al.* (2009), en el lago de Xochimilco, identificaron una proporción sexual H1.5:M1, época reproductiva entre enero y mayo, talla media de madurez sexual de 48 y 55 mm para hembras y machos respectivamente y un mínimo (143) y máximo (952) de ovocitos que varía en función del sitio en donde habita la especie *Menidia jordani*. Por último, Navarrete-Salgado (2017), en la laguna de Meztitlán, estimó la época reproductiva de *Chirostoma jordani* donde las hembras presentaron su mayor madurez sexual en mayo, junio, julio y noviembre y los machos en junio, julio y noviembre, además de una proporción sexual 1:1.

Debido a lo anterior, el presente estudio pretende evaluar la actividad reproductiva del charal en el lago de Chapala, México, durante un ciclo anual, determinando para cada población su proporción de sexos, estadios de madurez en gónada, época de máxima madurez y desove, y la talla mínima y media de madurez sexual, que permita aportar y sobre todo, actualizar la información sobre su ciclo reproductivo en las poblaciones de mayor captura de este ecosistema lacustre.

MATERIALES Y MÉTODOS

Trabajo de campo

Con el apoyo de pescadores de la localidad de San Pedro de Itzicán, Chapala, Ajijic, San Luis Soyatlán, Mismaloya y Petatán, ubicadas en la ribera del lago de Chapala, México, se obtuvo una muestra de aproximadamente 500 organismos entre octubre 2016 y septiembre 2017, utilizando como arte de pesca la nasa, con una abertura de malla de 10 mm y la red fija, con una abertura de malla de 51 mm. La muestra fue conservada en frío a menos de 4 °C en hielera y trasladada al Laboratorio de Ecosistemas Marinos y Acuicultura (LEMA) del Departamento de Ecología del CUCBA de la Universidad de Guadalajara.

Trabajo de laboratorio

Cada muestra fue lavada con abundante agua, para la separación y determinación por especie mediante técnicas tradicionales o claves taxonómicas de Barbour (1973) y Miller *et al.* (2009); después de su clasificación a especie los individuos fueron conservados en formol al 10% durante 24 horas para la fijación y conservados en etanol al 70%. De la muestra total de las especies *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge*, especies frecuentes y abundantes, se tomó una submuestra de 50 organismos, realizando el registro de la longitud patrón (Lp) al milímetro más cercano con la ayuda de un vernier digital y el peso total y eviscerado con una balanza de sensibilidad de 0.0001 g. Además, los ejemplares se disectaron para extraer y pesar gónada e hígado y determinar el sexo y grado de madurez gonadal, a través de la observación macroscópica de las gónadas. Para la asignación de los estadios de madurez se siguió el criterio de Nikolsky (1963) (Cuadro 9).

Cuadro 9. Descripción macroscópica de las características morfológicas de las gónadas en hembras y machos según el estadio de madurez de acuerdo a Nikolsky (1963).

Estadios	Descripción
I: Inmaduros	Los órganos sexuales son apenas perceptibles. Se observan como dos filamentos adheridos entre la vejiga natatoria y el eje vertebral en la zona media de la cavidad visceral. La identificación sexual es difícil a simple vista,

	indicando un estado de reposo reproductivo y/o una edad temprana. A estos organismos se les clasifica como indeterminado.
II: Maduración	Presentan órganos pequeños y filamentosos protegidos por una envoltura adiposa y translúcida donde la irrigación sanguínea no es visible. Los ovarios son finos y redondeados, con una leve coloración rosácea; los ovocitos no son visibles a simple vista. Los testículos son finos, aplanados y con una tonalidad blanquecina.
III: Madurando	Las hembras presentan gónadas translúcidas con ovarios en maduración con colores naranja a rosáceo dependiendo la especie. La irrigación sanguínea y el tejido granuloso se manifiesta poco. Los machos tienen gónadas opacas. En ambos casos las gónadas son de mayor tamaño que en el estadio anterior.
IV: Maduros	Se presentan gónadas voluminosas que ocupan hasta dos tercios de la cavidad visceral. La irrigación sanguínea perfectamente visible, abundante y ramificada. Los ovarios son grandes y de color amarillento-rojizo y los ovocitos son opacos, visibles a simple vista y presentan tejido granuloso. Los testículos son blanco-cremoso, ligeramente vascularizados y con semen denso.
V: Desovados	Las gónadas ocupan un volumen mayor a dos tercios de la cavidad visceral. Hay irrigación abundante y capilares muy ramificados. Los ovocitos son translúcidos y visibles a simple vista y se desprenden con facilidad al presionarlos. Los testículos son blandos, semen fluido, sacos seminales vacíos o en contracción.

Análisis de datos

Proporción sexual

Se obtuvo de acuerdo con la relación hembra / hembra + macho por mes. El grado de significancia de la proporción sexual fue establecido empleando una prueba de Chi cuadrado (X^2) con $p= 0.05$ (Zar, 1996).

Estadios de madurez sexual

Se determinaron mediante la observación macroscópica de las gónadas de acuerdo con escala de Nikolsky (1963); para establecer la época de reproducción se realizó un análisis estacional de las proporciones de los diferentes estadios de maduración sexual.

Análisis de índices somáticos

Se determinó el índice gonadosomático (IGS) y el índice hepatosomático (IHS) de acuerdo a la relación del peso de la gónada y del hígado respecto al peso total de cada organismo, siguiendo los procedimientos propuestos Introzzi y De Introzzi (1986).

$$\text{IGS} = (\text{peso de la gónada} / \text{peso del ejemplar}) \times 100.$$

$$\text{IHS} = (\text{peso del hígado} / \text{peso del ejemplar}) \times 100.$$

Factor de condición (K)

Se estimó mediante la fórmula de Clark (1928) para cada sexo y muestreo por medio de la relación:

$$K = P/Lp^{b*100}$$

Dónde: P es el peso total, Lp la longitud del pez y *b* constante de crecimiento.

Talla mínima de madurez

Se aplicó una regresión lineal simple entre el peso de las gónadas y la longitud patrón de las hembras y machos maduros estadios III, IV-V (Barba, 1990) y con base en la frecuencia acumulada, se determinó la talla mínima de primera madurez, siendo la talla en la que el 25% de la población (L_{25}) presenta fase de reproducción.

Talla media de madurez sexual

Se estimó construyendo una curva de frecuencia acumulada relativa de todas las hembras y machos maduros en estadios III, IV y V. El análisis de la talla se determinó sobre

la base del 50% (L_{50}) de la fracción de individuos maduros (Arancibia *et al.*, 1994), utilizando la ecuación logística de Echeverría (1987):

$$Pi = (1 / (1 + \exp^{(r * (Lp - lm))})$$

Dónde: Pi es la proporción de hembras maduras, Lp la longitud patrón, r y lm son constantes.

Datos estadísticos

Con el Software estadístico SigmaStat V3.5 (2007), se determinó la significancia estadística del factor de condición, índice gonadosomático y hepatosomático por mes de muestreo y localidad, aplicando el análisis de varianza de una vía (F), cuando los datos presentaron una distribución de frecuencias normal y la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis (H) en caso contrario. Cuando se encontraron diferencias significativas se aplicó la prueba de comparaciones múltiples de Tukey. Además, se transformaron los datos en logaritmo base 10 (Log_{10}) cuando los datos no cumplieron con el supuesto de normalidad de Kolmogorov-Smirnov.

RESULTADOS

Las poblaciones de charal de mayor frecuencia y abundancia (biomasa) en el lago de Chapala, México de octubre de 2016 a septiembre de 2017 fueron *Chirostoma jordani* y *C. arge*. Estas especies fueron seleccionadas para realizar el análisis de la actividad reproductiva del charal en el presente estudio. De ambas se analizaron 6,671 organismos, 3,479 de la primera especie y 3,195 de la segunda especie. La estructura tallas en *C. jordani* estuvo comprendida entre 50.7 a 97.5 mm, con un promedio de 70.8 mm (± 6.3) de longitud patrón (Lp) en hembras y en machos osciló de 43.4 a 8.7 mm, con un promedio de 65.2 mm (± 5.4). En el caso de *C. arge* la longitud patrón osciló entre 48.1 a 97.9 mm con un promedio de 72.8 mm (± 6.9) en hembras y en machos fue de 41.7 a 91.9 mm y promedio de 66.3 mm (± 5.8). Para el peso total (Pt) en *C. arge* estuvo entre 0.6 a 11g y un promedio de 4.3 g (± 1.3) en hembras y en machos osciló entre 0.3 a 9.4, con promedio de 3.2 g (± 1.09). En *C. jordani* el Pt estuvo comprendido entre 0.9 a 10 g con promedio de 3.8 g (± 1.1) en hembras y en machos el rango de Pt fue entre 0.5 a 7.8 g, con promedio de 3.0 g (± 1.1).

Proporción sexual

Para ambas especies la razón o relación general fue significativamente mayor hacia los machos, según la prueba de X^2 ($p < 0.05$), aunque entre meses y sitios ésta fue diferente al patrón general en al menos una de las especies (Cuadro 9). En *C. jordani* la relación se inclina de manera significativa hacia los machos en octubre y diciembre de 2016 y enero, junio y julio de 2017; y entre los sitios este patrón fue evidente en Ajijic, Chapala y San Pedro de Ítzican, ya que la relación fue 1:1 en los sitios de Petatán y Mismaloya (Cuadro 10). Para la población de *C. arge* la relación se inclinó significativamente hacia los machos de octubre de 2016 a febrero de 2017 y de mayo a julio de 2017, ya que el resto de los meses la proporción fue 1:1 (Cuadro 9); mientras que entre sitios, es similar a *C. jordani*, los machos fueron más abundantes en Ajijic, Chapala y San Pedro de Ítzican. En cuanto al dominio de las hembras sobre los machos sólo se pudo observar esta condición en el mes de agosto de 2017 para *C. jordani* y en la localidad de San Luis Soyatlán para ambas especies (Cuadro 11).

Cuadro 10. Número de individuos por sexo y relación macho (m):(h) hembra de las poblaciones del charal *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge* de octubre de 2016 a septiembre de 2017 en el lago de Chapala, México. h= hembras, m= machos, p= nivel de significancia.

Meses	<i>Chirostoma jordani</i>						<i>Chirostoma arge</i>					
	n	m	h	Relación m:h	X ²	p	n	m	h	Relación m:h	X ²	p
Oct	250	164	86	1.9:0.5	24.336	p=0.00	19	16	3	5.3:0.1	8.894	p=0.00
Nov	250	128	122	1.0:0.9	0.144	p=0.70	176	106	70	1.5:0.6	7.363	p=0.00
Dic	296	177	119	1.4:0.6	11.365	p=0.00	300	193	107	1.8:0.5	24.653	p=0.00
Ene	300	190	110	1.7:0.5	21.333	p=0.00	300	229	71	3.2:0.3	83.213	p=0.00
Feb	300	155	145	1.0:0.9	0.333	p=0.56	300	173	127	1.3:0.7	7.053	p=0.00
Mar	289	147	142	1.0:0.9	0.086	p=0.76	300	153	147	1.0:0.9	0.12	p=0.72
Abr	291	142	149	0.9:1.0	0.168	p=0.68	300	139	161	0.8:1.1	0.161	p=0.20
May	300	165	135	1.2:0.8	3	p=0.08	300	167	133	1.2:0.7	3.853	p=0.04
Jun	300	194	106	1.8:0.5	25.813	p=0.00	300	184	116	1.5:0.6	15.413	p=0.00
Jul	300	191	109	1.7:0.5	22.413	p=0.00	300	197	103	1.9:0.5	29.453	p=0.00
Ago	300	131	169	0.7:1.2	4.813	p=0.02	300	151	149	1.0:0.9	0.013	p=0.90
Sep	300	138	162	0.8:1.1	1.92	p=0.16	300	149	151	0.9:1.0	0.013	p=0.90
General	3,476	1,922	1,554	1.2:0.8	38.959	p=0.00	3,195	1,857	1,338	1.3:0.7	84.307	p=0.00

Cuadro 11. Número de individuos por sexo y relación macho (m):(h) hembra de las poblaciones del charal *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge* en las seis localidades de captura en el lago de Chapala, México. n= número de organismos, h= hembras, m= machos, p= nivel de significancia.

Localidades	<i>Chirostoma jordani</i>						<i>Chirostoma arge</i>					
	n	m	h	Relación m:h	X ²	p	n	m	h	Relación m:h	X ²	p
Ajijic	600	401	199	2.0:0.4	68.01	p=0.00	550	411	139	2.9:0.3	134.52	p=0.00
Chapala	600	396	204	1.9:0.5	61.44	p=0.00	552	372	180	2.0:0.4	66.782	p=0.00
Mismaloya	491	233	258	0.9:1.1	1.272	p=0.25	500	242	258	0.9:1.0	0.512	p=0.47
Petatan	596	278	318	0.8:1.1	2.684	p=0.10	535	280	255	1.0:0.9	1.168	p=0.27
San Luis Soyatlan	600	261	339	0.7:1.2	10.14	p=0.00	530	228	302	0.7:1.3	10.332	p=0.00
San Pedro de Itzican	589	353	236	1.4:0.6	22.88	p=0.06	528	324	204	1.5:0.6	27.272	p=0.06
General	3476	1922	1554	1.2:0.8	38.96	p=0.00	3195	1857	1338	1.3:0.7	84.307	p=0.00

Estadios de madurez sexual

Chirostoma jordani y *C. arge* aunque siguieron pautas similares en el desarrollo de la gónada durante el periodo de estudio en el lago de Chapala, se evidencian diferencias por especie. En *C. jordani* son evidentes los desoves (estadio V) en el ciclo anual estudiado, con un pico máximo que se extendió de mayo a septiembre de 2017 y una proporción mínima con desoves en enero, marzo y abril de 2017 ($p < 0.05$); en machos se presentó incrementos

en octubre de 2016, febrero, abril y un máximo en agosto de 2017. La proporción de hembras maduras o estadio IV se extiende desde noviembre de 2016 hasta abril de 2017 y en machos hasta mayo. El periodo de descanso o recuperación en la gónada de ambos sexos fue a partir de junio y hasta septiembre de 2017.

Las fases del desarrollo gonadal de hembras y machos de *C. jordani* a través del periodo de estudio muestran que el estadio inmaduro presentó valores altos desde junio a septiembre de 2017 para ambos sexos, mientras que el estadio en maduración, tuvo sus valores máximos en los meses de diciembre 2016 a marzo y agosto de 2017 en las hembras y en noviembre 2016, enero, marzo y abril 2017 en los machos. En el caso del estadio III o madurando se registraron valores altos en los meses de noviembre y diciembre de 2016 y de febrero a abril de 2017 en hembras y en noviembre y diciembre de 2016 y de enero a mayo de 2017 en machos. Las gónadas maduras (IV) también se observaron a lo largo del periodo de estudio con una frecuencia muy alta en enero, febrero y abril 2017 para las hembras y diciembre 2016, enero, abril y mayo 2017 para los machos. El mayor número de organismos desovados (V) que representa el pico de máximo desove advertido, se registró en octubre de 2016, mayo, junio y agosto de 2017 en hembras y octubre de 2016, febrero, abril y agosto de 2017 (Figura 8).

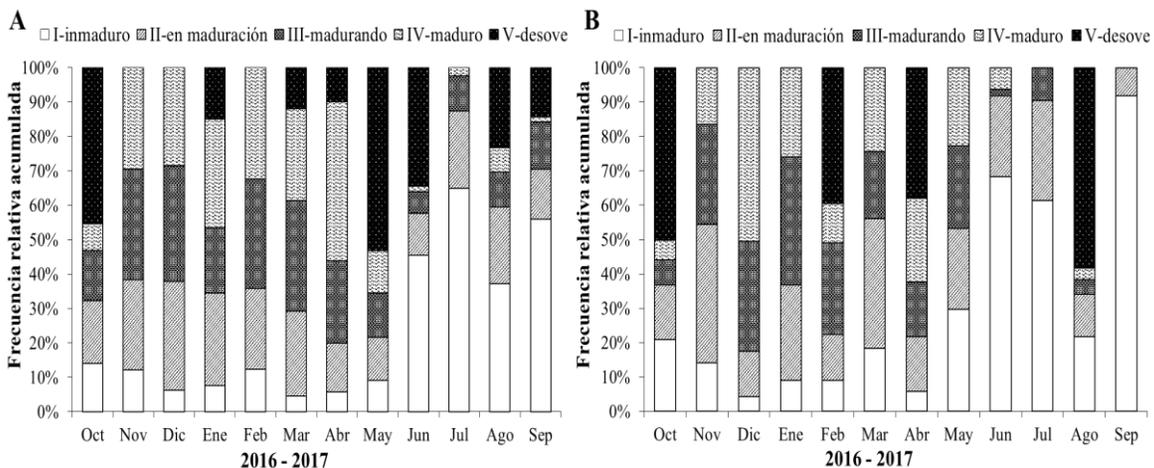


Figura 8. Estadios de madurez en gónadas de hembras (A) y machos (B) en *Chirostoma jordani* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017.

El periodo de máximo desarrollo de la gónada en *C. arge*, es decir, mayor proporción de la población en estadio IV (maduro) se extendió de octubre-noviembre de 2016 hasta marzo-abril de 2017 en ambos sexos, mientras que el pico reproductivo o desove (estadio V) se registró entre marzo y abril en ambos sexos (Figura 9). Para continuar con el proceso de recuperación o descanso de la gónada a partir de junio a septiembre, cuando se incrementa la proporción del estadio I y II en la población. La maduración o estadio III fue amplio en tiempo, ya que se extendió en hembras de noviembre 2016 hasta abril de 2017 y de octubre de 2016 a enero-febrero de 2017 en machos.

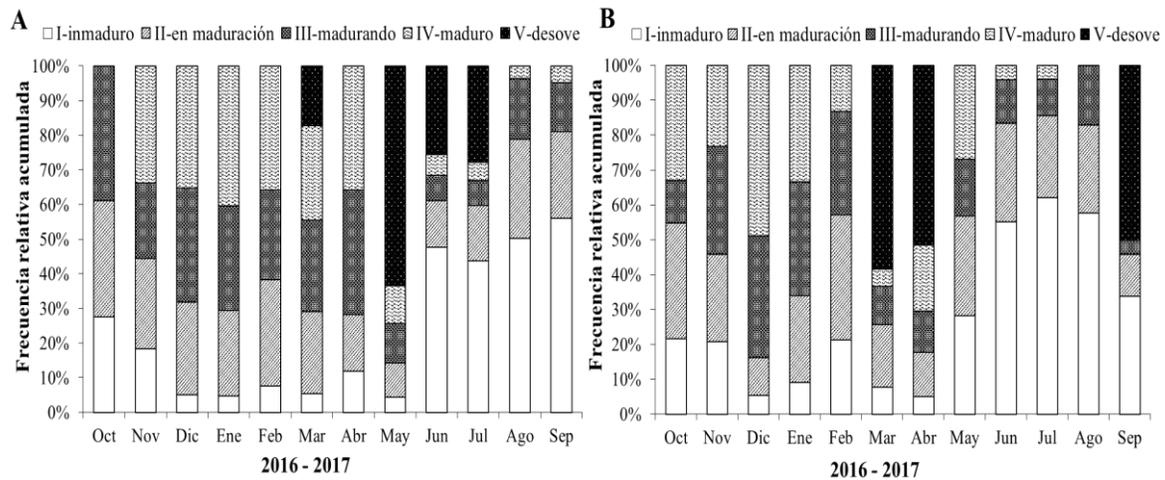


Figura 9. Estadios de madurez en gónadas de hembras (A) y machos (B) en *Chirostoma arge* en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre de 2017.

Índice gonadosomático (IGS)

La variación mensual del IGS en hembras y machos de ambas especies presentó incrementos significativos de enero a mayo de 2017 según el análisis de varianza de una vía y la prueba *a posteriori* de Tukey ($p < 0.001$). Las hembras de ambas especies evidencian mayor dispersión de los valores promedio del IGS con respecto a los machos (Figura 10).

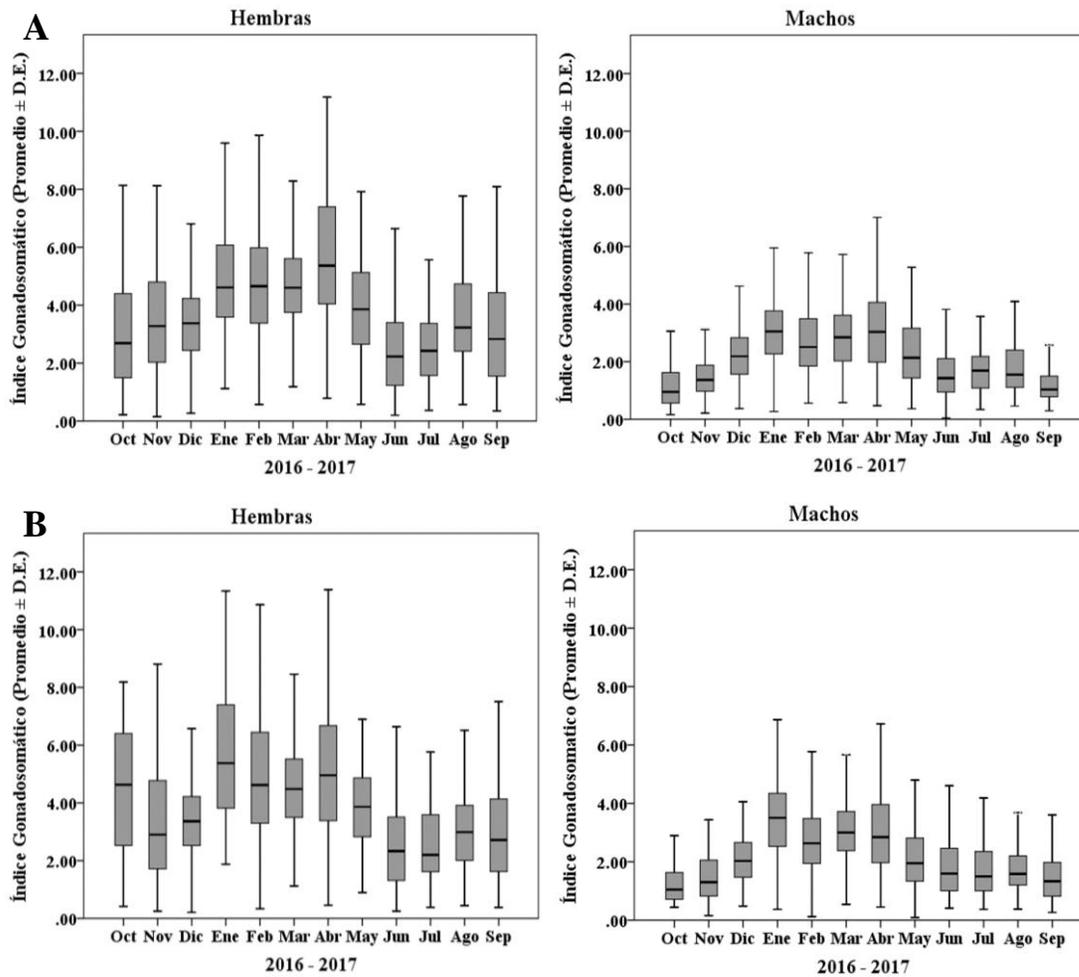


Figura 10. Variación mensual del índice gonadosomático (IGS) en hembras y machos de *Chirostoma jordani* (A) y *Chirostoma arge* (B) en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Índice hepatosomático (IHS)

La variación mensual del IHS en hembras y machos de ambas especies entre octubre de 2016 y septiembre de 2017 mostró un patrón inverso al del IGS de manera clara en los machos, ya que los valores promedio se incrementan significativamente de mayo a septiembre y disminuyen de noviembre de 2016 a abril de 2017 (Figura 11), según el análisis de varianza de una vía en *C. jordani* ($F= 3.97$; $gl= 11$; $p < 0.001$) y en *C. arge* ($F= 2.78$; $gl= 11$; $p < 0.005$), y la prueba *a posteriori* de Tukey ($p < 0.001$). En el caso de las hembras para las dos especies, el patrón de variación promedio mensual del IHS es poco claro, sin embargo, éste disminuye de enero a marzo de 2017, según el análisis de varianza de una vía en *C.*

jordani ($F= 2.91$; $gl= 11$; $p < 0.004$) y según la prueba de Kruskal-Wallis para *C. arge* ($H= 28.61$; $gl= 11$; $p < 0.003$).

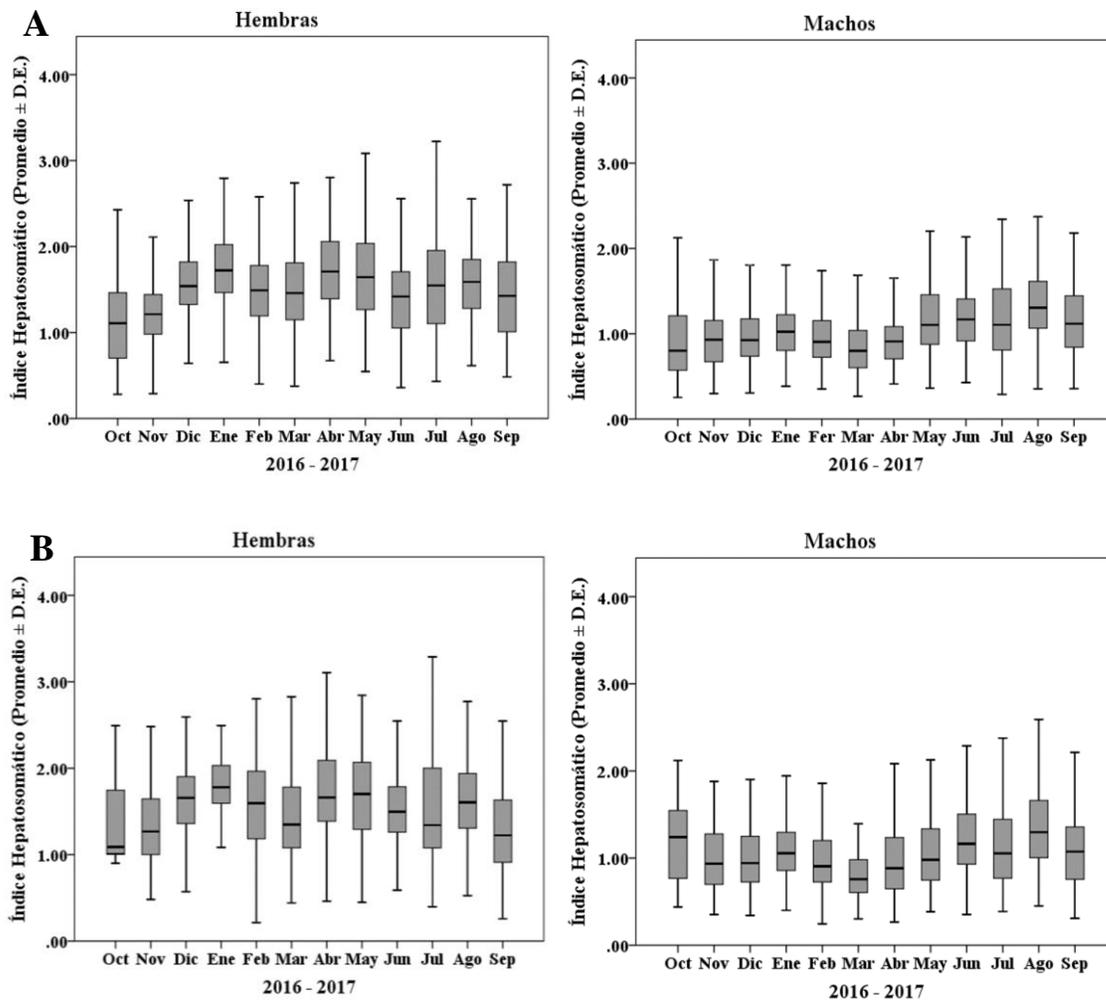


Figura 11. Variación mensual del índice hepatosomático (IHS) en hembras y machos de *Chirostoma jordani* (A) y *Chirostoma arge* (B) en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Factor de condición (K)

La variación mensual de los valores promedio de K en hembras y machos de ambas especies presentó un incremento significativo de noviembre 2016 a mayo 2017, según el análisis de varianza de una vía y la prueba *a posteriori* de Tukey en hembras ($F= 9.448$; $gl= 11$; $p < 0.001$) y machos ($H= 28.617$; $gl= 11$; $p < 0.003$) de *Chirostoma arge* y en hembras ($F= 6.846$; $gl= 11$; $p < 0.001$) y machos ($F= 3.912$; $gl= 11$; $p < 0.001$) de *C. jordani*. Además,

se evidencia un decremento de K a partir de junio a septiembre para ambos sexos de ambas especies (Figura 12).

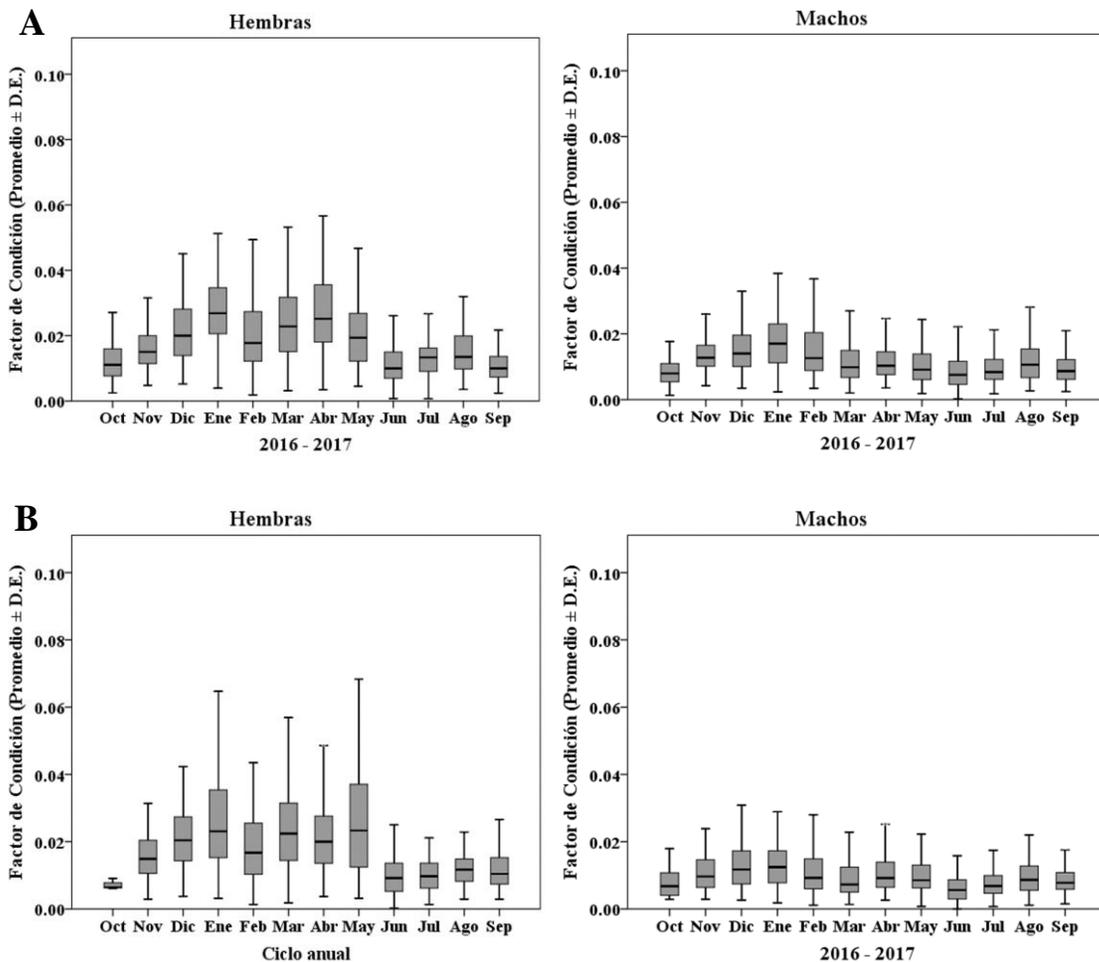


Figura 12. Variación mensual del factor condición (K) en hembras y machos de *C. Chirostoma jordani* (A) y *Chirostoma arge* (B) en el lago de Chapala, México, de octubre 2016 a septiembre 2017.

Talla mínima y media de madurez sexual

En la figura 13, se observa que los machos inician el proceso de madurez a menor talla que las hembras o que las mismas maduran más tardíamente que los machos para las dos especies. En este sentido, se registró para machos de *C. jordani* una talla mínima de 69.6 mm Lp y media de 75.1 mm Lp y para hembras de 70.5 mm Lp y 78.0 mm longitud patrón. En el caso de los machos de *C. arge* se observó que éstos inician el proceso de madurez a

una talla de 70.7 mm Lp y maduran a los 77.8 mm Lp y las hembras a los 71.8 mm Lp y 80.4 mm de longitud patrón.

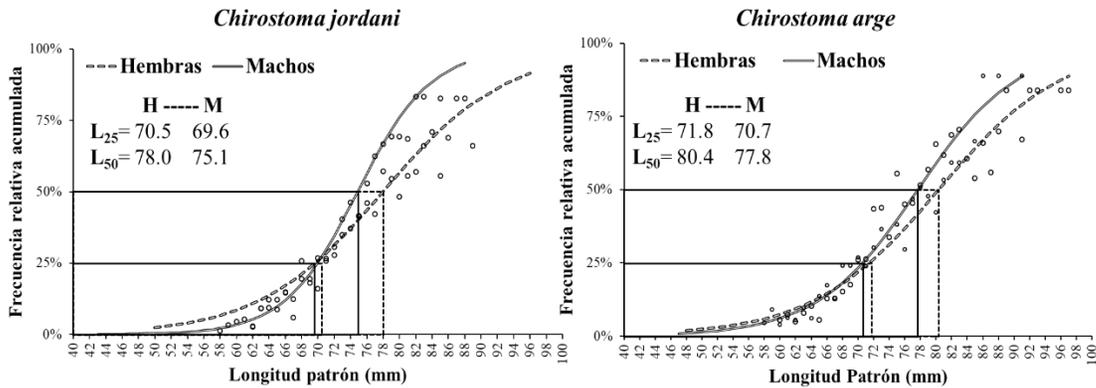


Figura 13. Longitud patrón mínima (L_{25}) y media (L_{50}) de madurez sexual estimada en hembras y machos de *Chirostoma jordani* (gráfico izquierdo) y *Chirostoma arge* (gráfico derecho) en el lago de Chapala, México, de octubre de 2016 a septiembre de 2017.

DISCUSIÓN

Las especies *Chirsotoma jordani* y *Chirostoma arge* resultaron ser las especies más capturadas de la pesquería de charal con base a su aportación en biomasa de sus capturas en el lago de Chapala de octubre de 2016 a septiembre de 2017, reportado por el capítulo I del presente trabajo “Evaluación de la estructura poblacional del charal en el lago de Chapala”. Por lo anterior, estas dos especies fueron seleccionadas para analizar la actividad reproductiva y además representan al complejo charal, compuesto por seis especies.

La relación o proporción hembra : macho en ambas especies de charal fue hacia los machos en general, aunque con algunas variaciones en los meses, sitios de muestreo y especie de charal. Estos resultados posiblemente estén relacionados, dado que, la población de estas especies para el lago de Chapala está constituida principalmente por machos (Guzmán *et al.*, 1995) o que la determinación sexual está influenciada por el ambiente, en particular por la temperatura (Conover y Heins, 1987), también, a la segregación por sexo en ciertos lugares de lago. Esta proporción además puede variar considerablemente en poblaciones de una misma especie entre distintos años, debido a las fluctuaciones por la disponibilidad de alimento (Nikolsky, 1963), épocas de reproducción, mortalidad diferencial, selectividad de las artes de pesca y la diferente ocupación del hábitat de machos y hembras (Vazzoler, 1996). Para *Chirsotoma arge* se reporta por primera vez esta proporción de sexos, donde la proporción estuvo cargada hacia los machos también (1.3:0.7).

En cuanto a *C. jordani* el predominio hacia los machos coincide con lo reportado por Navarrete y Fernández (1995) en el embalse Macuá, Estado de México, donde esta especie reporta una relación de 3:1. Aunque difiere con lo reportado por Ibáñez *et al.* (2008) en el lago de Meztitlán, Estado de México, donde obtuvieron un número mayor de hembras al de los machos, y con Olvera *et al.* (2009), en el lago Xochimilco (H:1.5/M:1) (Cuadro 12).

El análisis de los estadios de madurez de gónada en ambas especies indicó que existe una mínima proporción de hembras y machos lista para reproducirse, es decir, presentan reproducción continua. Lo anterior, coincide con lo reportado por varios autores, como Navarrete (1994) en embalses del Estado de México, quien registró reproducción durante todo el año para *Chirostoma jordani*, y también es similar a lo reportado por Guzmán *et al.* (1995), pero con *Chirostoma consocium* para el lago de Chapala. Este fenómeno es consistente en diversos grupos taxonómicos de vertebrados e invertebrados de latitudes

tropicales, ya que al parecer, las condiciones ambientales, como la temperatura, son constantes y presentan ligeras variaciones durante el ciclo anual (King, 1995); sin embargo, también se presenta el escenario, en que diversas especies tropicales muestran periodos cortos o picos sincrónicos en sus desoves (King, 1995; Sparre y Venema, 1997). En ese sentido, los eventos de máximo desarrollo de la gónada (estadio IV), desove (estadio V), periodo de descanso de *C. jordani* y *C. arge* están bien definidos, desoves de marzo a abril, con un periodo de descanso en gónada (estadio I, II, y III) de junio a octubre. Este patrón de actividad reproductiva coincide con el estudio de Olvera *et al.* (2009) para *C. jordani* en el embalse de Xochimilco, Estado de México, que reporta de enero a mayo la época de máxima madurez y desove. Así como con Ibáñez *et al.* (2008) y Navarrete-Salgado (2017) para la laguna de Mezquitlán, Estado de México, quienes reportan pico reproductivo, máxima madurez y desove, de abril a julio y otro entre noviembre-diciembre. Igualmente para Navarrete (1994) y Navarrete y Fernández (1995) para el embalse Macuá, Estado de México, reportan épocas reproductivas de marzo a septiembre. Para el lago de Chapala sólo se tienen reportes de periodos de actividad reproductiva (desoves) para *C. jordani* de Aguilera-Taylor *et al.* (2002) y *C. consocium* de Guzmán *et al.* (1995) (Cuadro 12).

Las condiciones metabólicas determinadas con la estimación del índice gonadosomático (IGS), índice hepatosomático (IHS) y el factor de condición (K) en hembras y machos de los charales *Chirostoma arge* y *Chirostoma jordani* en el lago de Chapala durante el periodo de estudio mostraron un patrón similar, con incrementos significativos a partir de enero hasta mayo y un periodo de descanso y/o restauración fisiológica de junio a septiembre después del gasto energético previo y durante el máximo desarrollo de la gónada y el desove. Con claros desfases entre indicadores, ya que el incremento del IHS inició desde octubre-noviembre para descender a partir de febrero, mes en el cual el IGS y K ya son evidentes en registrar su máximos valores hasta mayo. Esto sugiere que a medida que se desarrolla la gónada para llegar al máximo, se utiliza la energía almacenada en diversos aparatos y sistemas del organismo, como el hígado y músculo para llevar a cabo el acto reproductivo, sin embargo se recuperan nuevamente de igual manera que vuelve a aumentar el IHS, siguiendo esta tendencia a lo largo del año (Martín-Cruz, 2013), como se observó en ambos sexos de estas especies en el lago de Chapala. El IHS está relacionado con la reserva de lípidos y glucógenos, los cuales varían en función del balance entre depósitos provenientes

de la ingesta o la transferencia desde otros órganos de reserva y los egresos por la demanda gonadal (Love, 1970). Para el caso de los machos de las dos especies, el hecho de que el IHS tienda a mantenerse estable y variar en algunos meses en comparación con las hembras, puede deberse a que los machos utilizan menos energía para la reproducción que las hembras, ya que el proceso de la ovogénesis implica mayores demandas de nutrientes, esto debido al tamaño de los gametos y presencia de vitelo (Martín-Cruz, 2013). Los resultados antes mencionados concuerdan con los obtenidos por Olvera *et al.* (2009) para *C. jordani* de Xochimilco, donde se menciona que el IHS aumenta al inicio de la época de reproducción, y disminuye al final de este evento.

La influencia de los factores fisiológicos y ambientales del factor de condición (K) en peces varía, ya que han sido interpretados como medidas de varios caracteres biológicos, siendo conocidas sus fluctuaciones durante los ciclos estacionales de los procesos alimenticios y reproductivos según Bagenal (1957). La diferencia significativa entre los meses de estudio del factor de condición está asociada posiblemente al extenso periodo reproductivo, debido a la cantidad de energía que gastan los individuos en la liberación de gametos o el desove. Posteriormente, K incrementa a medida que se van normalizando las funciones metabólicas después de la postura (Vazzoler, 1996); mientras que los valores altos concuerdan con los individuos maduros de las poblaciones evaluadas. Esta relación no coincide con lo reportado por Ibáñez *et al.* (2008) en el lago de Meztitlán para *C. jordani*, donde ésta condición no fue posible relacionarla con los eventos del ciclo reproductivo.

El parámetro L_{50} o talla de primera madurez puede variar dentro de una misma población, pues en él intervienen factores hereditarios y la misma fisiología del organismo con relación a sus características genéticas y factores ambientales (Nikolsky, 1963). L_{50} de *Chirostoma jordani* y *C. arge* fue mayor en hembras que en machos, lo que indica que los machos alcanzan la madurez sexual primero que las hembras. Autores como Wootton (1990) y Tyler y Sumpter (1996) coinciden en que no todos los organismos de una población y entre poblaciones maduran al mismo tamaño ya que este parámetro se puede ver influenciado por diversos factores como el acervo genético, las tasas de crecimiento y mortalidad, la longevidad de la especie, el estrés poblacional, la disponibilidad de alimento, temperatura y edad. Las tallas registradas en esta investigación son superiores a la de estudios previos de la especie *C. jordani*, ya que en el lago de Meztitlán, Estado de México, Ibáñez *et al.* (2008)

reportan una talla de 43 mm de longitud patrón (Lp); mientras que para el lago de Xochimilco, también en el Estado de México, esta talla es determinada en 48 y 55 mm Lp para hembras y machos, respectivamente (Olvera *et al.*, 2009) (Cuadro 12).

Cuadro 12. Proporción sexual, época de reproducción y talla media (L₅₀) de madurez sexual para *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge* estimada por diferentes autores.

<i>Chirostoma</i> spp	Proporción sexual (Macho/hembra)	Época de reproducción	L ₅₀ mm		Lugar	Autores
			h	m		
<i>C. jordani</i>	1.2:0.8	Marzo a abril	78.0	75.1	Chapala, Jalisco	Presente estudio
		Marzo a agosto			Macuá, Estado de México	Navarrete (1994)
	3:1	Marzo a septiembre			Macuá, Estado de México	Navarrete y Fernández (1995)
	1:2	Abril a julio y noviembre y diciembre	43		Meztlán, Hidalgo	Ibañez <i>et al.</i> (2008)
	1:1.5	Enero a mayo	48	55	Xochimilco, Ciudad de México	Olvera <i>et al.</i> (2009)
<i>C. arge</i>	1.3:0.7	Invierno			Chapala, Jalisco	Aguilera-Taylor <i>et al.</i> (2002)
		Mayo a julio y noviembre			Meztlán, , Estado de México	Navarrete-Salgado (2017)
		Marzo a abril	80.4	77.8	Chapala, Jalisco	Presente estudio

CONCLUSIONES

La proporción de sexos de *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge* en el lago de Chapala entre octubre 2016 y septiembre 2017 fue hacia los machos, aunque durante la época de reproducción esta relación se mantuvo en 1:1.

En ambas especies se observó una mínima proporción de hembras y machos en máximo estadio de madurez y en desove en casi todo el ciclo anual; sin embargo, el pico reproductivo fue entre enero y mayo de 2017 en ambas especies.

Tanto en *C. arge* como en *C. jordani* se presentó una tendencia similar en los índices IGS y K, con incrementos significativos a partir de enero hasta mayo y un periodo de descanso y/o restauración fisiológica de junio a septiembre después del gasto energético previo y durante el máximo desarrollo de la gónada y el desove. Mientras que el IHS se incrementó desde octubre-noviembre para descender a partir de febrero, reflejo de la preparación hacia el evento reproductivo en meses siguientes.

El incremento del factor de condición en ambas especies está asociado al evento reproductivo, máximo desarrollo en gónada e intenso desove en hembras y machos.

La talla de primera madurez en ambas especies fue mayor en hembras que en machos (*C. arge*: h= 80.4, m= 77.8 mm; *C. jordani*: h= 78.0 mm, m= 75.1 mm).

Las especies de charales evaluadas en el presente trabajo para analizar la actividad reproductiva durante un ciclo anual, fue resuelta con las poblaciones de *C. arge* y *C. jordani*.

CONCLUSIONES GENERALES

El presente trabajo aporta información del estado actual que guardan las poblaciones de las especies de charal en el lago de Chapala, México, donde, por primera vez se reporta la participación de seis especies del género *Chirostoma* en la captura del recurso charal en el lago de Chapala: *C. contrerasi*, *C. chapalae*, *C. labarcae*, *C. consocium*, *C. arge* y *C. jordani*. Se reporta el predominio de las dos últimas especies aportando el 70% en las capturas del recurso charal en las condiciones ambientales de octubre 2016 y septiembre 2017 y bajo la presión por pesca y actividad antrópica en el lago de Chapala.

La estructura de tallas y pesos de las poblaciones evaluadas son mayores a los reportados por otros autores para el lago de Chapala y otros embalses similares del país. La distribución de frecuencia de tallas y pesos mostró una mayor proporción en los intervalos de clase de 65 a 68 mm Lp y de 2.0 a 3.0 g Pt. El tipo de crecimiento para el complejo charal en el lago de Chapala es isométrico y es consistente a lo reportado para otros embalses de México. El factor de condición presentó un pico alto en enero de 2017 para *C. jordani*, *C. arge*, *C. consocium* y *C. chapalae* evidenciando diferencias significativas entre localidades y meses de muestreo por especies. Los parámetros de crecimiento de la ecuación de von Bertalanffy estimados en las poblaciones de las seis especies de charal son diferentes a los reportados para otros embalses de México. La mortalidad Z y M estimadas fueron altas para todas las especies, relacionadas con la cantidad de depredadores y competidores existentes. La tasa de explotación fue baja para las especies del complejo charal con excepción de *C. labarcae* (0.63 año^{-1}). Las tallas de reclutamiento (L_{Pr}) y de primera captura (L_{Pc}), indicaron que las especies del complejo charal en el lago de Chapala están siendo reclutados a la pesquería por encima de la primera talla de captura establecida por la Norma Oficial (2015) con excepción de *C. labarcae* ($L_{Pr}= 56.6 \text{ mm}$; $L_{Pc}= 59.8 \text{ mm}$).

La proporción de sexos de *Chirostoma jordani* y *Chirostoma arge* en el lago de Chapala entre octubre 2016 y septiembre 2017 fue hacia los machos, aunque durante la época de reproducción esta relación se mantuvo en 1:1. En ambas especies se observó una mínima proporción de hembras y machos en máximo estadio de madurez y en desove en casi todo el ciclo anual. Sin embargo, el pico reproductivo fue entre enero y mayo de 2017 en ambas especies. Tanto en *C. arge* como en *C. jordani* se presentó una tendencia similar en los índices IGS y K, con incrementos significativos a partir de enero hasta mayo y un periodo de

descanso y/o restauración fisiológica de junio a septiembre después del gasto energético previo y durante el máximo desarrollo de la gónada y el desove. Mientras que el IHS incrementó desde octubre-noviembre para descender a partir de febrero, reflejo de la preparación hacia el evento reproductivo en meses siguientes. El incremento del factor de condición en ambas especies está asociado al evento reproductivo, máximo desarrollo en gónada e intenso desove en hembras y macho. La talla de primera madurez en ambas especies fue mayor en hembras que en machos (*C. arge*: h= 80.4, m= 77.8 mm; *C. jordani*: h= 78.0 mm, m= 75.1 mm).

LITERATURA CITADA

- Aguilar, P.J.F. y S.N. Navarrete. 1997. Crecimiento, condición y mortalidad del charal *Chirostoma humboldtialnum* (Atheriniformes: Atherinidae) en México. *Revista Biología Tropical*. 44(3)145(1): 573-578.
- Aguilera-Taylor, I., V. Segura-García, R. Moncayo-Estrada y C. Escalera. 2002. Análisis comparativo de la reproducción en tres especies de charales (*Chirostoma jordani* Woolman 1984; *Chirostoma consocium* Jordan and Hubbs 1919 y *Chirostoma labarcae* (Meek, 1902) del lago de Chapala, México. Memoria del VIII Congreso Nacional de Ictiología. Puerto Ángel, Oaxaca, México. 33 p.
- Alaye, R.N. 1993. El pescado blanco (género *Chirostoma*) del lago de Pátzcuaro, Michoacán. *Revista Ciencia Pesquera*. 9: 113–128. Instituto Nacional de Pesca, México.
- Alaye, R.N. 1996a. Estudio del polimorfismo de la hemoglobina para identificar especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Revista Ciencia Pesquera*. 13:1-9. Instituto Nacional de Pesca. SEMARANP.
- Alaye, R.N. 1996b. Híbridos entre especies del género *Chirostoma* del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Revista Ciencia Pesquera*. 13: 10- 17. Instituto Nacional de Pesca. Secretaría del Medio Ambiente Recursos Naturales y Pesca.
- Arancibia, H., L. Cubillos, J. Remmaggi y R. Alarcón. 1994. Determinación de la talla de primera madurez sexual y fecundidad parcial en la sardina común, *Strangomera bentincki* (Norman, 1936), del área de Talcahuano, Chile. *Biol. Pesq.* 23: 11-17
- Arredondo-Vargas, E., C. Osuna-Paredes, C. Meléndez-Galicia, C. de Jesús-Avendaño y D. Hernández-Montaño. 2013. Lago de Chapala, Michoacán y Jalisco, México. 35-52 pp. *En*: Gaspar-Dillanes M.T. y D. Hernández-Montaño (eds.). *Pesquerías Continentales de México*.
- Arriaga, H.V.M., A.M. Guzmán y L.M.G. Morelos. 1995. Hábitos alimenticios. Capítulo 5. 119-141 pp. *En*: Guzmán A.M. (Comp.). *La pesca en el lago de Chapala: hacia su ordenamiento y explotación racional*. Universidad de Guadalajara-Comisión Nacional del Agua. Guadalajara, Jalisco, México. 302 p.
- Álvarez, V.J. 1970. Peces Mexicanos (Claves). Serie de Investigación Pesquera. Estudio I. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. México. 166 p.

- Bagenal, T.B. y F.W. Tesch. 1978. Age and growth. 101-136 pp. *In*: Bagenal TB (Ed.). Methods for assessment of fish production in fresh waters. IBP Handbook No. 3. Oxford, England: Blackwell Scientific Publications.
- Baiza, S.F.R., C.C. Medina y C.O.L. Quintero. 2010. Implementación de Acciones de Ordenamiento de la Pesca Ribereña en el lago de Chapala, Jalisco. Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA). Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. Fundación Produce Jalisco. México. 30 p.
- Barba, T.J.F. 1990. Taxonomía, Biología y Ecología del lenguado *Scyacium ovale* (Gunther) en áreas del Pacífico mexicano 1982- 1983 (Teleostei: Bothidae). Tesis de grado Maestría. Facultad de Ciencias. UNAM. 111p.
- Barbour, C.D. 1973. The systematics and evolution of the genus *Chirostoma*, Swainson (Pisces, Atherinidae). México. *Tulane Studies in Zoology and Botany*. 19(3): 97-141.
- Barbour, C.D. 2002. *Chirostoma contrerasi* (Atherinopsidae, Menidiinae), una nueva especie del lago de Chapala, México. 23-34p. *En*: Lozano-Vilano, M. de L. (Ed). Libro jubilar en honor al Dr. Salvador Contreras Balderas. Universidad Autónoma de Nuevo León, Facultad de Ciencias Biológicas. Monterey, México. 325 p.
- Barriga-Sosa, I.D.L.A. 2001. Variabilidad morfométrica, merística y molecular de especies del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinopsidae). Tesis Doctorado en Ciencias Biológicas. Universidad Autónoma Metropolitana. Iztapalapa, México. 199 p.
- Barriga-Sosa, I.D.L.A. 2003. Estudios sobre la variabilidad morfológica y de genética molecular en el género *Chirostoma* Iztapalapa, México. 107-123 pp. *En*: Rojas C.P.M. y Fuentes C.D. (Eds.). *Historia y avances de cultivo del pescado blanco*. México. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D.F.: 292 pp.
- Barriga-Sosa, I.D.L.A., L.E. Eguiarte y J.L. Arredondo-Figueroa. 2004. Low but significant subdivisión among populations of *Chirostoma grandocule* from lake Pátzcuaro, Mexico. *Biotropica*. 36: 85-98.
- Barriga-Sosa, I.D.L.A., M.Y. Pérez-Ramírez, F. Soto-Aguirre, M. Castillo-Rivera y J.L. Arredondo-Figueroa. 2005. Inter-specific variation of the mitochondrial r16S gene among silversides “Peces Blancos” (Atherinopsidae: Menidiinae) and its utilization for species identification. *Aquaculture*. 250: 637-651.

- Berlanga-Robles, C.A., J. Madrid-Vera y A. Ruíz-Luna. 2002. Fish abundante and trophic structure from the comercial match in lake Pátzcuaro. Michoacán, México. *Hidrobiología*. 467: 117-122.
- Beverton, R.J.H. y S.J. Holt. 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. p. 142-180. In: G.E.W. Wolstenholme and M. O'Connor and M. O'Connor (eds.) CIBA Foundation colloquia on ageing: the lifespan of animals. volume 5. J & A Churchill Ltd, London.
- Blancas-Arroyo, G.A., I de los A. Barriga-Sosa, T. Morato-Cartagena, C.M. Romero-Ramírez, A. Arredondo-Chacón-Torres, C. Rosas-Monge y V. Segura-García 2003. Biología reproductiva y alimentación larvaria del pez blanco en condiciones experimentales. 125-139 p. En: Rojas C.P.M. y Fuentes C.D. (Eds.). *Historia y avances del cultivo de Pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D.F.: 292 p.
- Blancas-Arroyo, G.A., I. de los A. Barriga-Sosa, T. Morato-Cartagena, Romero-Ramírez C.M. y J.L. Arredondo-Figueroa. 2008. Association between ovarian development and serum concentrations of 17β -estradiol and 17α -hydroxy-4-pregnen-3-one in first maturation females of the shortfin silverside fish, *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). *Revista Veterinaria México*. México. 39: 67-80.
- Bloom, D.D., K.R. Piller, J. Lyons, N. Mercado-Silva y M. Medin-Nava. 2009. Systematics and Biogeography of the silverside trie *Menidiini* (Teleostomi: Atherinopsidae) Based on the Mitochondrial ND2 gene. México. *Revista Copeia*, 2: 408-417.
- Braga, F.M.S. 1986. Estudo entre fator de condição e relação peso-comprimento para alguns peixes marinhos. *Rev Bras Biol*. 46(2): 339-346.
- Bravo, E. 2007. Crecimiento, mortalidad natural y madurez sexual del cují, *Haemulon aurolineatum* (Cuvier y Valenciennes, 1830) (Teleostei: Haemulidae) del sureste de la isla de Margarita (Tesis Pregrado). Universidad de Oriente, Boca del Río, Venezuela.
- Bru-Cordero, S.B., F.F. Segura-Guevara y C.W. Olaya-Nieto. 2004. Crecimiento y mortalidad de la Liseta, *Leporinus muyscorum* (Pisces: anostomidae), en el río Sinú, Colombia. *Dahlia - Rev Asoc. Colomb. íctiol*. 7:79-86.

- Cárdenas, R.R. y E.H. Barrera. 1998. Histología y ultraestructura del testículo del charal *Chirostoma jordani* (Osteichthyes: Atherinidae). México. *Revista Biología Tropical*. 46(4): 943-949.
- Cárdenas, R.R., M. Chávez, J.L. Gonzalez, P. Aley, J. Espinosa y L.F. Jimenez-Garcia. 2008. Oocyte structure and ultrastructure in the Mexican silverside fish *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniforme: Atherinopsidae). México. *Revista Biología Tropical*. 56: 1371-1380.
- Chacón-Torres, A., C. Rosas-Monge y V. Segura-García. 2003. Biología reproductiva y alimentación larvaria del pez blanco en condiciones experimentales. 125-142 pp. En: Rojas C.P.M. y Fuentes C.D. (Eds.). *Historia y avances del cultivo de Pescado blanco*. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D.F.: 292 p.
- Charnov, E.L. y J.F. Gillooly. 2004. Size and temperature in the evolution of fish life histories. *Integrative and Comparative Biology*. 44: 494-497.
- Chellappa, S., M.R. Câmara, N.T. Chellappa, M.C.M. Beveridge y F.A. Huntingford. 2003. Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Braz J Biol*; 63: 17-26.
- Choudhury, A. y G.P.P. de León. 2001. *Spinitectus osorioi* sp. (Nematoda: Cystidicolidae) from *Chirostoma* spp. (Osteichthyes: Atherinidae) in lake Pátzcuaro, Michoacán, México. *Journal of Parasitol*. 87: 648-655.
- Clark, F.N. 1928. The weight-length relationship of the Californian sardine (*Sardina coerulea*) at San Pedro. *Fish. U. S.*, 22-44.12.
- CONAGUA, (Comisión Nacional del Agua). 2011. Estadísticas del agua en México. México D. F.: Secretaría de Medio Ambiente de Recursos Naturales. 183 pp.
- CONABIO, (Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad). 2010. Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación. CONABIO-CONANP-SEMARNAT. México. 110 p.
- CONANP, (Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas). 2008. Ficha informativa de los Humedades. Acusado en mayo de 2018.
- http://ramsar.conanp.gob.mx/docs/sitios/FIR_RAMSAR/Jalisco/Lago%20de%20Chapala/LAGO_DE_CHAPALA.pdf

- CONAPESCA, (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2010. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. 2010. SAGARPA CONAPESCA. México. 296 p.
- CONAPESCA, (Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca). 2016. Anuario Estadístico de Acuicultura y Pesca. Acusado en Julio 2017.
<http://www.gob.mx/conapesca/documentos/anuario-estadistico-de-acuicultura-y-pesca>
- Conover, D.O. y S.W. Heins. 1987. Adaptive variation in environmental and genetic sex determination in a fish. *Science* 326: 496-498.
- Contreras-Balderas, S., G. Ruíz-Campos, J.J. Schmitter-Soto, E. Díaz-Pardo, T. Contreras-McBeath, M. Medina-Soto, L. Zambrano-González, A. Varela-Romero, R. Mendoza-Alfaro, C. Ramírez-Martínez, M.A. Leija-Tristán, P. Almada-Villela, D.A. Hendrickson y J. Lyons. 2008. Freshwater fishes and water status in México: a country-wide appraisal. *Aquatic Ecosystem Health and Management*. 11:246-256.
- De Buen, F. 1945. Investigaciones sobre Ictiología Mexicana. *Rev. Soc. Mex. Hist. Nat.* 5: 435-531.
- Demant, A. y C. Robin. 1975. "Las fases del volcanismo en México. Una síntesis en relación con la evolución geodinámica desde el cretácico". *Rev. Inst. Geología. UNAM.* México. 75 (1): 70-83.
- De la Vega-Salazar, M.Y. 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Rev. Biol. Trop.* 54: 163-171.
- DOF, (Diario Oficial de la Federación). 2010. Acuerdo mediante el cual se da a conocer la actualización de la Carta Nacional Pesquera. Segunda Sección, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F. Acusado en Agosto 2017.
http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5169735&fecha=06/12/2010
- DOF, (SAGARPA). 2013. Anuario estadístico de acuicultura y pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México. Acusado en Agosto 2017. <http://www.conapesca.gob.mx>
- Echelle, A.A. y A.F. Echelle. 1984. Evolutionary Genetics of a Species Flock: Atherinid Fishes on the Mesa Central of México. 93-110. *In: Echelle, A.A. y Kornfield, I., Eds., Evolution of Fish Species Flocks, University of Maine, Orono.*

- Echeverría, T.W. 1987. Thirty-four species of California rockfishes: maturity and seasonality of reproduction. *Fish. Bull.* 85: 229-250.
- Elizondo-Garza, R. 1996. Análisis de las capturas de charal *Chirostoma chapalae* con redes mangueadoras y atarrayas en el lago de Chapala. Michoacán, México. INP. SEMARNAP. *Revista Ciencia pesquera.* 13:55-61.
- Espinosa, H., J. L. Castro-Aguirre y A. F. González-Acosta. 2011. Los peces costeros. *In:* G.E. de la Lanza, y S.P. Hernández (comps.). Ambiente, biología, sociedad, manejo y legislación de sistemas costeros mexicanos. Plaza y Valdés Editores. México, D. F. 181-207 pp.
- Estrada, F., E.T. Flores y J.E.R. Michel. 1983. "Lago de Chapala. Investigación actualizada". Inst. Geog. Estad./Inst. Astron. Meteorol., Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 67 p.
- Fernández, G.E., S.N.A. Navarrete y J.L.R. Rodríguez. 2008. Alimentación de *Chirostoma humboldtianum* (valenciennes); (Pisces: Atherinopsidae) en el estanque JC en Soyaniquilpan, Estado de México. México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 14: 129-134.
- Figuroa-Lucero, G., J. Paulo-Maya y M. C. Hernández-Rubio. 2003. Retrospectiva y avances en el conocimiento de la biología y ecología de los charales y peces blancos del género *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) en la ENCB-IPN. 29-48 pp. *En:* Rojas C.P.M. y Fuentes C.D. (Eds.). *Historia y avances de cultivo del pescado blanco*. México. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D.F.: 292 p.
- Figuroa-Lucero, G., O. Meza-González, M. Cecilia Hernández-Rubio, I. de los A. Barriga-Sosa, A. Rodríguez-Canto y J.L. Arredondo-Figuroa 2004a. Growth, survival and mandible development in the larvae of the shortfin silverside *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) (Atheriniformes: Atherinopsidae) under laboratory conditions. *Aquaculture*, 242: 689–696.
- Figuroa-Lucero, G., C.Ma. Hernández-Rubio, O. Meza-González, J.L. Arredondo-Figuroa, T. Castro-Barreda y I. de los A. Barriga-Sosa. 2004b. Effect of the type of food on the growth and survival of the charal from the high Lerma *Chirostoma riojai* Solórzano y López, 1965 (Atheriniformes: Atherinopsidae) during early development. *Journal of Biological Research*, 2: 93-99.

- Figuroa-Lucero, G. 2006. Historia de vida reproductiva del charal del Alto Lerma *Chirostoma riojai* Solórzano y López, 1965 (Atheriniformes: Atherinopsidae). PhD Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. México. 175 p.
- Figuroa-Lucero, G. 2008. Association between ovarian development and serum concentrations of 17β -estradiol and 17α -hydroxy-4-pregnen-3-one in first maturation females of the shortfin silverside fish, *Chirostoma humboldtianum* (Atheriniformes: Atherinopsidae). *Revista Veterinaria México*, 39: 67-80.
- Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*. 22:241-253.
- Gallardo, M.C. 1977. Contribución al estudio del charal en Chapala, *Chirostoma chapalae*. Atherinidae. Mugiliformes. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México. 89 p.
- Gayanilo, F.C.Jr., P. Sparre y D. Pauly. 1996. FAO-ICLARM stock assessment tools (FiSAT). User's guide. FAO Computerized Information Series (Fisheries) 8. FAO. Rome, Italy.
- Gulland, J.A. 1971. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. Editorial Acribia. Zaragoza, España; 164.
- Guzmán, A.M. 1989. "La fauna acuática de la Nueva Galicia". Chapala: Inst. Limnol, Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 8 p.
- Gulland, J.A. y A.A. Rosemberg. 1992. Examen de los métodos que se basan en la talla para evaluar las poblaciones de peces. FAO. Roma, Italia.
- Guzmán, A.M., S.S. Galaviz y M.G.L. Morelos. 1995. Ciclos reproductivos. 93-107 pp. *En*: M.A. Guzmán. La pesca en lago de Chapala: hacia su ordenamiento y explotación racional. Instituto de Limnología. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México. 302 pp.
- Hernández, O.F. 1993. Evaluación de algunos aspectos de alimentación y reproducción del charal *Chirostoma jordani* (Woolman) en el embalse Macuá, Estado de México. México. Tesis Profesional, ENEP-Iztacala. UNAM.
- Hernández, M.D. 2006. La pesquería en el lago de Pátzcuaro. 391-422. *En*: S.F. Arreguín, M.L. Beléndez, M.I. Gómez-Humaran, S.R. Solana y D.C. Rangel (eds.). Sustentabilidad y pesca responsable en México. Evaluación y manejo. Instituto

- Nacional de la Pesca. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F.
- Hernández, H.D.L. 2008. Helmintofauna de *Chirostoma jordani* Woolman, 1894 del lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. Tesis de licenciatura. Universidad Autónoma del Estado De Hidalgo, Hidalgo, México. 77 p.
- Hernández, B.A.F. 2011. Efecto de *Bifidobacterium animalis* y *Lactobacillus johnsonii* en el crecimiento y sobrevivencia de *Chirostoma jordani* usando metanauplios de *Artemia* sp. como vector. Informe Final de Servicio Social. Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco, México. D.F. 39 p.
- Hernández-Batista, .A.F, J.A. Ramírez-Torrez, A. Azaola-Espinosa, L. Mayorga-Reyes y M. del C. Monroy-Dosta. 2015. The genus *Chirostoma* (Actinopterygii: Atheriniformes) in Mexico: Challenge for conservation and aquaculture technology. *International Journal of Aquatic Science*. Vol. 6, No. 1, 67-83.
- Ibáñez, A.L., J.L.C. García y R.O. Torres. 2008. Aspectos reproductivos de una población de charal *Menidia jordani* (Woolman) del lago de Mezquitlán, Hidalgo. *Hidrobiológica*, 18(1): 1-9.
- Introzzi, A.R. y G. De Introzzi. 1986. Estudio de las concentraciones de los ácidos nucleicos (RNA, DNA) en musculo blanco e hígado de la lisa (*Mugil brasiliensis*) a lo largo de sus periodos de reposo y maduración gonadal. *Revista de Investigación y desarrollo pesquero*. No. 6: 117-129.
- INE, (Instituto Nacional de Ecología). 2003. Diagnóstico biofísico y socio-económico de la cuenca Lerma-Chapala-Santiago. Resumen ejecutivo. INE. Dirección de Manejo Integral de Cuencas Hídricas. México, D.F. México. 32 p.
- Jiménez-Badillo, Ma. de Lourdes y A.G. Gracia. 1995. Evaluación de la pesquería multiespecífica de charales (*Chirostoma* spp., Pisces, Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*. 66(2): 205-231.
- Jordan, D. S. y J.O. Snyder. 1899. Notes on a collection of fishes from the rivers of México, with description of twenty new species. *Bull. US Fish Comm.* 19: 115-147.

- Jordan, D.S. y C.L. Hubbs. 1919. Studies in ichthyology. A monographic review of the family Atherinidae or silversides. *L. Stanford Junior University Publications. University Series*. 40 p: 1-87.
- King, M. 1995. Fisheries biology, assessment and management. Fishing News Books, Oxford, 341.
- Lévêque, C. 1997. Biodiversity dynamics and conservation: the freshwater fish of tropical Africa. Cambridge University Press, Oxford, 438p.
- Lindeman, K. 1989. Coastal construction, larval settlement, and early juvenile habitat use in grunts, snappers and other coastal fishes of southeast Florida. *Bulletin Marine Science*, 44(2):1068-1089.
- Lima-Junior, S.E., I.B. Cardone y R. Goitein. 2002. Determination of a method for calculation of allometric condition factor of fish. *Act Scientiarum*. 24: 397-400.
- Lizama, M. de los A.P. y A.M. Ambrósio. 2002. Condition factor in nine species of fish of the Characidae family in the Upper Paraná river floodplain, Brazil. *Braz J Biol*. 62(1): 113-124.
- López, L.H., C.R.M. Baigún, J.M. Iwazkiw, R.L. Delfino y O.H. Padin. 2001. La cuenca del Salado: uso y posibilidades de sus recursos pesqueros. Editorial de la Universidad de La Plata. Buenos Aires, Argentina. 91pp.
- Love, R.M. 1970. The chemical biology of fishes. Academic Press, London. 547 pp.
- Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández, E. Díaz-Pardo, E. Soto-Galera, M. Medina-Nava y R. Pineda-López. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia*. 418: 57-72.
- Martín-Cruz, R.M. 2013. Ciclo reproductivo de *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) en el suroeste del Golfo de México. *Tesis de maestría*. Universidad Veracruzana México. 80p.
- Martinez-Palacios, C.A., Ma.G. Ríos-Durán, A. Campos-Mendoza, M. Toledo-Cuevas y L.G. Ross. 2002. Avances en el cultivo del pescado blanco de Patzcuaro *Chirostoma estor estor*. 336-351. *En: Cruz-Suarez, L.E., M. Ricque-Marie, M. Tapia-Salazar, M.G. Gaxiola-Cortes y N. Simoes (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VI. Memorias del VI Simposio Internacional. Cancún, Quintana Roo, México.*

- Martínez-Palacios, C.A., Ma. G. Ríos-Durán, A. Campos-Mendoza, E.M. Toledo-Cuevas, Ma. Del C. Aguilar-Valdéz y L.G. Ross. 2003. Desarrollo tecnológico alcanzado en el cultivo del pez blanco de Pátzcuaro. 169-189. *In: Rojas, C. P. M. y C. D. Fuentes (Eds.). Historia y avances del cultivo de Pescado blanco. Instituto Nacional de la Pesca, SAGARPA, México, D.F.*
- Martínez-Palacios, C.A., M. Toledo-Cuevas, E. Racotta-Dimitrov, Ma.G. Ríos-Durán, E. Palacios-Metchenov, J. Fonseca-Madrigal, A. Campos-Mendoza y L.G. Ross 2006. Aspectos nutricionales del pescado blanco de Pátzcuaro (*Chirostoma estor estor* Jordan, 1879). *In: L. Elizabeth, Cruz Suárez, Denis Ricque Marie, Mireya Tapia Salazar, Martha G. Nieto López, David A. Villarreal Cavazos, Ana C. Puello Cruz and Armando García Ortega (Eds.). Avances en Nutrición Acuícola VIII. VIII Simposium Internacional de Nutrición Acuícola. Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey, Nuevo León, México.*
- Martínez-Palacios, C.A., M.G. Ríos-Durán, L. Ambriz-Cervantes, K.J. Jauncey y L.G. Ross. 2007. Dietary protein requirement of juvenile Mexican Silverside *Menidia estor* Jordan 1879), a stomachless zooplanktophagous fish. *Aquaculture Nutrition*, 13: 304–310.
- Meek, E. 1902. A contribution to the Ichthyology of Mexico. *Field Collection of the Chicago Museum. Zoological Series 3 (6): 63-118.*
- Mercado-Silva, N., J. Lyons, R. Moncayo-Estrada, P. Gesundheit, T.J. Krabbenhoft, D.L. Powell y K.R. Piller. 2015. Stable isotope evidence for trophic overlap of sympatric Mexican Lake Chapala silversides (Teleostei: Atherinopsidae: *Chirostoma* spp.). *Neotropical Ichthyology*, 13(2): 389-400.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2005. Freshwater fishes of México. The University of Chicago Press, Chicago, USA. 490 p.
- Miller, R.R., W.L. Minckley y S.M. Norris. 2009. Peces dulceacuícolas de México. CONABIO, SIMAC. ECOSUR, Consejo de Peces del Desierto, México D.F., México, 180 pp.
- Moncayo-Estrada, R. y H. R. Buelna-Osben. 2001. Fish fauna of Lake Chapala. 215-242 pp. *In: Hansen, A. M. y M. van Afferden (Eds.). The Lerma-Chapala Watershed. Evaluation and Management. Kluwer Academic, New York, 385p.*

- Moncayo, E.R., G.C. Escalera y G.V. Segura. 2003. Los pescados blancos del lago de Chapala características generales. 51-77. *En: Historia y Avances del Cultivo del Pescado Blanco*, Instituto Nacional de Pesca, Dirección General de Investigación en Acuicultura, Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México, D. F.
- Moncayo-Estrada, R., O.T. Lind y C. Escalera-Gallardo. 2011a. Trophic interactions among sympatric zooplanktivorous fish species in volume change conditions in a large, shallow, tropical lake. *Neotropical Ichthyology*. 9 (1):169-176.
- Moncayo-Estrada, R., C. Escalera-Gallardo y O.T. Lind. 2011b. Spatial patterns of zooplanktivore *Chirostoma* species (Atherinopsidae) during water-level fluctuation in the shallow tropical lake Chapala, Mexico: seasonal and interannual analysis. *Neotropical Ichthyology*. 9(4): 815-824.
- Narváez, B.J.C., M.J. De la Hoz, J.B. Racedo, F. Bolívar, R.M. Rivera, T. Álvarez, A.R. Mora, O.B. Bonilla y C.C. Riascos. 2013. Tallas mínimas de captura para el aprovechamiento sostenible de las principales especies de peces comerciales de Colombia. Universidad del Magdalena. Colombia. 37 p.
- Navarrete, S.N.A. y O.S. Cházaro. 1992. Espectro trófico del charal *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes) Pisces Atherinidae del embalse San Felipe Tiacaque, Estado de México. *Rev. Zool.* 3: 28-34.
- Navarrete, S.N.A. 1994. Temporada reproductiva y fecundidad de dos especies de charal *C. jordani* y *C. humboldtianum* del Estado de México. Ejercicio calificador. UNAM. México. *En: Paulo, J.* 2000. Situación actual sobre el conocimiento de la Biología del género *Chirostoma Swaison* (Pisces: Atherinopsidae). Ejercicio predoctoral. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, IPN, México.
- Navarrete, S.N.A. y G.E. Fernández. 1995. Reproducción de *Chirostoma Jordani* en el embalse Macua, Estado de México. Memorias del XIII Congreso Nacional de Zoología. Morelia, Mich., México.
- Navarrete, S.N. A., Sánchez R. y Rojas L. M. 1996. Selección del zooplancton por el charal *Chirostoma jordani* (Atheriniformes: Atherinidae). *Rev. Biol. Trop.* 44(2): 757-761

- Navarrete-Salgado, N.A., S.D.L. Jacobo y A.C.R. Aguilar. 2009. Alimentación de *Menidia jordani* en el embalse La Goleta, Estado de México *Revista de Zoología*, Núm. 20, pp. 1-6.
- Navarrete-Salgado, N.A. y G. Contreras-Rivero. 2011. Crecimiento y mortalidad del charal (*Menidia jordani*) en el estanque Guillermo Lagunes (gl), estado de México. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 17(3): 407-410.
- Navarrete-Salgado, N.A. 2017. *Chirostoma (Menidia)*: ecología y utilización como especie de cultivo en estanques rústicos. *BIOCYT Biología, Ciencia y Tecnología*. 10(39): 736-748.
- Nelson, J.S., E.J. Crossman, H. Espinosa-Pérez, L.T. Findley, C.R. Gilbert, R.N. Lea y J.D. Williams. 2004. Common and Scientific names of fishes from the United States, Canada and México. 6a ed. American Fisheries Society, Special Publication 29. Bethesda, Maryland. 386 p.
- Nikolsky, G. 1963. The Ecology of Fishes. Academy, Nueva York 352 p.
- Norma Oficial Mexicana NOM-032-SAG/PESC-2015. Pesca responsable en el lago de Chapala, ubicado en los estados de Jalisco y Michoacán. Especificaciones para el aprovechamiento de los recursos pesqueros. Diario Oficial. 19 p.
- Olaya-Nieto, C.W, F.F. Segura-Guevara, G. Tordecilla-Petro, A.L. Martínez-González y R.S. Appeldoorn. 2011. Estimación de los parámetros biológicos básicos de peces comerciales del río Sinú–Fase I. Informe final. Lorica: Laboratorio de Investigación Biológico Pesquera-LIBP, Programa de Acuicultura, Departamento de Ciencias Acuícolas, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, Universidad de Córdoba. Colombia. 100p.
- Olvera, B. Y.M., J.L. Gómez-Márquez, B. Peña-Mendoza, Ma.T. Gaspar-Dillanes y C. Pérez. 2009. Reproductive biology of *Menidia jordani* Atheriniformes: Atherinopsidae) in Xochimilco Lake, Mexico. *Ciencia Pesquera*. 17: 65-75.
- Orozco, M.M. y V.J. García (Compiladores). 2005. Diagnóstico Ambiental del lago de Chapala. México. ISBN: 970- 27- 0835- 4. Universidad de Guadalajara México.
- Paulo-Maya, J., L.G. Figueroa y M. Soria-Barreto. 2000. Peces dulceacuícolas mexicanos XIX *Chirostoma humboldtianum* Atheriniformes: Atherinopsidae). *ENCBIPN, Zoología Informa*, 43: 59-74.

- Pauly, D. 1979. Theory and management of tropical multispecies stocks: a review, with emphasis on the Southeast Asian demersal fisheries. *International Center for Living Aquatic Resources Management, Studies and Review*, 1:1-35.
- Pauly, D., y J.L. Munro. 1984. Once more on the comparison of growth in fish and invertebrates. *Fishbyte*. 2(1), 21.
- Pérez, R.M.Y. 2003. Discriminación de especies de peces blancos (Atherinopsidae: *Chirostoma*) del lago de Pátzcuaro, por medio de caracteres morfológicos, aloenzimóticos y RFLPs del gen mitocondrial 16S. Tesis, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa. México, D. F. 40 p.
- Pérez-Ramírez, M.Y. 2005. Discriminación morfológica, molecular y determinación de la variación genética de peces blancos (Atherinopsidae: *Chirostoma*). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Iztapalapa. Tesis para optar el grado de maestra en biología. México, D.F. 109 p.
- Pope, J.A., A.R. Margetts, J.M. Hamley y, E.F. Akyuz. 1983. Parte 3. Selectividad del arte de pesca. Manual de métodos para la evaluación de las poblaciones de peces. (Documento Técnico de Pesca 41 Rev. 1). FAO. Roma, Italia.
- Ramírez-Sevilla, R. 2006. Biología reproductiva y ontogenia de *Chirostoma humboldtianum* (Valenciennes, 1835) (Pisces: Atherinopsidae) en condiciones de laboratorio. Doctorado en Ecología, Secretaría de Investigación y Posgrado, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. México. 155 p.
- Ricker, W. 1973. Linear regressions in fishery research. *J. Fish. Res. Board. Can.* 30: 409-434.
- Ricker, WE. 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish population. *J Fish Res Board Can.* 191: 1-382.
- Rojas, C.P, B.M. Jiménez, D.Ma.deL. Toledo y B.L. Mares. 1993. Estimación de los parámetros de crecimiento y ciclo de madurez gonádica del charal blanco *Chirostoma grandocule*, Steindachner, 1894 (Pisces: Atherinidae) del lago de Pátzcuaro, Mich. *Ciencia Pesquera*. 69–77.
- Rojas-Carrillo, P. y L.F. Sasso-Yada. 2005. El pescado blanco. *Revista Digital Universitaria*. 6(8): 1-18.

- Rojas-Carrillo, P.M. y J.I. Fernández-Méndez. 2006. La pesca en aguas continentales. 49-68. *En: Pesca, Acuicultura e Investigación en México. Comisión de Pesca, Cámara de Diputados, México.*
- 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.
- Rosas-Moreno, M. 1970. Pescado blanco (*Chirostoma estor*) su fomento y cultivo en México. SIC. Instituto Nacional de Investigaciones Biológico Pesqueras. Instructivo 2. Serie Divulgación. Comisión Nacional Consultiva de Pesca. Dirección General de Pesca e Industrias Conexas. 79 p.
- Rossi-Wongtschowski, C.L.D.B. 1977. Estudo das variações da relação peso total/comprimento total em função do ciclo reproductivo e comportamento de *Sardinella brasiliensis* (Steindachner, 1879) da costa do Brasil entre 23°S e 28°S. *B Inst Oceanogr*; 26: 131-180.
- Sandoval-Moreno, A. y M.A. Ochoa-Ocaña. 2010. Grupos locales, acceso al agua y su problemática de contaminación en la Ciénega de Chapala, Michoacán. *Economía, Sociedad y Territorio. Vol. X. Núm. 34:683-719.*
- Sánchez, M.R., Z.M. Díaz, S.N.A Navarrete, M.M.L. García, N.F Ayala y A.M.D. Flores. 2006. Crecimiento, mortalidad y supervivencia del charal *Chirostoma humboldtianum* (Atherinopsidae) en el embalse San Miguel Arco, Soyaniquilpan, Estado de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 12* (2),151-154.
- Santos, J.E., N. Bazzoli, E. Rizzo y G.B. Santos. 2004. Reproduction of the catfish *Iheringichthys labrosus* (Lütken) (Pisces, Siluriformes) in Furnas reservoir, Minas Gerais, Brazil. *Rev Bras Zool*; 21: 193-200.
- Saunders, D.L., J.J. Meeuwig y A.C.J. Vincent. 2002. Freshwater Protected Areas: Strategies for Conservation. *Conservation Biology*, 16: 30–41.
- SEMARNAP, (Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca). 2000. Diagnóstico Socioeconómico y Pesquero del lago de Chapala. Estudio previo a la elaboración de la Norma Oficial Mexicana. Delegaciones de la SEMARNAP en el Estado de Jalisco y en el Estado de Michoacán. Guadalajara, Jalisco. 57 p.

- SEMARNAP, (Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales). 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF). Acusado en febrero de 2018.
http://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091
- SigmaStat, (Systat Software Inc). 2007. Data Analysis Software System. Version 3.5.
<https://systatsoftware.com>
- Soria, B.M. y J.P. Maya. 2005. Morfometría comparada del aparato mandibular en especies de *Chirostoma* (Atheriniformes: Atherinopsidae) del lago de Pátzcuaro, Michoacán, México. *Hidrobiológica*, 15: 161-168.
- Slack-Smith, R.J. 2001. Fishing with traps and pats. (*Training Series 26*). FAO. Rome, Italy.
- Sparre, P. y S. Venema. 1997. Introducción a la evaluación de recursos pesqueros tropicales. Parte 1. Manual (*Documento Técnico de Pesca 306. 1 Rev. 2*). FAO. Roma, Italia.
- Taylor, C.C. 1958. Cod growth and temperature. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 23 :366-370.
- Taylor, C.C. 1960. Temperature, growth and mortality, the Pacific cockle. *Journal du Conseil International pour l'Exploration de la Mer*. 26: 117-124.
- Tresierra, A.E. y Z.G. Culquichicón. 1993. Biología pesquera. Trujillo, Perú: CONCYTEC. 432 p.
- Tresierra, A.E. y Z.G. Culquichicón. 1995. Manual de biología pesquera. Trujillo, Perú. CONCYTEC. 227 p.
- Torres-Orozco, R. y M.A. Pérez-Hernández. 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria*. 12(1): 1-15.
- Tyler, C.R. y J.P. Sumpter. 1996. Oocyte growth and development in teleosts. *Rev. Fish Biol. Fresheries* 6: 287-318.
- UdeG, (Universidad de Guadalajara). 2012. Evaluación del impacto de la Norma Oficial Mexicana NOM-032- PESC-2003, pesca responsable en el lago de Chapala, ubicado en los Estados de Jalisco y Michoacán, México e identificación de acciones de mejora. 17 p.
- Uría, G.E., L.Ma.E. Moncayo y G.R. Garibay. 1998. Desarrollo y madurez testicular del charal *Chirostoma humboldtianum* (pisces: atherinidae), del embalse Huapango, Edo. De México. *Hidrobiológica*, 8: 9-18

- Uribe-Alcocer, M. y P. Díaz-Jaimes. 2003. Análisis cariotípico de un pescado blanco y de dos especies de charales del género *Chirostoma* (Pisces: Atherinopsidae): evolución cariotípica en el Orden Atheriniformes. *En: Instituto Nacional de la Pesca (Eds.). Historia y avances de cultivo del pescado blanco*. México. 79-93 pp.
- Vázquez, G., T. Castro, A. Hernández, J. Castro y R. De Lara. 2013. Comparación del efecto anestésico del aceite de clavo, solución salina y solución coloidal en juveniles de *Chirostoma jordani* (Woolman, 1894). *Archivos de Medicina Veterinaria*, 45: 59-66.
- Vazzoler, A.E.A. de M. 1996. Biología da reproducción da peces teleosteos: teoría y práctica. Maringa: EDUEM. Sao Paulo, Brasil: SBI. 169 pp.
- Vega-Salazar, M.Y. 2003. Situación de los peces dulceacuícolas en México. *Ciencias* 72: 20-30. Disponible en:
<http://www.ejournal.unam.mx/cns/no72/CNS07204.pdf>.
- Vega, Ma. V., F. Díaz y S. Espina. 2004. Balance energético de juveniles de *Chirostoma estor estor* (Jordan, 1879) (Pisces, Atherinopsidae) en relación con el tamaño corporal. *Hidrobiológica*, 14: 113-120.
- Von Bertalanffy, L. 1938. A quantitative theory of organic growth. *Human Biology*. 10(2), 181-213.
- Woolman, A.J. 1894. Report on a collection of fishes of the rivers of Central and Northern México. *Bull. U.S. Fish Comm.* XIV: 55-56.
- Wootton, R. J. 1990. Ecology of teleost fishes, USA. 386 p.
- Zar, J. 1996. Biostatistical analysis. Prentice Hall, Nueva Jersey, EEUU.

ANEXOS

Anexo 1. Resultados del análisis de progresión modal (método de Battacharaya) por especie.

<i>Chirostoma jordani</i>						
Meses	Grupos modales	Medias estimadas	D.E.	n	I.S.	R ²
Oct	1	64.99	4.83	1018.4	n.a	0.978
	2	77.75	4.4	28.37	2.1	0.93
Nov	1	65.71	4.09	592.03	n.a	0.963
	2	74.48	3.16	95.02	2.04	0.875
Dic	1	67.84	4.66	1099.1	n.a	0.999
	2	77.4	3.77	52.92	2.03	0.997
Ene	1	67.08	4.75	1150.65	n.a	0.886
	2	79.41	3.2	59.4	2.12	1
Feb	1	66.34	5.77	550.67	n.a	0.979
	2	77.11	3.54	78.42	2.04	0.89
Mar	1	62.23	5.4	580.74	n.a	0.896
	2	73.6	4.4	196.15	2.05	1
	3	83.66	3.51	25.22	2.05	0.884
Abr	1	63.17	3.79	424.58	n.a	0.923
	2	74.07	6.29	281.99	2.02	0.997
	3	86.5	2.18	3.86	2.1	1
May	1	63.93	4.38	974.72	n.a	0.989
	2	73.58	4.9	249	2.01	0.861
Jun	1	49.39	6.91	158.35	n.a	0.89
	2	61.68	4.68	1028.95	2.02	0.954
	3	80.01	2.24	23.04	2.34	1
Jul	1	60.65	4.29	1194.08	n.a	0.922
	2	73.32	2.29	84.07	2.19	1
Ago	1	62.43	4.72	1189.43	n.a	0.988
	2	74.53	3.45	63.23	2.12	0.818
Sep	1	57.01	3.17	60.44	n.a	0.922
	2	64.68	4.32	1083.17	2.01	0.952
	3	75.32	4.06	58.45	2.07	0.999

4 92.5 3.24 6.04 2.25 1

Chirostoma arge

Meses	Grupos modales	Medias estimadas	D.E.	n	I.S.	R ²
Oct	1	58.5	2.02	10.44	n.a	1
	2	68.32	2.44	6.6	2.18	1
Nov	1	61.59	2.73	100.61	n.a	0.969
	2	68.85	4.24	224.55	2.01	0.847
Dic	1	64.29	3.92	704.6	n.a	0.985
	2	73.66	3.35	273.34	2.06	0.999
	3	86.35	2.44	6.46	2.18	1
Ene	1	66.79	5.08	1048.91	n.a	0.914
	2	78.09	3.21	159.44	2.08	1
	3	87.12	2.67	28.32	2.08	1
Feb	1	58.35	2.95	102.39	n.a	1
	2	67.26	5.49	763.61	2.02	1
	3	76.44	2.53	96.66	2.03	1
	4	83.22	2.92	27.26	2.03	1
Mar	1	55.43	2.72	85.56	n.a	0.922
	2	68.6	5.97	1533.35	2.15	0.812
	3	79.15	3.91	120.9	2.02	0.961
	4	88.5	3.65	12.76	2.04	1
Abr	1	59.41	2.82	204.9	n.a	1
	2	66.76	3.2	512.74	2.04	1
	3	74.78	3.42	279.88	2.04	1
	4	82.96	2.76	61.06	2.05	1
May	1	63.84	4.63	680.87	n.a	0.832
	2	76.12	5.83	274.53	2.05	0.897
	3	88.5	1.49	4.72	2.12	1
Jun	1	47.14	3.34	54.87	n.a	1
	2	63.04	5.27	1301.99	2.29	0.975
	3	91.5	2.54	10.16	2.6	1
Jul	1	62.83	5.69	1213.58	n.a	0.974
	2	83.52	3.22	4.77	2.34	1

Ago	1	64.59	5.26	1137.65	n.a	0.949
	2	79.5	7.9	2.59	2.05	0.956
Sep	1	65.05	4.38	770.7	n.a	0.843
	2	77.3	3.02	119.91	2.14	0.999

Chirostoma consocium

Meses	Grupos modales	Medias estimadas	D.E.	n	I.S.	R ²
Oct	1	63.63	4.24	207.74	n.a	0.918
	2	72.63	2.81	59.47	2.06	1
Nov	1	68.37	4.84	358.18	n.a	0.94
	2	80.5	2.87	3.03	2.12	1
Dic	1	69.56	5.08	333.58	n.a	0.904
	2	84.04	3.79	10.45	2.15	1
Ene	1	66.41	3.87	136.76	n.a	1
	2	73.7	3.11	121.24	2.01	1
	3	83.72	1.78	27.87	2.13	1
Feb	1	68.89	6.24	398.02	n.a	0.948
	2	86.59	3.42	16.48	2.21	1
Mar	1	57.52	2.45	50.53	n.a	1
	2	69.11	5.98	295.73	2.11	0.827
Abr	1	67	4.79	265.78	n.a	0.993
	2	77.03	4.4	162.28	2.02	0.812
May	1	65.67	4.16	175.93	n.a	0.912
	2	80.74	2.45	29.08	2.24	1
Jun	1	65.22	4.98	131.83	n.a	0.91
	2	81.71	3.81	9.37	2.22	1
Jul	1	61.81	5.61	239.35	n.a	0.94
	2	74.5	3.1	5.68	2.12	1
Ago	1	64.97	64.97	226.78	n.a	0.988
	2	72.11	72.11	42.02	2.02	1
Sep	1	64.97	64.97	226.78	n.a	0.988
	2	73.78	73.78	46.09	2.09	1

Chirostoma labarcae

Meses	Grupos modales	Medias estimadas	D.E.	n	I.S.	R ²
Oct	1	55.5	2.68	36.93	n.a	1
	2	63.44	3.56	7.78	2.06	1
Nov	1	56.41	2.38	25.83	n.a	1
	2	62.56	2.42	45.96	2.05	1
	3	74.06	2.02	11.78	2.22	1
Dic	1	59.63	3.31	42.79	n.a	1
	2	71.68	3.69	27.88	2.16	0.873
Ene	1	59.02	4.02	394.34	n.a	0.927
	2	70.5	2.71	4.39	2.15	1
Feb	1	56.9	4.2	857.32	n.a	0.82
	2	66.43	3.75	43.45	2.05	0.997
	3	80.32	3.71	7.55	2.18	0.868
Mar	1	61.96	5.58	335.42	n.a	0.754
	2	85.53	2.85	8.43	2.45	1
Abr	1	57.65	3.28	172.79	n.a	0.882
	2	66.58	1.85	55.93	2.12	1
	3	72.82	2.74	42.25	2.05	1
	4	87.01	2.54	4.38	2.24	1
May	1	51.42	3.5	46.46	n.a	1
	2	63.1	4.28	123.36	2.14	1
	3	74.48	4.49	204.42	2.08	0.931
Jun	1	52.66	4.49	31.79	n.a	1
	2	64.14	4.53	109.89	2.09	0.787
	3	74.75	2.16	9.83	2.11	1
Jul	1	60.85	3.11	63.31	n.a	0.972
	2	73.5	3.61	3.36	2.19	1
Ago	1	50.25	3.5	18.01	n.a	1
	2	60.23	4.28	90.05	2.08	0.914
	3	70.34	2.47	11.71	2.1	1
Sep	1	57.26	57.26	48.26	n.a	1
	2	70.83	70.83	17.09	2.29	1

Chirostoma chapalae

Meses	Grupos modales	Medias estimadas	D.E.	n	I.S.	R ²
Oct	1	68.47	3.66	69.49	n.a	0.885
	2	75.5	3.06	10.87	2.01	1
Nov	1	64.1	4.65	724.79	n.a	0.964
	2	80.25	2.61	7.57	2.26	1
Dic	1	63.35	4.38	115	n.a	1
Ene	1	63.94	3.94	76.07	n.a	0.987
	2	72.43	3.63	29.58	2.03	0.605
Feb	1	60.1	2.91	45.19	n.a	0.899
	2	73.13	2.84	74.52	2.23	1
	3	80.14	3.1	15.8	2.03	1
Mar	1	65.89	3.93	54.39	n.a	0.876
	2	74.66	2.95	12.6	2.05	1
Abr	1	59	2.02	10.56	n.a	1
	2	70.61	2.86	29.84	2.22	1
	3	79.6	2.04	7.11	2.11	1
May	1	63.5	4.38	94.01	n.a	1
	2	81.94	2.65	14.89	2.34	1
Jun	1	64.85	5.09	105.94	n.a	0.994
	2	81.5	4.9	2.89	2.19	1
Jul	1	61.02	4.07	119.75	n.a	0.867
	2	69.5	2.3	5.02	2.06	1
Ago	1	62.99	3.4	68.71	n.a	0.862
	2	69.9	2.27	18.36	2.04	1
Sep	1	63.8	3.54	446.18	n.a	0.978
	2	71.23	2.51	24.31	2.04	1

Chiostoma contrerasi

Meses	Grupos modales	Medias estimadas	D.E.	n	I.S.	R ²
Oct	1	59	2.3	13.95	n.a	1
	2	67.43	2.38	12.72	2.12	1
Nov	1	63.8	3.53	99.58	n.a	0.968
	2	73.85	2.97	21.5	2.11	0.999

Dic	1	63.46	3.83	121.04	n.a	0.83
	2	72.5	2.98	11.66	2.07	1
Ene	1	63.24	4.05	21.75	n.a	0.978
	2	72.5	3.68	9.89	2.05	1
Feb	1	48.5	3.6	3.36	n.a	1
	2	66.5	4.05	134.07	2.4	0.915
	3	78.62	3.1	28.87	2.14	1
Mar	1	55.09	2.81	12.79	n.a	1
	2	69.5	3.12	14.77	2.29	1
	3	80.38	2.22	3.83	2.15	1
Abr	1	55.01	2.61	36.44	n.a	1
	2	66.96	4.82	57.88	2.16	0.92
	3	76.48	2.32	35.59	2.07	1
	4	90.5	2.84	8.25	2.22	1
May	1	53.47	5.68	77.6	n.a	0.923
	2	71.25	3.72	49.02	2.28	0.979
	3	83.68	3.53	14.89	2.14	1
	4	94.32	2.54	6.14	2.1	0.849
Jun	1	57.11	3.91	16.76	n.a	1
	2	64.19	2.51	44.14	2.02	1
	3	71.45	2.36	39.82	2.07	1
Jul	1	56.34	3.46	16.15	n.a	0.934
	2	68.83	6.61	23.23	2.08	0.869
Ago	1	60.36	4.49	57.25	n.a	0.791
	2	72.36	2.11	4.37	2.17	1
Sep	1	59.15	2.35	54.86	n.a	1
	2	66.41	3.31	44.5	2.05	1

Anexo 2. Pruebas estadísticas de Kruskal-Wallis (H) del Lp entre localidades y mese y Pt entre sitios y meses por especie.

<i>Chirostoma</i> spp	Longitud patrón vs Localidades			Longitud patrón vs meses		
	H	g.l	p	H	g.l	p
<i>C. jordani</i>	65.867	5	$p < 0.001$	1088.699	11	$p < 0.001$
<i>C. arge</i>	14.581	5	$p = 0.012$	785.696	11	$p < 0.001$
<i>C. consocium</i>	19.481	5	$p < 0.002$	433.656	11	$p < 0.001$
<i>C. labarcae</i>	399.043	5	$p < 0.001$	281.793	11	$p < 0.001$
<i>C. chapalae</i>	15.003	5	$p < 0.010$	198.442	11	$p < 0.001$
<i>C. contrerasi</i>	57.917	5	$p < 0.001$	77.968	11	$p < 0.001$

<i>Chirostoma</i> spp	Peso total vs Localidades			Peso total vs meses		
	H	g.l	p	H	g.l	p
<i>C. jordani</i>	307.383	5	$p < 0.001$	2129.047	11	$p < 0.001$
<i>C. arge</i>	92.550	5	$p < 0.001$	1081.434	11	$p < 0.001$
<i>C. consocium</i>	43.779	5	$p < 0.001$	807.521	11	$p < 0.001$
<i>C. labarcae</i>	430.657	5	$p < 0.001$	381.496	11	$p < 0.001$
<i>C. chapalae</i>	40.930	5	$p < 0.001$	47.531	11	$p < 0.001$
<i>C. contrerasi</i>	47.820	5	$p < 0.001$	117.158		$p < 0.001$