



Universidad Veracruzana

Instituto De Ciencias Marinas y Pesquerías

Región Veracruz

Maestría en Ecología y Pesquerías

**CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LOS CÍCLIDOS *Vieja fenestrata*  
(GÜNTHER, 1860) Y *Mayaheros urophthalmus* (GÜNTHER, 1862) EN EL  
LAGO DE CATEMACO, VERACRUZ.**

Tesis para obtener el grado de Maestra en  
Ecología y pesquerías

Presenta:

**María Antonia Seba Palacios**

Director de tesis:

Dr. César Gabriel Meiners Mandujano

Junio de 2022

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”



# Universidad Veracruzana

Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías  
Región Veracruz

Maestría en Ecología y Pesquerías

CRECIMIENTO Y REPRODUCCIÓN DE LOS CÍCLIDOS  
*Vieja fenestrata* (GÜNTHER, 1860) Y *Mayaheros*  
*urophthalmus* (GÜNTHER, 1862) EN EL LAGO DE  
CATEMACO, VERACRUZ.

Tesis para obtener el grado de Maestra en  
Ecología y Pesquerías

Presenta:

María Antonia Seba Palacios

Director de tesis:

Dr. César Gabriel Meiners Mandujano

Asesores:

Dr. Gabriela Galindo Cortés

Dra. María de Lourdes Jiménez Badillo

## **Agradecimientos**

Al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías (ICIMAP) de la Universidad Veracruzana, por la atención y asesoría brindada en asuntos administrativos desde mi proceso de ingreso y conclusión del Programa de Maestría en Ecología y Pesquerías.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT) por haberme otorgado la beca con número (CVU/Becario): 441521/618202, con la cual pude realizar mis estudios de posgrado.

Al Instituto de Neuroetología de la Universidad Veracruzana, por brindarme el acceso a sus instalaciones para realizar el procesamiento de material biológico en fresco.

Al Dr. César G. Meiners Mandujano por aceptar ser mi tutor y director de tesis, además de sus amenas pláticas, comprensión, solidaridad y paciencia a lo largo de mi estancia en el posgrado.

A la Dra. Gabriela Galindo Cortes por aceptar ser mi asesora y ayudarme en el procedimiento metodológico y análisis numérico. Por su increíble paciencia en cada asesoría que recibí.

A la Dra. Lourdes Jiménez Badillo por aceptar ser mi asesora, y brindarme los elementos necesarios para discernir en los alcances del trabajo y la delimitación del mismo.

A mi muy estimado colega Biol. Iván Cruz Ruiz, por todo su apoyo logístico y constante en todo el trabajo de campo. Así como, sus valiosas críticas en el desarrollo del proyecto de investigación.

A los pescadores Flavio, Pablito, Juan, los “mojarritas”, Rojo, Víctor y demás, por darme un poco de su valioso tiempo y permitirme trabajar con sus peces capturados.

A mi familia, particularmente a mi madre, Javier, León y Uziel, por la ayuda constante en el trabajo de campo e interés en el desarrollo del proyecto.

A mis compañeras de generación Naylú Morales y Victoria Ramos por el acompañamiento académico y en momentos de esparcimiento.

A Manuel Morales por su apoyo en el análisis de datos, Altagracia Reyes por su ayuda en el muestreo piloto, Roberto Gómez por el traslado de muestras biológicas.

Al Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura, por aceptarme en la estancia de investigación a bordo del buque Dr. Jorge Carranza Freaser.

# Índice

Agradecimientos .....	1
Índice .....	3
Resumen.....	5
1. Introducción .....	6
2.- Antecedentes .....	7
2.1.- Descripción de especies .....	8
2.1.1.- <i>Vieja fenestrata</i> (Günther, 1860) .....	8
2.1.2.- <i>Mayaheros urophthalmus</i> (Günther, 1862).....	10
2.2.-Interacción ecológica e implicaciones en la actividad pesquera .....	12
3.-Hipótesis .....	13
4.-Objetivos .....	13
4.1.-Objetivo general.....	13
4.2.-Objetivos específicos .....	13
5.- Materiales y método.....	14
5.1.-Área de estudio .....	14
5.2.-Muestreo.....	15
5.2.1.-Muestreo masivo .....	15
5.2.2.-Muestreo biológico .....	16
5.3.-Análisis de datos .....	16
5.3.1.-Estructura de tallas .....	16
5.3.2.-Estimación de edad y crecimiento.....	19
5.3.3.- Proporción de sexos.....	21
5.3.4.- Talla de primera madurez .....	21
5.3.5.-Índice gonadosomático.....	22
5.3.6.-Índice hepatosomático .....	23
6.-Resultados.....	24
6.1 Estructura de tallas mensual .....	24
6.2. Edad y crecimiento.....	26
6.3. Dinámica reproductiva .....	28
7.-Discusión .....	31
8.-Conclusiones .....	35

9. Anexo.....	36
10.- Bibliografía citada .....	37

## Índice de figuras

Figura 1. <i>Vieja fenestrata</i> (Günter, 1860), localmente conocida como: conchero, colorado, amoyotero ó prieta.....	8
Figura 2. <i>Mayaheros urophthalmus</i> (Günther, 1862), localmente conocida como Chogoma.....	10
Figura 3. Lago de Catemaco, Veracruz, México (Fuente de ortofoto: INEGI, 2019). Símbolos de peces representan los sitios de pesca de donde proceden las muestras.....	14
Figura 4. Distribución de frecuencia relativa de tallas de las especies <i>Vieja fenestrata</i> y <i>Mayaheros urophthalmus</i> en el lago de Catemaco, Veracruz, durante 2018. ....	24
Figura 5.-Estructura de tallas mensual de <i>Vieja fenestrata</i> (izquierda) y <i>Mayaheros urophthalmus</i> (derecha), en el lago de Catemaco, Ver., 2018. La línea negra representa la muestra total por mes, las líneas de colores (rojo, azul y verde) representan los componentes o grupos modales. “h” representa el tamaño de intervalo para cada mes.....	26
Figura 6. Cohorte empleada para la estimación de los parámetros $L_{\infty}$ , k y $t_0$ para <i>Vieja fenestrata</i> . La línea remarcada indica la cohorte primaria, en color rosado indica los componentes considerados como muestras hipotéticas del año 2019. ....	27
Figura 7. Cohorte empleada para la estimación de los parámetros $L_{\infty}$ , k y $t_0$ para <i>Mayaheros urophthalmus</i> . La línea remarcada hace indica la cohorte primaria, el color rosado indica el componente considerado como muestra hipotética del 2019. ....	27
Figura 8.-Curva de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para <i>Vieja fenestrata</i> y <i>Mayaheros urophthalmus</i> . Círculos rellenos y línea negra para <i>V. fenestrata</i> ; círculos blancos y línea punteada para <i>M. urophthalmus</i> . ....	28
Figura 9. Proporción de estados de madurez sexual de hembras de <i>Vieja fenestrata</i> y <i>Mayaheros urophthalmus</i> , en el lago de Catemaco, durante 2018. ....	29
Figura 10. Ojiva de madurez sexual ( $L_{50}$ ) diferenciada por sexo para <i>Vieja fenestrata</i> y <i>Mayaheros urophthlamus</i> , en el lago de Catemaco, Ver.....	30
Figura 11. Índice gonadosomático y hepatosomático de hembras $>L_{50}$ estimada para <i>Vieja fenestrata</i> (149 mm LT) y <i>Mayaheros urophthalmus</i> (157 mm LT). ....	30

## Resumen

La especie nativa *Vieja fenestrata* (Günther, 1860) se ha mantenido como un componente importante de la pesquería del lago de Catemaco en los últimos 40 años. Con la introducción accidental y el establecimiento relativamente reciente (~2004) de *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1860) podría existir una presión directa sobre *V. fenestrata*, ya que ambas especies poseen ciclos biológicos similares. El presente trabajo tuvo por objetivo caracterizar el crecimiento y reproducción de la especie nativa *V. fenestrata* y la especie introducida *M. urophthalmus*, en el lago de Catemaco, Veracruz; para explicar, en parte, la coexistencia de ambas y sus implicaciones dentro de la pesquería artesanal. Se describió la estructura de tallas utilizando Estimadores de Densidad por Kernel (EDK); el crecimiento fue descrito con el modelo de von Bertalanffy, para lo cual se requirió de la separación de cada uno de los componentes modales identificados por mes, mediante el método Bathacharya, y la estimación de los parámetros  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  se obtuvo mediante ajustes lineales de los modelos tradicionales de Gulland & Hold y von Bertalanffy. La dinámica reproductiva, se describió mediante la estimación de la talla de primera madurez (L50), proporción de sexos y la evolución mensual de los índices corporales (gonadosomático y hepatosomático). Se observó que, la estructura de tallas para ambas especies está dominada por juveniles y subadultos; el crecimiento de *V. fenestrata* ( $L_t=298(1-e^{-1.11(t-0.02)})$ ) y *M. urophthalmus* ( $L_t=385(1-e^{-0.69(t-0.04)})$ ) es similar en el primer año de vida; la L50 para *V. fenestrata* ( $\text{♀}=149$ ,  $\text{♂}=170$  mm LT) y *M. urophthalmus* ( $\text{♀}=157$ ,  $\text{♂}=171$  mm LT) difiere ligeramente, pero maduran sexualmente a la misma edad (7-8 meses); la proporción sexual se ajusta 1:1 en ambas especies; se presentó un traslape del periodo reproductivo, pero los picos máximos se presentan con un desplazamiento de 3 meses. Se concluye que, la coexistencia de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* está determinada al menos en parte, por las diferencias observadas en el periodo reproductivo y posiblemente un ciclo de vida más corto de *V. fenestrata*.

**Palabras clave:** *Vieja fenestrata*, *Mayaheros urophthalmus*, talla, crecimiento, reproducción.

## I. Introducción

Las pesquerías artesanales de aguas continentales y particularmente en lagos, han sido objeto marginal de estudio (Contreras-MacBeath *et al.*, 2014, Ramírez-Herrejón *et al.*, 2014), ya que, en comparación con sus contrapartes costeras y marinas, la escala de su aporte económico relativo es menor (Flores-Hernández & Ramos-Miranda, 2004). No obstante, estos ecosistemas constituyen una parte relevante de la integralidad del desarrollo socio-económico local (Gaspar-Dillanes & Hernández-Montaña 2013) y deben ser considerados en la valoración y aprovechamiento de los recursos de interés humano (Castello *et al.*, 2007).

El lago de Catemaco destaca por ser uno de los más productivos en el país en cuanto a recursos pesqueros (Berea-Muñoz, 1991; Calderón-Villagómez *et al.*, 2001), pertenece a la cuenca del río Papaloapan que, Contreras-MacBeath *et al.*, (2014) definen como un área de alta riqueza de especies de peces (S=90). Once de las dieciocho especies que habitan en el lago son aprovechadas comercialmente.

La pesquería del lago de Catemaco es de tipo artesanal, sostenida principalmente, por el recurso topote (*Dorosoma petenense* Günther, 1867) que posee estacionalidad marcada, y por los cíclidos “mojarra Catemaco” y “mojarra tilapia” de presencia y captura durante todo el año, de acuerdo con los avisos de arribo de la Comisión Nacional de Acuacultura y Pesca (CONAPESCA).

En los datos históricos de avisos de arribo, el grupo “mojarra tilapia” que incluye las especies *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), *O. aureus* (Steindachner, 1864), *O. mossambicus* (Peters, 1852) y, posiblemente otras, contribuyen con los mayores volúmenes de captura anual. Esto es de esperarse debido a la liberación anual de pie de cría de estas especies como parte de un convenio entre la Comisión Federal de Electricidad y los pescadores (comunicación personal con Sr. Ramón ex presidente de la Federación de Pescadores) y diversas intervenciones de administraciones municipales y/o, estatales.

Mientras que, en el grupo de “mojarra Catemaco” se incluyen, probablemente, especies nativas como *Cichlasoma* sp y *Vieja fenestrata* (Günther, 1860); además de *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862), que es una especie introducida de la cual no se conoce con certeza la fecha de su introducción; sin embargo, Lorán-Núñez (comunicación



personal, ex investigador del Instituto Nacional de Pesca y Acuicultura) documenta la presencia de esta especie en 2004, y aparentemente establecida exitosamente en el lago de Catemaco, a diferenciade otras especies como lobina negra (*Micropterus salmoides* Lacèpède 1802), carpa común (*Cyprinus carpio* Linnaeus 1758) y chirina (*Throrichthus* sp).

Considerando la importancia comercial de *V. fenestrata* (especie nativa) y *M. urophthalmus* (especie introducida) para la pesquería artesanal del lago de Catemaco, su presencia durante todo el año sin repoblación constante como sucede con las “tilapias”, además de coexistir en un sistema tipo lago, y no estuarino, donde generalmente se han reportado. El presente trabajo tiene como propósito central describir comparativamente aspectos de crecimiento y reproducción; particularmente: estructura de tallas, edad, dos aspectos esenciales de la biología poblacional: crecimiento individual y reproducción con la finalidad de contribuir a la caracterización del perfil biológico de las especies, que sirve para sustentar estrategias de manejo y conservación, dentro de la administración pesquera; y por otro lado para evaluar la disponibilidad de recursos tomando como referencia crecimiento y reproducción.

## **2.- Antecedentes**

El rendimiento pesquero del lago de Catemaco se estimó en alrededor de 1200 toneladas anuales de 1992 al 2002; los rendimientos por hectárea solo son superados por la presa Infiernillo en Michoacán (Lorán-Núñez *et al.*, 2013). No obstante, en el registro histórico de capturas de la CONAPESCA se reporta por grupos genéricos (e.g. mojarra, tilapia), lo que dificulta conocer la composición de especies y su variabilidad en el tiempo.

Históricamente, los trabajos de investigación realizados en el lago de Catemaco se han centrado en la caracterización físico-química del lago (Berea-Muñoz, 1991; Pérez-Curiel, 1994; Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1992; Pérez-Rojas *et al.*, 2000) y en la diversidad biológica microscópica (Suárez *et al.*, 1985; Tavera-Sierra, 1996; Torres-Orozco & Zanatta, 1998; Tavera & Castillo, 2000; Komárková & Tavera, 2003; Casique *et al.*, 2014).

El primer antecedente acerca del estudio de las pesquerías del lago de Catemaco se remonta al análisis pesquero llevado a cabo por Rivera-Teillery (1976), quien menciona que los mayores volúmenes de captura eran del Clupeido *Dorosoma petenense*, y los cíclidos

*Cichlasoma gadovii* (actualmente sinónimo de *Vieja fenestrata*) y *Cichlasoma fenestrata* (actualmente *Vieja fenestrata*). Cabe destacar que, en ese listado de especies de peces del lago, no hay registro de ninguna especie introducida.

Tres décadas después del trabajo de Rivera-Teillery (1976) y para fundamentar la NOM-041-PESC-2004 aplicable para el lago de Catemaco, investigadores del Instituto Nacional de Pesca, describieron la biología de 15 especies de peces del lago en un ciclo anual de muestreo (agosto 2004-septiembre 2005), considerando aspectos reproductivos y somatométricos lo que permitió determinar tallas óptimas de captura (Lorán-Núñez *et al.*, 2006a).

Lorán-Núñez *et al.*, (2006b) determinaron también, la composición, distribución espacio-tiempo y captura por unidad de esfuerzo de la ictiofauna comercial del lago de Catemaco, que posiciona al topote (*Dorosoma petenense*) y los cíclidos nativos, en primero y segundo lugar respectivamente; lo cual coincide con lo reportado por Rivera-Teillery (1976) pero con decremento en los volúmenes de captura.

## 2.1.- Descripción de especies

### 2.1.1.-*Vieja fenestrata* (Günther, 1860)



**Figura 1.** *Vieja fenestrata* (Günther, 1860), localmente conocida como: conchero, colorado, amoyotero ó prieta.

*Vieja fenestrata* (Figura 1) presenta una cabeza relativamente corta y boca horizontal, volviéndose oblicua en los adultos; mandíbulas por lo general iguales en su parte anterior, el hocico no proyectado (Miller, 2009), el rasgo más prominente es la presencia de cinco a seis

manchas negras que forman una línea horizontal, que parte del pedúnculo caudal y se extiende sobre la parte posterior del flanco y, cinco a seis barras verticales negras a gris. En el lago de Catemaco presenta una gran variedad de coloración, sin embargo, en los picos de mayor intensidad reproductiva presenta colores vívidos que van desde el rojo a rosado en la cabeza con ligeras estrías azules y moradas que se hacen más evidentes en el opérculo y en las barras más oscuras de los flancos; en meses de baja actividad reproductiva, generalmente, los colores son más opacos.

La información acerca de la historia de vida de *V. fenestrata* es escasa; la literatura disponible se centra en procesos de tipo ecológico como parasitosis (Salgado-Maldonado, 2008; Garrido-Olvera, *et al.*, 2012) y como parte de ensamblaje de comunidades en Alvarado, Veracruz (Chávez -López, *et al.*, 2005a) y los humedales de Tabasco (Castillo-Torres, *et al.*, 2017).

*Distribución:* en la vertiente del Golfo de México, desde el río La Antigua (Mercado-Silva *et al.*, 2012) hasta la cuenca baja del río Coatzacoalcos (Miller, 2009) en Veracruz y, en el río San Pedro, Tabasco (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989).

*Hábitat:* arroyos, ríos, lagos (como el de Catemaco), estuarios, incluso ocasionalmente en aguas marinas, en agua clara a teñida con taninos o lodosa; corriente nula, lenta a moderada, ocasionalmente veloz; sustrato de lodo, arena, roca, algas, hojarasca, troncos; vegetación ausente o rala, de algas, raíces de árboles, profundidad hasta 1.5 m según Miller (2009). En el lago de Catemaco se captura hasta profundidades cercanas a los 4 m (observación personal).

*Biología:* los alevines y juveniles habitan aguas tranquilas; los adultos prefieren zonas con corriente y habitan aguas más profundas. Se han capturado juveniles de 7-14 mm de longitud patrón (LP) entre febrero y julio, lo que indica una temporada reproductiva prolongada. Los machos más grandes (25.5 cm LP) pueden desarrollar una prominente joroba en la nuca. En el lago de Catemaco existen variedades negras y blancas (Miller, 2009). Es una especie omnívora, su dieta incluye macrofitas, detritus, peces y vegetales (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989). En ejemplares extraídos del lago de Catemaco, es común encontrar gran cantidad de restos de moluscos en estómago e intestinos (observación personal).

Lorán-Núñez *et al.*, (2006a), reportaron que su periodo reproductivo en el lago de Catemaco va de febrero a mayo con un máximo en marzo; una talla de primera madurez de 15.5 cm longitud total (LT) para hembras, con talla mínima de reproducción de la hembra de 11 cm LT y la hembra madura más grande de 18.3 cm LT (Lorán-Núñez *et al.*,2013). La captura de esta especie deberá realizarse a partir de los 15.7 cm LT de acuerdo con la NOM-041-PESC-2004 para la pesca responsable en el lago.

En contraste, en el río San Pedro, la talla de primera madurez se estimó en 8.9 y 14.5 cm LT para hembras y machos, respectivamente; y el período reproductivo va de mayo a septiembre (Chávez-Lomelí *et al.*,1989).

### **2.1.2.-*Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862)**



**Figura 2. *Mayaheros urophthalmus* (Günther, 1862), localmente conocida como Chogoma.**

*Mayaheros urophthalmus* (Figura 2) presenta espinas dorsales, XV-XVIII, usualmente XVI; anales, por lo general VI; la primera de 6 o 7 barras verticales oscuras cruza la línea lateral cerca de su origen; una mancha conspicua centrada en la cuarta barra vertical; una mancha caudal oval orlada de color claro, ligeramente sobre el centro de la base del pedúnculo caudal (Miller, 2009).

*Distribución:* su distribución natural comprende desde la cuenca del río Coatzacoalcos en Veracruz, hacia el este, incluida la península de Yucatán e Isla Mujeres, en Campeche, Chiapas, Quintana Roo, Tabasco, Yucatán; al sur hasta Nicaragua (Miller, 2009). Pero su distribución se ha ampliado, con poblaciones establecidas en Alvarado, Veracruz (Chávez-López *et al.*, 2005b); Florida, Estados Unidos (Loftus, 1987; Paperno *et al.*, 2008) y Tailandia (Nico *et al.*, 2007). En México se han translocado en los ríos Lacanjá, Lacantún, Usumacinta en Chiapas y en las inmediaciones de granjas de acuicultura en Tabasco (Rodiles-Hernández *et al.*, 1999), así como también en la presa Temascal, Oaxaca (Espinosa-Pérez *et al.*, 1993).

*Hábitat:* lagos, ríos, arroyos, cenotes, pantanos y estanques; donde existe aguas clara, turbia o lodosa; y no hay corriente o esta es moderada, y el fondo de arena, lodo, arcilla, grava, cantos rodados calizos, troncos, ramas, conchuela; profundidad hasta 2 m (Miller, 2009). Alta tolerancia a la salinidad, considerándose como un pez eurihalino (Martínez & Ross, 1992), presenta alta mortalidad a temperaturas menores de 10°C (Schofield *et al.*, 2010).

*Biología:* en la zona litoral de Isla del Carmen, Campeche, el ciclo de vida entero transcurre bajo una salinidad de 20-38 ppm, a temperaturas de 19° a 33°C. En el estiaje (junio a noviembre) predominan los juveniles, pero durante las lluvias se encuentran jóvenes y adultos; en la época de “nortes” predominan los preadultos (Miller, 2009). La reproducción tiene lugar todo el año, con picos de desove de mayo a agosto, pero es más intensa en la época lluviosa (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989); la relación de sexos es 1:1 (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989; Chávez-López *et al.*, 2005b). En Laguna de Términos, se reproduce en un ambiente primordialmente estuarino a marino (Ayala-Pérez *et al.*, 2003). Alcanza la madurez entre los 75 y los 80 mm LT (Miller, 2009), la longitud máxima conocida es de 39 cm LT (Fuller *et al.*, 1999). Se considera como una especie con gran flexibilidad alimenticia dependiendo de su ontogenia y disponibilidad de alimento, ya que se le ha ubicado en tres grupos: omnívora, herbívora y carnívora (Faunce & Lorenz, 2000, Chávez-López *et al.*, 2005b, Villareal *et al.*, 2011). En el lago de Catemaco presenta crecimiento somático de tipo alométrico positivo para las hembras y alométrico negativo para los machos (Lorán-Núñez *et al.*, 2006b).

Los efectos de la introducción de *M. urophthalmus* sobre poblaciones nativas no son fáciles de descifrar; sin embargo, estudios sobre la dieta sugieren efectos negativos en

poblaciones de otros peces (Faunce *et al.*, 2002; Adams & Wolfe, 2007), aunado a su extrema adaptabilidad (Chávez-López *et al.*, 2005b) y, por otro lado, el comportamiento de cuidado biparental sugiere ventajas en la supervivencia de huevos y juveniles (Poperno *et al.*, 2008). *Mayaheros urophthalmus* que ha sido explorada y utilizada con fines de acuicultura, e introducida en distintos cuerpos de agua, ha resultado ser un “invasor exitoso” (Harrison *et al.*, 2014).

## **2.2.-Interacción ecológica e implicaciones en la actividad pesquera**

La historia de vida de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* son similares y, presentan una gran plasticidad poblacional para adaptarse a situaciones adversas. Sin embargo, ciertas condiciones físico-químicas favorecen, en parte, su distribución espacial dentro de un mismo sistema estuarino, Toral-Almazán & Reséndez-Medina (1974) reportaron que *M. urophthalmus* es más abundante en laguna de Términos, Campeche, excepto en aquellas lagunetas, arroyos y ríos donde la salinidad y clorinidad son menores, y por tanto se incrementa la presencia de especies como *V. fenestrata*.

En tanto, en el sistema lagunar de Alvarado, Veracruz, los registros históricos de ictiofauna dan cuenta de la presencia de *V. fenestrata* en el periodo 1966-1968, pero a partir de 1987, se registra la ocurrencia de *M. urophthalmus* y otras especies introducidas como “tilapias”, lo que sugiere un posible desplazamiento de especies nativas (Chávez-López *et al.*, (2005a).

Ahora bien, *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* son aprovechadas simultáneamente en el lago de Catemaco, aunque esta última no se incluya en las disposiciones legales de la NOM-041-PESC-2004. Hasta el momento se desconocen las implicaciones en cuanto a su contribución relativa dentro de la pesquería y, más aún, sus efectos sobre la dinámica poblacional de la especie nativa *V. fenestrata*, que ha persistido en el tiempo a pesar del establecimiento y propagación de varios cíclidos alóctonos, entre ellos *M. urophthalmus*.

### **3.-Hipótesis**

Las especies *V. fenestrata* (nativa), y *M. urophthalmus* (introducida) presentan historias de vida y capacidad de adaptación similares en ambientes distintos; sin embargo, cohabitan en el lago de Catemaco desde el año 2004 aproximadamente, y son sometidas a las mismas presiones de pesca. Entonces, la coexistencia observada hasta el momento, estará determinada, parcialmente, por diferencias en el crecimiento y reproducción, reduciendo las presiones competitivas entre ellas.

### **4.-Objetivos**

#### **4.1.-Objetivo general**

Caracterizar el crecimiento y la reproducción de la especie nativa *Vieja fenestrata* y la especie introducida *Mayaheros urophthalmus*, en el lago de Catemaco, Veracruz; para explicar la coexistencia de ambas y sus implicaciones dentro de la pesquería artesanal.

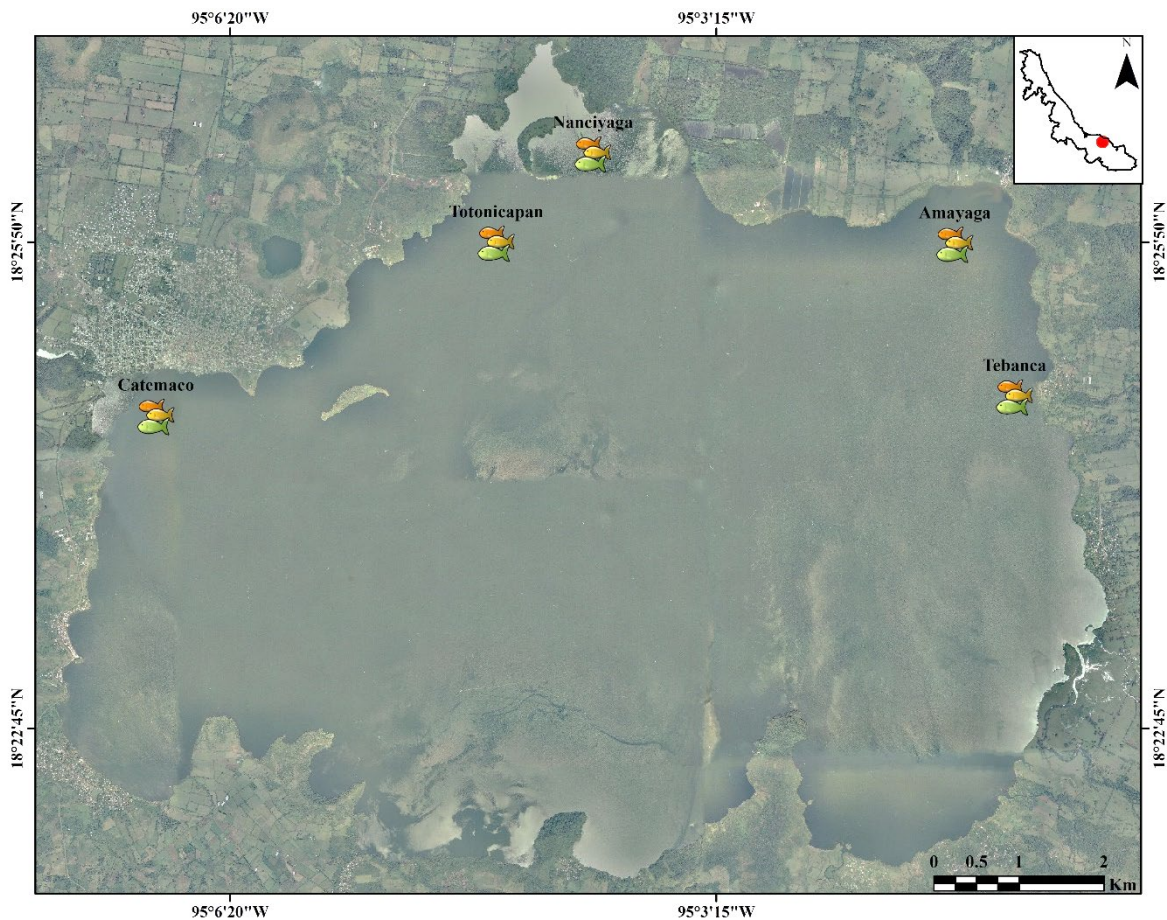
#### **4.2.-Objetivos específicos**

1. Determinar la estructura de tallas de captura de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* en el lago de Catemaco en un ciclo anual.
2. Determinar la edad y describir el crecimiento individual de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus*.
3. Describir la dinámica reproductiva de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus*.
4. Evaluar comparativamente los elementos de los objetivos previos para *V. fenestrata* y *M. urophthalmus*.

## 5.- Materiales y método

### 5.1.-Área de estudio

El lago de Catemaco se localiza en el Macizo Volcánico de Los Tuxtlas, en el sureste del estado de Veracruz, México. Está limitado por las coordenadas geográficas extremas 18° 21' y 18° 27' N y 95° 01' y 95° 07' O (Figura 3) a 332 m sobre el nivel del mar. El clima de la zona es húmedo cálido (Pérez-Rojas & Torres-Orozco 1992); con una precipitación pluvial anual de 1,935.3 mm, cuyo mínimo (25.6 mm) ocurre en marzo y el máximo (445.9 mm) en septiembre. La temperatura promedio anual es de 24. 1° C con un mínimo de 16.2 ° C y un máximo de 34. 3° C. De noviembre a enero dominan los vientos del norte y el resto del año los del noreste (Pérez-Rojas & Torres-Orozco 1992).



**Figura 3. Lago de Catemaco, Veracruz, México (Fuente de ortofoto: INEGI, 2019). Símbolos de peces representan los sitios de pesca de donde proceden las muestras.**



El lago de Catemaco recibe agua principalmente de la precipitación pluvial y de los arroyos Agrio, La Margarita, Ahuacapan, Pozolopan, Cuetzalapan. En su litoral noreste tiene un efluente artificial llamado Río Grande de Catemaco, que desemboca en la cuenca del río Papaloapan (Guevara- Sada *et al.*, 2006).

La profundidad máxima es de 22 m, la profundidad media es de 7.6 m. Posee una superficie de 72.543 km<sup>2</sup>, y un volumen de 551.52 millones de metros cúbicos (Pérez-Rojas & Torres-Orozco, 1992). El lago de Catemaco ocupa el quinto lugar dentro de los lagos más grandes del país, por debajo del lago Chapala en Jalisco, Cuitzeo y Pátzcuaro en Michoacán, y Yuriria en Guanajuato.

Las especies de peces registradas hasta ahora en el lago de Catemaco son 18, 12 de las cuales son objetivo de la pesquería artesanal. Las mayores contribuciones a la captura provienen de las especies introducidas (Tabla 4). Cabe destacar que el 30% de especies presentes en el lago son endémicas.

## **5.2.-Muestreo**

### **5.2.1.-Muestreo masivo**

Se realizaron muestreos mensuales dirigidos a las especies *M. urophthalmus* y *V. fenestrata* de enero a diciembre de 2018, principalmente en la región norte del lago, específicamente desde la cabecera municipal hasta la localidad de Tebanca (Figura 3). Se obtuvieron las tallas individuales de gran parte de la captura por pescador el día de muestreo, considerando la longitud total del pez (LT) al centímetro inferior más cercano.

Posteriormente, para el muestreo biológico, se seleccionó una muestra representativa del intervalo de tallas de los peces capturados por cada pescador.

Las muestras se transportaron en hielo al laboratorio del Instituto de Neuroetología, en Catemaco, o al Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías en Boca del Río, ambos de la Universidad Veracruzana.

## 5.2.2.-Muestreo biológico

La identidad taxonómica de las especies *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* fueron corroboradas con la clave de identificación de Miller (2009). De cada ejemplar se midió la longitud total (LT) al milímetro y el peso total (PT) con precisión de 0.01g. De una porción menor de individuos se midió la longitud patrón (LP) al milímetro para la reconstrucción de tallas.

Posteriormente se evisceró cada individuo, cortando desde el orificio anal, pasando entre las aletas pélvicas, hasta la apertura branquial. Se extrajeron las vísceras cuidadosamente para separar hígado y gónadas del resto de las vísceras. Se obtuvo el peso del pez eviscerado (Pe), peso del hígado (Ph) y peso de la gónada (Pg) con una báscula digital de 0.01 g de precisión.

El sexo fue determinado por inspección macroscópica de las gónadas. La escala de madurez gonadal se adaptó (Tabla 1) con base en las escalas propuestas por Nikolsky (1963), Holden & Raitt (1975) y Faunce & Lorenz (2000).

Tabla 1. Escala de madurez gonadal basados en Nikolsky (1963), Holden & Raitt (1975) y Faunce & Lorenz (2000) adaptada para este trabajo.		
Fase	Estado	Descripción
I	Inmaduro	Órganos sexuales traslucidos, pequeños y situados cerca de la columna vertebral.
II	En desarrollo	Ovarios rosáceos ó translúcidos; testículos blancuzcos, más o menos simétricos. Huevos invisibles a pequeños gránulos de color crema a rosáceo en hembras.
III	Puesta	Ovarios de color café o amarillo con aspecto granular, turgentes y cuasi cilíndricos. Testículos blancuzcos a crema, turgentes y aplanados.
IV	Pospuesta	Ovarios y testículos visiblemente vascularizados. Grandes huevos maduros, transparentes, pero considerados como residuales. Testículos blancuzcos crema, blandos. Este estado suele confundirse con individuos en desarrollo (II), de ser así, se considera como estado indeterminado.
V	Reposo	Ovarios y testículos contraídos y blandos. Este último estado se relacionó de forma empírica con la talla, ya que podría confundirse con ejemplares inmaduros (I).

## 5.3.-Análisis de datos

### 5.3.1.-Estructura de tallas

El análisis de los datos para determinar la estructura de tallas se realizó en el programa Stata versión 11.1 (2009), utilizando los datos obtenidos del muestreo masivo. Se utilizó el Estimador de Densidad de Kernel (EDK) con función gaussiana (Ecuación 1), puesto que presenta una eficiencia aceptable de 95% al minimizar el error cuadrado y suaviza el perfil de distribución de los datos (Salgado-Ugarte *et al.*, 2000).

Ecuación 1 ..... 
$$f(x) = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

Donde:

$f(x)$  = estimación de densidad de la variable  $x$

$n$  = número de observaciones

$h$  = amplitud de intervalo de clase

$K$  = función Kernel gaussiana (Ecuación 2)

Ecuación 2 ..... 
$$K_z = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{z^2}{2}\right)$$

La amplitud de intervalo para cada mes, se obtuvo promediando la amplitud de intervalo normal gaussiana de Silverman (Ecuación 3) *versus* la amplitud de intervalo gaussiana sobreesuavisada de Scott (Ecuación 4), que resuelven un valor mínimo y máximo de amplitud de intervalo, respectivamente.

Ecuación 3..... 
$$h = 0.9 \min\left(\sigma \frac{RIC}{1.349}\right) n^{-1/5}$$

Ecuación 4..... 
$$h \geq 1.144 * \sigma * n^{-1/5}$$

Donde:

$h$  = amplitud del intervalo de clase

RIC = recorrido intercuartílico

$\sigma$  = varianza

n=número de observaciones

Una vez obtenidos los EDK, se separaron los componentes modales mensuales observados, mediante el método Bhattacharya, donde cada componente separado representa una cohorte en la distribución de frecuencia total, comenzando por el lado izquierdo, donde se ubican individuos de tallas pequeñas (Sparre & Venema, 1997). Para cada componente modal correspondió un valor de talla promedio, desviación estándar, valor de correlación y número de individuos.

El procedimiento numérico, consistió en linealizar la distribución normal, mediante la transformación logarítmica de cada valor, después calcular diferencias entre logaritmos consecutivos hasta el límite superior del intervalo (Ecuación 5), y mediante inspección visual del gráfico de dispersión, ubicar los puntos que correspondían a la línea recta del primer componente identificado.

Ecuación 5..... $N = [x - \frac{h}{2}, x + \frac{h}{2}]$

Donde:

N = número de individuos de la muestra

h = amplitud del intervalo

x = punto medio de la amplitud del intervalo ó marca de clase

$x+d/2$  = límite superior del intervalo

Para validar la separación de componentes modales se utilizó el índice de separación (I), donde los componentes se encuentran bien diferenciados si el  $I > 2$  (Sparre & Venema, 1997, Ecuación 6).

Ecuación 6 ..... $I = \frac{\bar{L}(a+1) - \bar{L}(a)}{[s(a+1) + s(a)]/2}$

Donde:

$\bar{L}$  = media del componente

S = desviación estándar del componente

a = componente

Una vez separados y validados cada uno de los componentes, se integraron al análisis de progresión modal, que consiste en interconectar cada uno de los componentes modales en forma secuencial con la finalidad de identificar posibles cohortes. El procedimiento de interconexión considera aspectos biológicos conocidos de crecimiento, al menos de la misma familia o género taxonómico, así como el incremento corporal entre los componentes.

### 5.3.2.-Estimación de edad y crecimiento

Se empleó el modelo clásico de descripción del crecimiento individual de von Bertalanffy, que considera la talla del cuerpo como una función de la edad ( $L_t$ ), se expresa de la siguiente forma:

$$\text{Ecuación 7} \dots \dots \dots L_t = L_\infty * [1 - e^{(-k*(t-t_0))}]$$

Donde:

$L_\infty$  = Longitud asintótica

k = coeficiente catabólico, determina la rapidez con la que el pez alcanza  $L_\infty$

t = edad

$t_0$  = edad teórica a la cual la talla es 0

De las cohortes identificadas se seleccionó la que abarcara el mayor número de componentes e incluyera un intervalo amplio de tallas.

La obtención de edad aproximada se realizó estimando el periodo probable de desove de la cuál provino cada cohorte, mediante un gráfico de dispersión, extrapolando la tendencia de la curva que une cada una de los componentes modales (y) de cada cohorte hacia el eje que representa la edad (x), y considerando que el crecimiento promedio en individuos juveniles es de aproximadamente 22 mm (Jiménez-Martínez *et al.*, 2009).

La estimación de los parámetros  $L_{\infty}$ ,  $k$  y  $t_0$  utilizados como valores semilla para el ajuste del modelo de crecimiento de von Bertalanffy, se obtuvieron mediante los modelos convencionales de Gulland & Holt (Ecuación 8.) y von Bertalanffy (Ecuación 9), por ajustes lineales de acuerdo con Sparre & Venema (1995). Las siguientes ecuaciones presentan solo datos de entrada para obtener los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  de cada uno de los modelos, variable dependiente (VD) y variable independiente (VI), y sus correspondientes para cada parámetro:

Ecuación 8.....VD= $\Delta L/\Delta t$       VI= $L_t$       Entonces:  $k=-\beta$  y  $L_{\infty}=-\alpha/\beta$

Ecuación 9.....VD= $t$       VI= $-\ln(1-L_t/L_{\infty})$       Entonces:  $k=\beta$  y  $t_0=-\alpha/\beta$

Donde:

$\Delta L$ =incremento en longitud

$\Delta t$ =incremento en edad

$t$ =edad

$L_t$ =longitud a la edad

$L_{\infty}$ =longitud asintótica

Los parámetros  $k$  y  $t_0$  se optimizaron minimizando la suma del error cuadrado con la herramienta *solver* del programa Microsoft Excel, este procedimiento permite maximizar el

ajuste de los datos estimados vs los observados.  $L_{\infty}$  se mantuvo sin optimizar para evitar subestimarla en el proceso.

Para compensar la ausencia de individuos pequeños de la población y estimar una  $t_0$  más adecuada, se optó por utilizar la talla de eclosión de 7 mm LT observada por Martínez-Palacios & Ross (2004) en *M. urophthalmus* y, que es semejante a otros cíclidos (Říčan *et al.*, 2005).

### 5.3.3.- Proporción de sexos

La proporción sexual se calculó dividiendo el número de hembras entre el número de machos (H:M). Se empleó el estadístico  $X^2$  (Ecuación 10) para evaluar el ajuste a una proporción 1:1, utilizando 1 grado de libertad, valor de significancia  $\alpha=0.05$ , que resuelve un valor crítico de tablas de 3.84.

Ecuación 10..... 
$$X^2 = \sum \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Donde:

$X^2$ = estadístico calculado

$o_i$ =Proporción observada

$e_i$ = Proporción esperada 1:1

### 5.3.4.- Talla de primera madurez

La talla de primera madurez sexual ( $L_{50}$ ) se calculó para cada sexo, agrupando los ejemplares en inmaduros (fase I) y maduros (fases II, III, IV y V) de la escala de madurez macroscópica (tabla 2).

La expresión matemática (Ecuación 11) utilizada para describir la ojiva de madurez corresponde al modelo logístico de Sparre & Venema, (1997), pero utilizando una fracción acumulada de individuos maduros por cada grupo de tallas:

$$\text{Ecuación 11} \dots\dots\dots P = \frac{1}{1+e^{(\alpha-\beta*L)}}$$

Donde:

P= proporción acumulada de hembras y machos sexualmente maduros

L= marca de clase del intervalo de longitud total

$\alpha$  =intercepto

$\beta$ =pendiente

El valor de  $L_{50}$  se obtiene de la razón  $= \alpha/\beta$ ; los parámetros  $\alpha$  y  $\beta$  corresponden a la ordenada de origen y la pendiente de la solución linearizada de la proporción acumulada de individuos maduros *versus* la talla media del intervalo de clase. Ambos parámetros se optimizaron mediante la función *Solver* en excel, minimizando el cuadrado medio del error de lo observado con lo estimado.

Para poder comparar adecuadamente las estimaciones derivadas de este estudio y lo reportado en estudios previos, se utilizaron funciones lineales de conversión de LT a LP (Tabla 2).

<b>Tabla 2.</b> Funciones lineales de conversión. LT=longitud total, LP=longitud patrón.				
Especie	Función lineal de LP en cm	r <sup>2</sup>	n	p
<i>Vieja fenestrata</i>	LP = 0.7897*LT + 0.0347	0.985	240	<0.001
<i>Mayaheros urophthalmus</i>	LP = 0.7638*LT + 0.4020	0.971	170	<0.001

### 5.3.5.-Índice gonadosomático

Se calculó el índice gonadosomático (IGS) individual para hembras mayores a  $L_{50}$  estimada. Este índice permite definir el patrón de puesta de los peces, donde a mayor valor del índice



nos indica una gónada más desarrollada (Gutiérrez & Otsu 1975; Gluyas-Milan, 1994). El IGS expresa la proporción de peso de la gónada respecto al peso total del pez (Ecuación 12).

$$\text{Ecuación 12} \dots\dots\dots IGS = \frac{Pg}{PT} * 100$$

Donde:

Pg=Peso de la gónada

PT=Peso total

### 5.3.6.-Índice hepatosomático

Se calculó el índice hepatosomático (IHS) individual para hembras mayores a la L<sub>50</sub> estimada. Se consideró este índice por su posible asociación con la dinámica de almacenamiento y transferencia de lípidos y proteínas necesarios para la actividad reproductiva (Faunce & Lorenz., 2000). Se expresa como una proporción el peso del hígado respecto al peso total del pez (Ecuación 13).

$$\text{Ecuación 13} \dots\dots\dots IHS = \frac{Ph}{PT-Ph} * 100$$

Donde:

Ph=peso del hígado

PT=peso total

Para evaluar la posible relación causal entre el desarrollo gonadal y la dinámica de almacenamiento de lípidos en el hígado, se exploró el tipo y magnitud de la asociación del IHS y IGS por métodos lineales ( $r^2$ ).

## 6.-Resultados

De enero a diciembre 2018 se midieron 1,410 individuos de *V. fenestrata*. El intervalo de tallas observado fue entre 90 y 270 mm LT ( $\bar{X}$  = 151 mm LT; DE = 28 mm). Se seleccionaron 954 individuos como muestra biológica.

De *M. urophthalmus* se midieron 889 individuos, el intervalo de tallas fue de 70 mm a 240 mm LT ( $\bar{X}$  = 158 mm LT; DE = 27 mm) (Figura 4), se seleccionaron 600 individuos como muestra biológica.

La estructura de tallas de la muestra masiva global de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* se traslapa, sin embargo, se observa que en *V. fenestrata* fue más frecuente la aparición de tallas de 130 mm LT y en *M. urphthalmus* tallas de 170 mm LT (Figura 4).

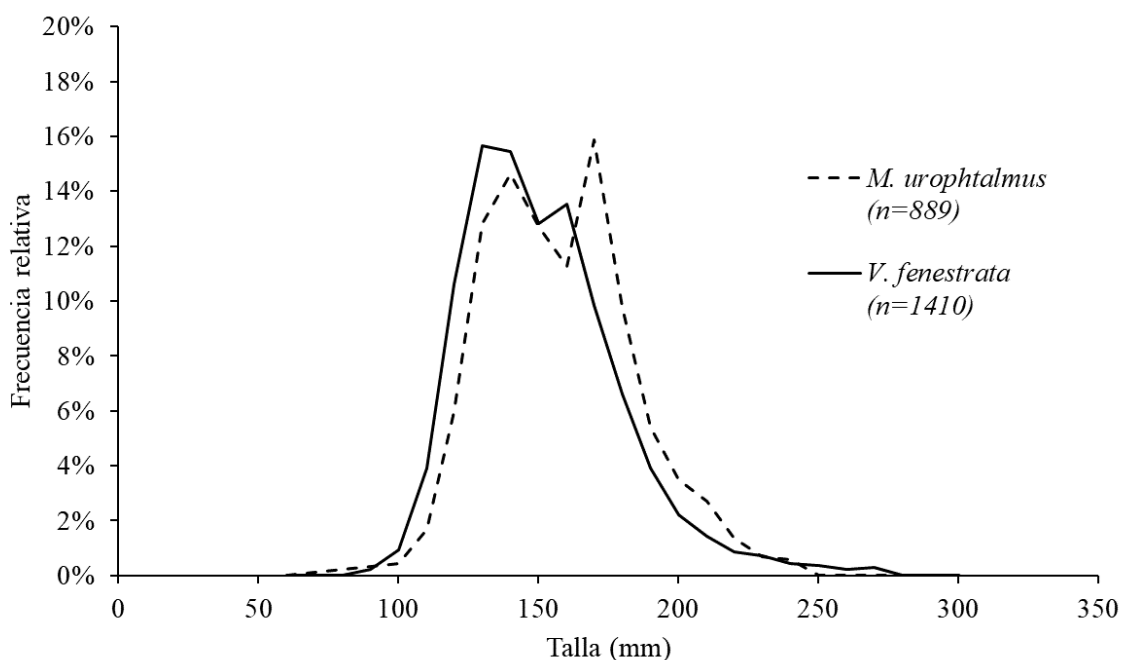
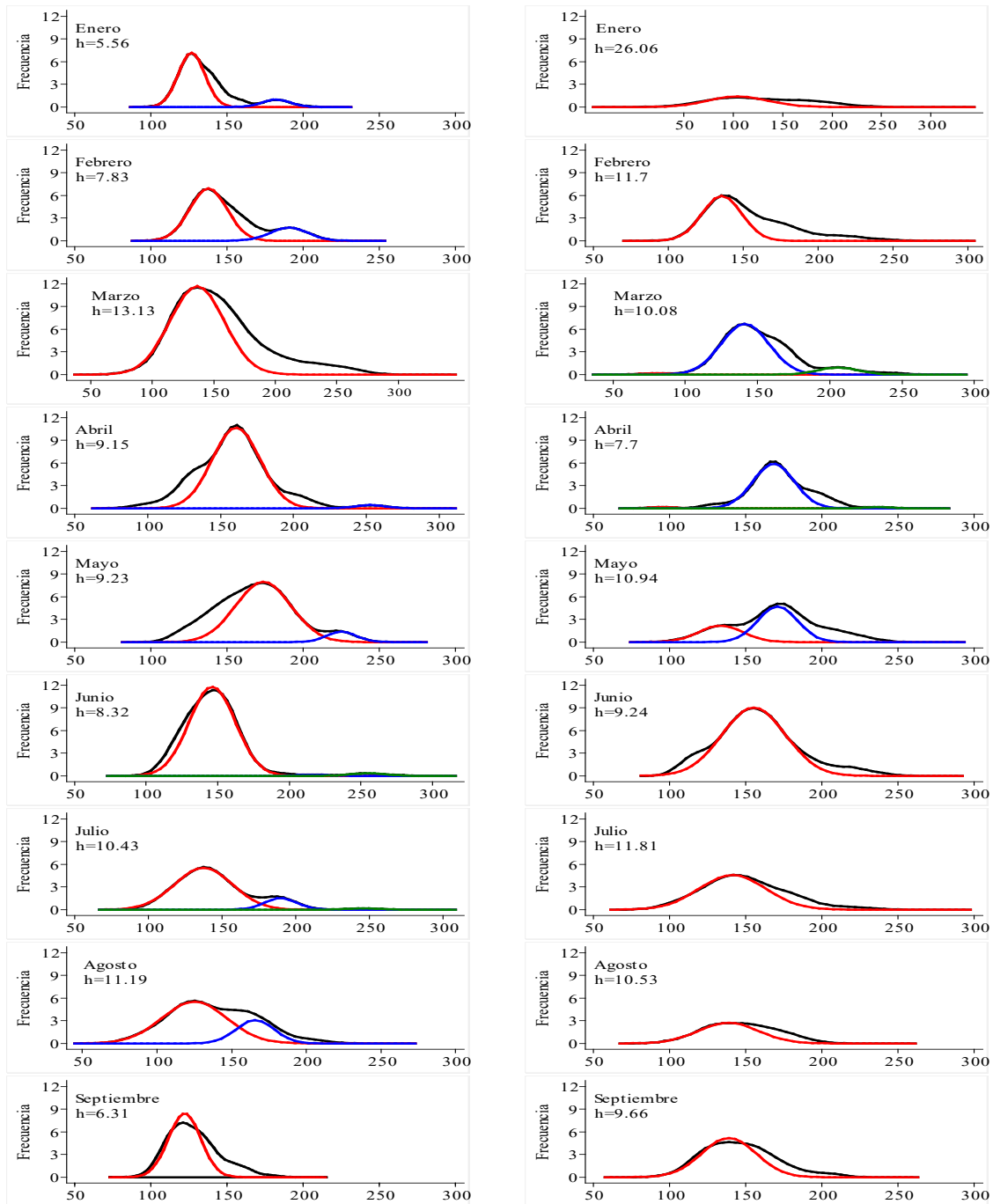
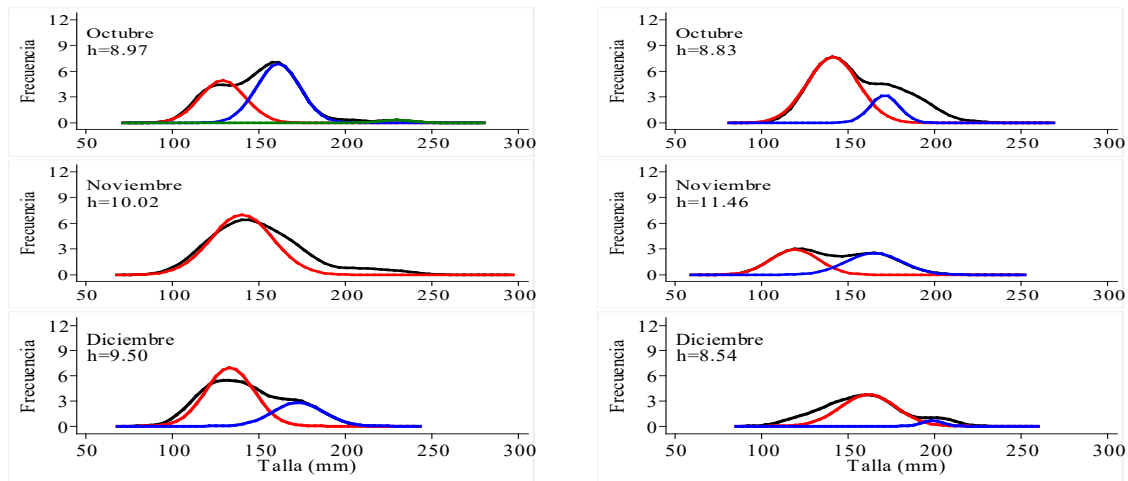


Figura 4. Distribución de frecuencia relativa de tallas de las especies *Vieja fenestrata* y *Mayaheros urophthalmus* en el lago de Catemaco, Veracruz, durante 2018.

### 6.1 Estructura de tallas mensual

La estructura de tallas mensual de ambas especies, en la mayoría de los casos fue bimodal; y en los casos en donde se presentó un tercer componente o grupo modal, este correspondió a tallas mayores a 200 mm LT (Figura 5).





**Figura 5.-Estructura de tallas mensual de *Vieja fenestrata* (izquierda) y *Mayaheros urophthalmus* (derecha), en el lago de Catemaco, Ver., 2018. La línea negra representa la muestra total por mes, las líneas de colores (rojo, azul y verde) representan los componentes o grupos modales. “h” representa el tamaño de intervalo para cada mes.**

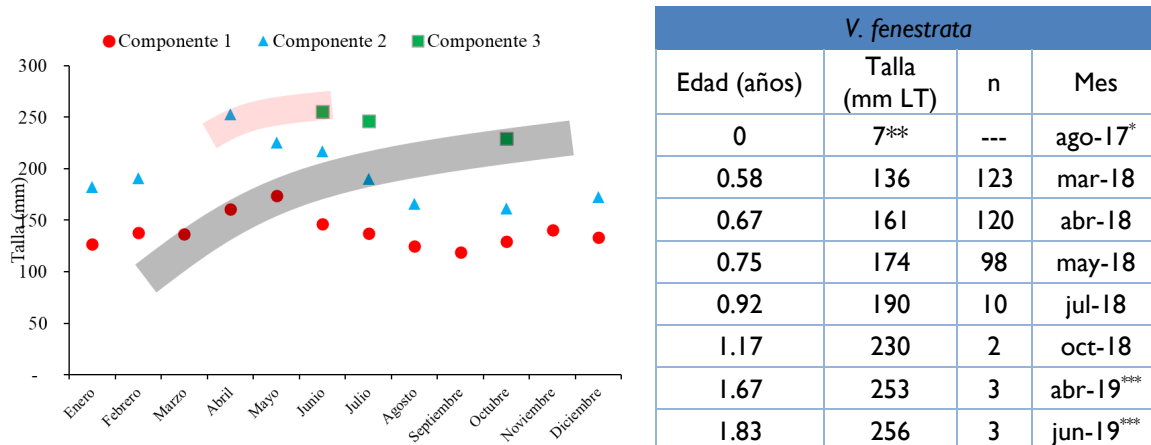
La distribución mensual de tallas de *V. fenestrata* fue unimodal en marzo, septiembre y noviembre; bimodal en enero, febrero, abril, mayo, agosto y diciembre; y trimodal en junio, julio y octubre. La primera moda o componente identificado en cada uno de los meses se ubicó entre 119 y 174 mm de LT, constituyó el componente más importante dentro de la distribución total.

La distribución mensual de tallas de *M. urophthalmus* fue unimodal en enero, febrero, junio, julio, agosto y septiembre; bimodal en mayo, octubre, noviembre y diciembre; y trimodal en marzo y abril. El primer componente identificado en cada mes varió entre 81 y 162 mm de LT; para los meses trimodales, el primer componente fue <100 mm de LT, y el tercer componente >200 mm LT.

## 6.2. Edad y crecimiento

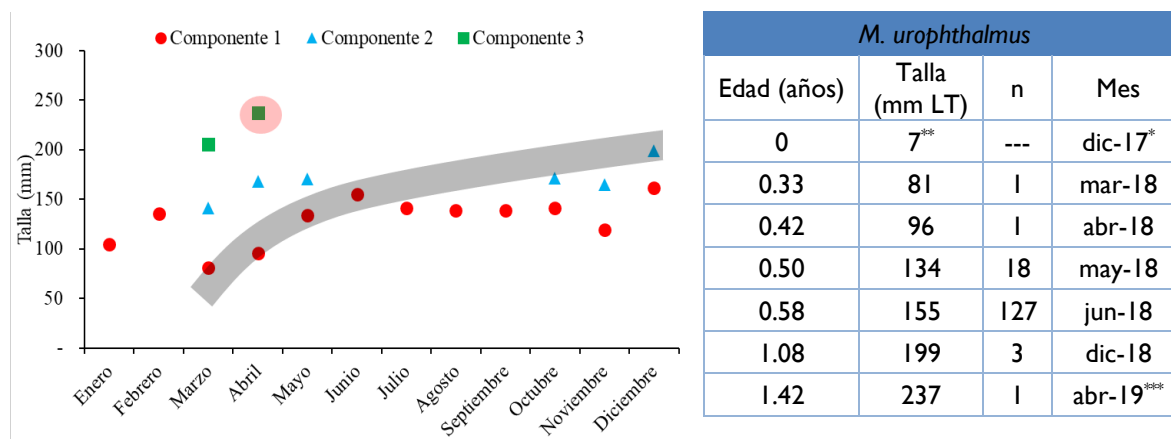
Se identificaron 24 componentes modales probables para *V. fenestrata*. Se construyó una cohorte tipo, a partir de la cohorte primaria de marzo a octubre, más los componentes de abril y junio 2018, que fueron considerados como “2019” con la finalidad de incluir los individuos

más grandes obtenidos en el muestreo (Figura 6), y de esta forma generar una cohorte con un umbral de tallas más amplio.



**Figura 6. Cohorte empleada para la estimación de los parámetros  $L^\infty$ ,  $k$  y  $t_0$  para *Vieja fenestrata*. La línea remarcada indica la cohorte primaria, en color rosado indica los componentes considerados como muestras hipotéticas del año 2019.**

En *M. urophthalmus* se identificaron 20 componentes modales en las distribuciones de tallas. Se construyó una cohorte tipo, a partir de la cohorte primaria de marzo a diciembre, más el componente de abril 2018, que fue considerado como “2019” (Figura 7).



**Figura 7. Cohorte empleada para la estimación de los parámetros  $L^\infty$ ,  $k$  y  $t_0$  para *Mayaheros urophthalmus*. La línea remarcada hace indica la cohorte primaria, el color rosado indica el componente considerado como muestra hipotética del 2019.**

Los valores obtenidos en la optimización de los parámetros de crecimiento (Tabla 3) cambiaron ligeramente y, describen un crecimiento acelerado en el primer año de vida para

ambas especies, pero *V. fenestrata* se aproxima a su  $L_{\infty}$  en menor tiempo que *M. urophthalmus* (Figura 8).

Tabla 3. Parámetros de crecimiento optimizados para <i>Vieja fenestrata</i> y <i>Mayaheros urophthalmus</i> en el lago de Catemaco, Veracruz.				
Parámetros	<i>Vieja fenestrata</i>		<i>Mayaheros urophthalmus</i>	
	Semilla	Optimizado	Semilla	Optimizado
$L_{\infty}$	298	298	385	385
k	1.10	1.11	0.65	0.69
$t_0$	- 0.03	-0.02	-0.08	- 0.04

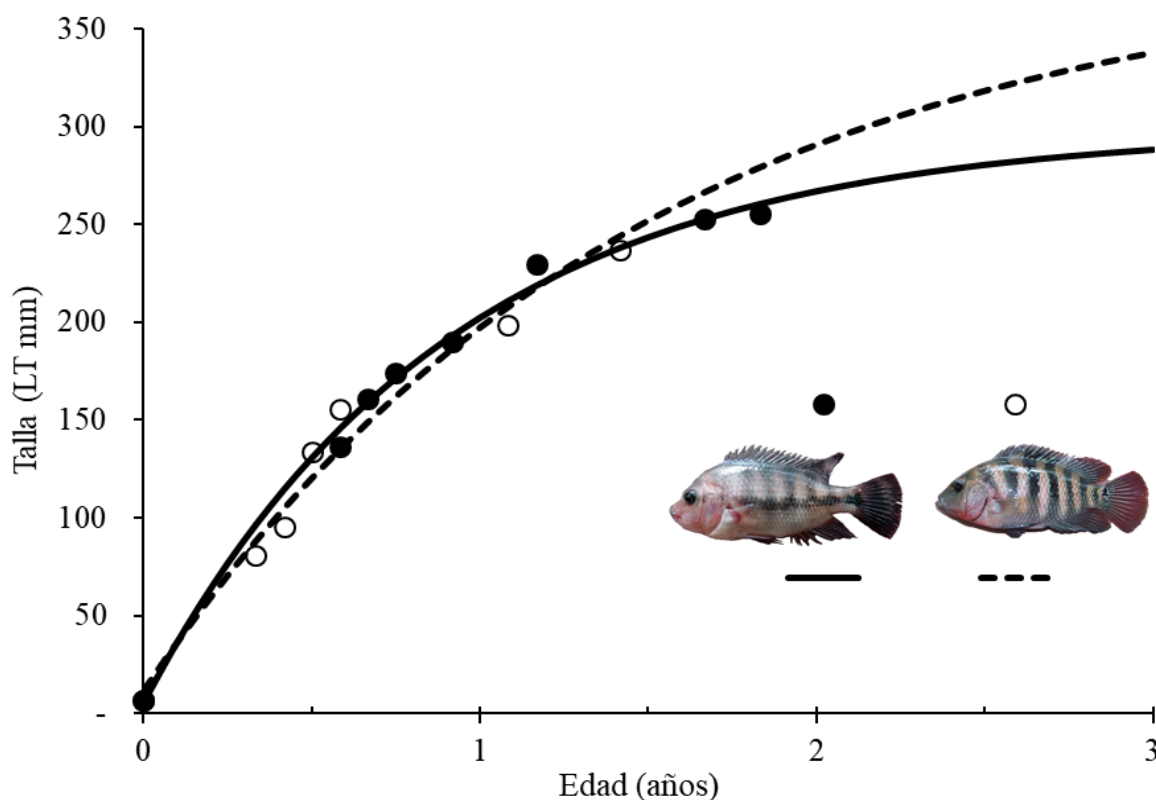


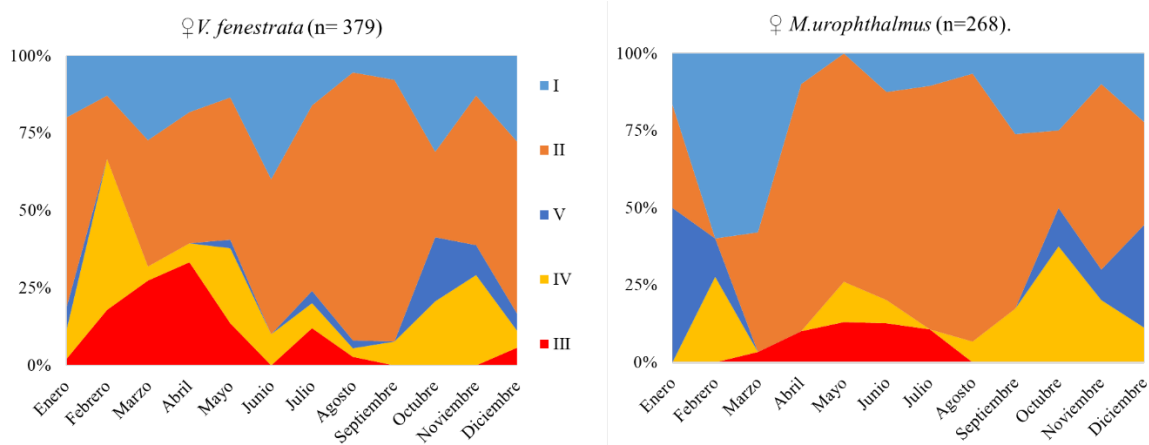
Figura 8.-Curva de crecimiento del modelo de von Bertalanffy para *Vieja fenestrata* y *Mayaheros urophthalmus*. Círculos rellenos y línea negra para *V. fenestrata*; círculos blancos y línea punteada para *M. urophthalmus*.

### 6.3. Dinámica reproductiva

La muestra biológica de *V. fenestrata* estuvo compuesta por 379 hembras, 404 machos y 141 indeterminados; aunque el número de hembras fue menor, la proporción sexual se ajustó a 1:1 ( $X^2=0.07$ ,  $gl=1$ ). Mientras que *M. urophthalmus* estuvo compuesta por 269

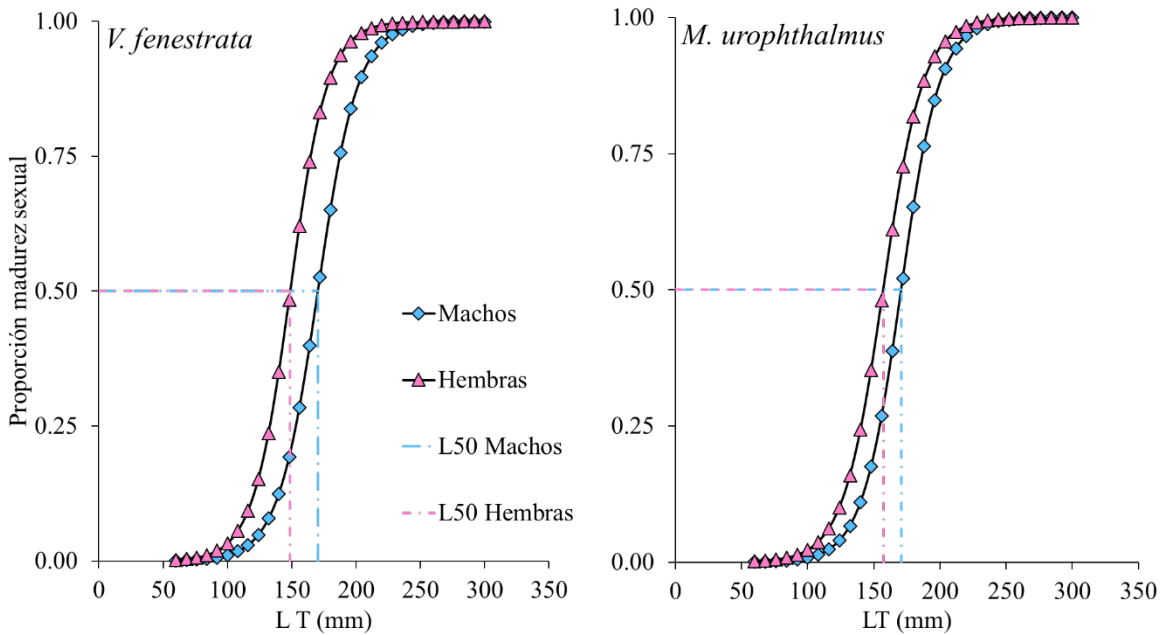
hembras, 214 machos y 117 indeterminados, al igual que vieja fenestrata la proporción sexual se ajustó 1:1 ( $X^2=0.00$ ,  $gl=1$ ).

La proporción del estado de madurez sexual en hembras, indicó que en abril se presentó el pico máximo de puesta (fase III) para *V. fenestrata*, con un incremento en julio, inclusive en diciembre se presentaron algunos individuos con actividad de puesta. En tanto que para *M. urophthalmus* se mantuvo de mayo a julio. La mayor parte de los individuos en ambas especies, presentaron desarrollo temprano de gónadas (fase II). La fase de pospuesta (fase IV) y reposo (fase V), es un poco más definida en los meses posteriores a la puesta en *M. urophthalmus* (Figura 9).



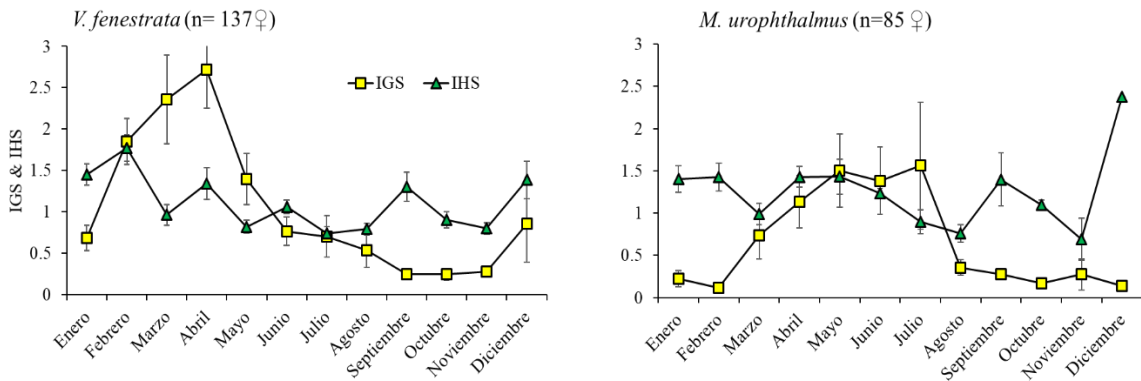
**Figura 9. Proporción de estados de madurez sexual de hembras de Vieja fenestrata y Mayaheros urophthalmus, en el lago de Catemaco, durante 2018.**

La  $L_{50}$  de *V. fenestrata* no difirió entre sexo, 170 mm LT ( $n=396$ ,  $r^2=0.95$ ,  $IC95\%=142 - 228$ mm) para machos y 149 mm LT ( $n=472$ ,  $r^2=0.98$ ,  $IC95\% = 131 - 179$  mm) para hembras. Lo mismo ocurrió con *M. urophthalmus*, 171 mm LT ( $n=212$ ,  $r^2=0.98$ ,  $IC95\%=145 - 208$  mm) para machos y 157 mm LT ( $n=268$ ,  $r^2=0.95$ ,  $IC95\%=123 - 212$  mm) para hembras (Figura 10).



**Figura 10. Ojiva de madurez sexual ( $L_{50}$ ) diferenciada por sexo para *Vieja fenestrata* y *Mayaheros urophthalmus*, en el lago de Catemaco, Ver.**

El IGS fue consistente con la época de mayor desarrollo de gónadas (fase III), definiendo un periodo reproductivo con inicio en enero y finalizando en agosto, con un máximo en abril para *V. fenestrata*. Para *M. urophthalmus* el periodo reproductivo inició en febrero y terminó en agosto, con un máximo en julio (Figura 11). No se observó una relación significativa entre los índices gonadosomático y hepatosomático de *V. fenestrata* ( $r^2=0.013$ ,  $p>0.05$ ) y *M. urophthalmus* ( $r^2=0.063$ ,  $p>0.05$ ).



**Figura 11. Índice gonadosomático y hepatosomático de hembras  $>L_{50}$  estimada para *Vieja fenestrata* (149 mm LT) y *Mayaheros urophthalmus* (157 mm LT).**



## 7.-Discusión

La competencia entre especies introducidas y nativas, es un proceso continuo y cada vez más frecuente en ecosistemas acuáticos mexicanos, más aún entre especies que presentan un comportamiento agresivo y territorial como ocurre generalmente en la familia Cichlidae; una de las particularidades de esta familia, es la gran capacidad de adaptación a distintas condiciones ecológicas, ya que desarrollan mecanismos que permiten el desplazamiento o coexistencia entre especies (Kullander, 2003; Hulsey *et al.*, 2010); tal como sucede con *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* en el lago de Catemaco.

La estructura de tallas anual del muestreo estuvo sesgada hacia individuos entre 100-200 mm LT, con una alta densidad en la talla alrededor de  $L_{50}$  estimada para hembras (*V. fenestrata*=149 mm LT, y *M. urophthalmus* =157 mm LT). Cerca del 64% de las capturas sobre *V. fenestrata* se ubican en tallas menores a  $L_{50}$ ; mientras que en *M. urophthalmus*, un 48%, lo cual sugiere una presión de pesca diferenciada por segmento poblacional entre especies, mayor presión sobre preadultos de *V. fenestrata* y que de *M. urophthalmus*.

La escasa presencia de individuos de tallas menores (<100 mm LT) al igual que la baja proporción de individuos en estado III y IV, puede estar relacionada al comportamiento reproductivo y de crianza (Poot-López *et al.*, 2009) para ambas especies, ya que la ubicación de sitios, para estos fines, se encuentra en zonas menos profundas, con una cantidad considerable de materia orgánica y sustratos rocosos, que los pescadores evitan para no dañar sus instrumentos de trabajo (Martínez-Palacios & Ross, 1992), situación beneficiosa para estas especies, ya que garantiza que aquellos individuos que lleguen a edad reproductiva cumplan al menos un ciclo reproductivo.

Durante marzo se observó el intervalo de tallas más amplio para ambas especies, 90-270 mm LT para *V. fenestrata* y 80-240 mm LT para *M. urophthalmus*, lo que indica un pulso de reclutas, y que coincide con el inicio de la actividad reproductiva más intensa en el año, periodo en el que también son más susceptibles a ser capturadas pues presentan comportamientos de cuidado parental.

La proporción sexos 1:1 es consistente con lo reportado por Chávez-Lomelí *et al.*, (1989) y Chávez-López *et al.*, (2005a) para *M. urophthalmus*. Considerando comportamientos reproductivos similares, principalmente cuidado parental, entre *M. urophthalmus* y *V. fenestrata*, se asume que presentan un potencial reproductivo poblacional adecuado, ya que se maximiza la posibilidad de encuentro, ya que diversos autores han documentado efectos de la proporción sexual en el éxito de fecundidad, así como competencia reproductiva (Roger 1987; Secf, 2011; Carrillo *et al.*, 2021).

En cuanto a crecimiento, cabe señalar que es la primera vez que se estima edad y crecimiento para *V. fenestrata* y, la segunda estimación de parámetros de crecimiento para *M. urophthalmus*, pero con método indirecto de tallas.

A pesar de que, a primera vista, los parámetros  $L_{\infty}$  y  $k$  de la ecuación de crecimiento de von Bertalanffy presentan diferencias marcadas, describen curvas muy semejantes de *V. fenestrata* y *M. urophthalmus* durante el primer año y medio de vida (Figura 8), con lo cual las divergencias ocurren posteriores a la talla de primera madurez de ambas especies.

Ahora bien, la incorporación de la talla a la edad 0 (7 mm LT) y componentes con organismos más grandes en la cohorte tipo, y no optimizar  $L_{\infty}$ , permitió una estimación más verosímil de los parámetros de crecimiento, y mantuvo una aproximación consistente con las tallas máximas reportadas para *V. fenestrata* (243-290 mm LT, Chávez- Lomelí *et al.*, 1989, Froese & Pauly 2019), y para, *M. urophthalmus* (270-394 mm LT Chávez- Lomelí *et al.*, 1989, Fuller *et al.*, 1999; respectivamente).

De acuerdo con las estimaciones, ambas especies maduran a tallas cercanas y sin diferencia entre sexos, y esta talla, corresponde a una edad de primera reproducción en el lago de Catemaco de 7 a 8 meses, es decir maduran rápidamente, antes de cumplir un año de vida.

La talla de madurez sexual estimada en este estudio para *V. fenestrata* de 170 y 149 mm LT de machos y hembras respectivamente, no difiere de lo reportado por Lorán-Núñez *et al.*, 2006a (155 mm LT), pero contrasta notoriamente con la estimación para la población del río San Pedro, Tabasco, donde las hembras maduran casi a la mitad de talla que las de Catemaco, a los 89 mm LT y los machos en 145 mm LT (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989). Este contraste, también se observa en el periodo reproductivo, ya que en Catemaco va de enero a

agosto, siendo abril el de mayor intensidad, en tanto que en el río San Pedro se presenta en verano e inicios de otoño (junio-septiembre), con un marcado reposo de octubre a abril. Estas diferencias pueden estar relacionados con factores como la temperatura y el periodo de estiaje (Chávez-Lomelí *et al.*, 1989), y refleja la plasticidad de adaptación a condiciones ambientales.

El periodo reproductivo de *M. urophthalmus* fue similar a trabajos realizados en el área de distribución natural de la especie. Se caracteriza por periodos reproductivos prolongados y que generalmente inician entre marzo-abril, y finalizan en los meses de septiembre octubre, con máxima actividad de puesta en junio y julio (Caso-Chávez *et al.*, 1986, Chávez-Lomelí *et al.*, 1989, Martínez -Palacios & Ross 1992, Chávez-López *et al.*, 2005; Poot-López *et al.*, 2009). Un comportamiento distinto se observó en el río Taylor, Florida, donde el ciclo reproductivo inicia en abril y finaliza en julio (Faunce & Lorenz, 2000).

Ahora bien, las diferencias en el periodo reproductivo, entre ambas especies, sobre todo en la mayor intensidad de desarrollo gonadal e intensidad de puesta entre *V. fenestrata* durante las secas (abril) y *M. urophthalmus* durante las lluvias (julio) en el lago de Catemaco es uno de los elementos poblacionales que muy probablemente contribuyen a la coexistencia de ambas especies, disminuyendo posiblemente la competencia en los espacios utilizados para puesta y crianza.

Esta aseveración apoya en los resultados de la proporción de las fases de desarrollo, donde la presencia constante de individuos juveniles de *V. fenestrata* en el periodo muestreado, indican que provienen de actividad reproductiva más frecuente a lo largo del año; en tanto, *M. urophthalmus* donde la incorporación de juveniles (I) es más marcada en los meses de febrero y marzo, y disminuye en los meses posteriores (Figura 7), lo que contribuye a un mecanismo ventajoso de *V. fenestrata* por la incorporación constante de reclutas, respecto a su homóloga *M. urophthalmus*.

Para *M. urophthalmus* esta es la primera estimación de L<sub>50</sub> en un sistema tipo lago (♂=171 mm LT, ♀=157 mm LT), y resulta significativamente mayor a estimaciones previas disponibles en sistemas estuarinos, es del doble o más de la estimada en laguna de Términos (80 mm LT, Caso-Chávez *et al.*, 1986), casi 40% mayor que en el río San Pedro, Tabasco

(102 mm LT, Chávez-Lomelí *et al.*, 1989) y entre 20-25% mayor que en la laguna Celestún, (102 mm LP=129mm LT, Martínez -Palacios & Ross 1992). Es, sin embargo, más cercana a la estimada por Faunce & Lorenz (2000) en el río Taylor (127 mm LP= 161 mm LT). Cabe mencionar que los sistemas estuarinos al sur de México son parte de la distribución natural de *M. urophthalmus*, mientras que en el lago de Catemaco y Florida son especies introducidas lo que podría explicar que la presencia de tallas mayores sea resultado de un manejo genético previo (Harrison *et al.*, 2014) aunado posiblemente a la ausencia de depredadores especializados.

Aunque no se encontró una asociación entre los IGS y IHS en ambas especies, sí se observa gráficamente que en *V. fenestrata* los valores del IHS son mínimos en el punto de máximo desarrollo gonádico, lo que no se observó en *M. urophthalmus*. En cuanto al periodo de baja intensidad reproductiva los valores de IHP se incrementan en ambas especies, indicando un almacenamiento de glucógeno que bien podría ser utilizado en meses posteriores en cuestiones reproductivas (Faunce & Lorenz, 2000).

De los atributos descritos y analizados en este estudio, la estructura de tallas de la captura, el crecimiento individual, la talla y edad de primera reproducción, así como la proporción de sexos, fueron muy similares entre especies. La única diferencia relevante y consistente fue la ventana temporal de la reproducción, específicamente en los picos de reproducción, lo cual probablemente contribuye a una utilización diferenciada de hábitat para una función crítica del ciclo de vida, que permite la disminución de competencia interespecífica, al menos en términos reproductivos.

## 8.-Conclusiones

- La estructura de tallas está representada por individuos juveniles y subadultos en su primer ciclo reproductivo para ambas especies.
- El crecimiento de *V. fenestrata* ( $L_t=298(1-e^{-1.11(t-0.02)})$ ) y *M. urophthalmus* ( $L_t=385(1-e^{-0.69(t-0.04)})$ ) es similar en el primer año y medio de vida, posteriormente *V. fenestrata* se aproxima a su  $L_\infty$  en menos tiempo, por lo cual, *V. fenestrata* tiene un ciclo de vida más acelerado que *M. urophthalmus*.
- La talla de primera madurez, *V. fenestrata* ( $\text{♀}=149, \text{♂}=170$  mm LT) y *M. urophthalmus* ( $\text{♀}=157, \text{♂}=171$  mm LT) no difirió entre especies y la alcanzan antes del año de vida (7-8 meses).
- Existe un traslape en el periodo reproductivo definido para *V. fenestrata* (enero-agosto) y *M. urophthalmus* (febrero-agosto), sin embargo, los picos máximos claramente segregados (abril y julio, respectivamente), son determinantes de la disminución de competencia por espacios destinados para reproducción y crianza.
- Finalmente, los picos reproductivos diferenciados contribuyen, al menos en parte, a la coexistencia del cíclido nativo *V. fenestrata*; con el alóctono *M. urophthalmus* en el lago de Catemaco durante las dos últimas décadas.

## 9. Anexo

**Tabla 4.** Composición taxonómica de los peces presentes en el Lago de Catemaco, enlistados en orden de importancia para la pesquería multi específica de Catemaco, Veracruz, México.

FAMILIA	NOMBRE CIENTÍFICO	ESTATUS	NOMBRE COMÚN	INTERÉS COMERCIAL/ TEMPORALIDAD
CLUPEIDAE	<i>Dorosoma petenense</i>	Nativa	Topote/ mogüille	Si /estacional
CICHLIDAE	<i>Oreochromis niloticus</i>	Introducida	Tilapia	Si/Anual
CICHLIDAE	<i>Oreochromis aureus</i>	Introducida	Tilapia	Si/Anual
CICHLIDAE	<i>Cichlasoma sp</i>	Nativa	Mojarra blanca, colorada, amoyotera	Si/Anual
CICHLIDAE	<i>Vieja fenestrata</i>	Nativa	Mojarra blanca, de la lana, conchero, amoyotero	Si/Anual
CICHLIDAE	<i>Mayaheros aurophthalmus</i>	Introducida	Chogoma, Castarrica	Si/Anual
CICHLIDAE	<i>Cichlasoma helleri</i>	Introducida	Chela, chirina	Si/Anual
SYNBRANCHIDAE	<i>Ophisternon aenigmaticum</i>	Nativa	Anguila	Si/Anual
PIMELODIDAE	<i>Rhamdia guatemalensis</i>	Nativa	Chipo	Si/Anual
PIMELODIDAE	<i>Rhamdia sp nv</i>	Nativa	Juil, Juile	Si/Picos estacionales
CHARACIDAE	<i>Bramocharax caballeroi</i>	Endémica	Pepesca, de amele, de río, grande	Si/Picos estacionales
POECILIDAE	<i>Poecilia catemaconis</i>	Endémica	Guatopote azul	Si/Picos estacionales
POECILIDAE	<i>Heterandria jonesii</i>	Nativa	Guatopote	No
POECILIDAE	<i>Poeciliopsis catemaco</i>	Endémica	Guatopote blanco	No
POECILIDAE	<i>Xiphophorus milleri</i>	Endémica	Espada de Catemaco	No
POECILIDAE	<i>Xiphophorus helleri</i>	Nativa	Cola de espada	No
POECILIDAE	<i>Heterandria bimaculada</i>	Nativa	Guatopote	No
POECILIDAE	<i>Heterandria tuxtlaensis</i>	Endémica	Guatopote	No

## 10.- Bibliografía citada

- Adams, A. J., & R.K. Wolfe, 2007. Occurrence and persistence of non-native *Cichlasoma urophthalmus* (family Cichlidae) in estuarine habitats of south-west Florida (USA): environmental controls and movement patterns. *Marine and Freshwater Research*. 58(10), 921-930.
- Ayala-Pérez, L.A., J. Ramos-Miranda & D. Flores-Hernández. 2003. La comunidad de peces de la Laguna de Términos: estructura actual comparada. *Rev. biol. Trop*. 51 (3-4): 783-793.
- Barea-Muñoz, M.C. 1991. Aspectos morfométricos, hidrográficos y sedimentos del lago de Catemaco. Tesis de Licenciatura. Universidad Autónoma de Metropolitana-Iztapalapan. Distrito Federal, México. 27 pp.
- Beltrán-Álvarez, R., D. J. Sánchez-Palacios, J. P. Ramírez-Lozano & J. Alonzo Santiago-Amaya. 2014. Edad y crecimiento de la tilapia *Oreochromis aureus* (Cichlidae) en el embalse Eustaquio Buelna, Sinaloa, México. *Ciencia Pesquera*. 22(2): 37-46.
- Calderón-Villagómez, H.E., R. González-Enríquez, C. Duran de Bazúa. 2001. Plaguicidas organoclorados en sedimentos y organismos acuáticos del lago de Catemaco, Veracruz, México. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*. 17 (1):23-30.
- Casique, M., A. Esquivel, R. Soto & C. Built. 2014. Abundancia y distribución de ciliados pláncnicos en el lago de Catemaco, en temporada de secas. *Sociedades Rurales, Producción y Medio Ambiente*. 14 (27): 57-82.
- Castello, L., J. P. Castello & C.A.S. Hall. 2007. Problemas en el estudio y manejo de pesquerías tropicales. *Gaceta ecológica, número especial 84-85:65-73*
- Castillo-Torres, P. A., Martínez-Meyer, E., Córdova-Tapia, F., & Zambrano, L. 2017. Potential distribution of native freshwater fish in Tabasco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 88(2), 415-424.
- Caso-Chávez, M.; Yáñez-Arancibia, A. & Lara-Domínguez, A. L. 1986. Biología, ecología y dinámica de poblaciones de *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther) (Pisces: Cichlidae) en el hábitat de *Thalassia testudinum* y *Rhizophora mangle*, Laguna de Términos, Sur del Golfo de México. *Biotica* 11, 79-111.
- Chávez-Lomelí, M. O., A. E. Matthews & M. H. Pérez. 1989. Biología de los peces del río San Pedro en vistas a determinar su potencial para la piscicultura. Instituto Nacional de Investigaciones en Recursos Bióticos. Xalapa. 222 p.
- Chávez -López, R., J. Franco- López, A. Moran-Silva, & M.T. O'Connell. 2005a. Long-term fish assemblage dynamics of the Alvarado Lagoon Estuary, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 17(1), 145-156.
- Chávez-López, R., Peterson, M. S., Brown-Peterson, N. J., Morales-Gómez, A. A., & Franco-López, J. (2005b). Ecology of the mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* Günther, in the Alvarado lagoonal system, Veracruz, Mexico. *Gulf and Caribbean Research*, 17(1), 123-131.
- Contreras-MacBeath, T., M. Brito Rodríguez, V. Sorani, C. Goldspink & G. McGregor-Reid. 2014. Richness and endemism of the freshwater fishes of Mexico. *J Threat Taxa*. 6(2):5421-5433.
- Cuenca-Soria, C.A., D.T. Ramirez, J.L. Ortiz-Galindo, E. Gisbert & C.A. Alvarez-González. 2013. Studies of digestive physiology during early ontogeny of the Mayan cichlid *Cichlasoma urophthalmus*. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci*. 78 (4): 93-96.
- Cuenca-Soria, C. A., C.A. Álvarez-González, J.L. Ortiz-Galindo, H. Nolasco-Soria, D. Tovar-Ramírez, R. Guerrero-Zárate, A. Castillo-Domínguez, M.A. Perera-García R. Hernández-Gómez & E.

- Gisbert.2014. Partial characterisation of digestive proteases of the Mayan cichlid *Cichlasoma urophthalmus*. *Fish Physiol Biochem* (2014) 40: 689.
- Diario Oficial de la Federación. 2007.Norma Oficial Mexicana NOM-041-PESC-2004.
- Espinosa-Pérez, H.; M. T. Gaspar-Dillanes, & P. Fuentes-Mata. 1993. Listados faunísticos de México. III. Los peces dulceacuícolas mexicanos. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología.
- Faunce, C.H. & J.J. Lorenz. 2000. Reproductive biology of the introduced Mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus*, within an estuarine mangrove habitat of southern Florida. *Environmental Biology of Fishes*. 58: 215–225
- Faunce, C. H., H.M. Patterson & J.J. Lorenz. 2002. Age, growth, and mortality of the Mayan cichlid (*Cichlasoma urophthalmus*) from the southeastern Everglades. *Fishery Bulletin*, 100(1), 42-50.
- Flores Hernández, D. & J. Ramos Miranda, 2004. Capítulo 39: Las pesquerías artesanales en el Golfo de México. Manejo Costero en México. En: Rivera Arriaga, E., G. J. Villalobos-Zapata, I. Azuz Adeath & F.Rosado May. El manejo costero en México. SEMARNAT-Centro EPOMEX- CETYS Universidad México y QRO. Pp. 541-550.
- Froese, R. & D. Pauly. Editors. 2019. FishBase. World Wide Web electronic publication. [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org), version (02/2019)
- Fuller P., L.G. Nico & J.D. Williams. 1999. Nonindigenous fishes introduced to inland waters of the United States. *American Fisheries Society, Special Publication 27*, Bethesda.
- Garrido-Olvera, L., H.T. Arita & G. Pérez-Ponce de León. 2012. The influence of host ecology and biogeography on the helminth species richness of freshwater fishes in Mexico. *Journal of Parasitology*. 139 (12):1652-1665
- Gaspar-Dillanes, M.T. & D. Hernández-Montaño (compiladores). 2013. Instituto Nacional de Pesca, México. 125 pp.
- Gluyas-Millán, M. G. 1994. Reproducción, edad y talla de la primera madurez en la Macarela *Scomber japonicus* (Houttuyn, 1872) en Bahía Vizcaíno. *Cienc. Mar.* 20 (3): 409-419.
- Gómez-Ponce, M. A., K. Granados-Flores, C. Padilla, M. López-Hernández & G. Núñez-Nogueira.2011. Edad y crecimiento del híbrido de tilapia *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la represa “Zimapán” Hidalgo, México. *Rev. Biol. Trop.* 59 (2): 761-770.
- Gutiérrez, M. J. &V. I. Otsu. 1975. Periodicidad en las variaciones biométricas de *Loxechinus albus* Molina. *Rev. Biol. Mar. Valparaíso*, 15 (2):179-199.
- Harrison E., Lorenz J.J. & J.C. Trexler. 2013a. Per capita effects of non-native Mayan Cichlids (*Cichlasoma urophthalmus*; Günther) on native fish in the estuarine southern Everglades. *Copeia*. 1: 80–96.
- Harrison E., C.N. Love, K.L. Jones, S.L. Lance, J. C. Trexler & T. Collin. 2013b. Isolation and characterization of 18 novel polymorphic microsatellite markers from the Mayan cichlid (*Cichlasoma urophthalmus*). *Conservation Genet. Resour.* 5:703–705
- Harrison E., J.C. Trexler, T.M. Collins, E. Vázquez-Domínguez, U. Razo-Mendivil, W. A. Matamoros & C. Barrientos. 2014. Genetic evidence for multiple sources of the non-native fish *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther; Mayan Cichlids) in Southern Florida. *Plos One*. 9(9): e104173.
- Holden, M.J. & D.F.S. Raitt. 1975. Manual de ciencia pesquera. Parte 2. Métodos para Investigar los Recursos y su aplicación. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO).



- Hulsey, C.D, P. R. Hollingsworth Jr. & J. A. Fordyce. 2010. Temporal diversification of Central American cichlids. *BMC Evolutionary Biology* 10:279
- Jiménez-Badillo, L. 2006. Age-growth models for tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes, Cichlidae) of the Infiernillo reservoir, Mexico and reproductive behaviour. *Revista de Biología Tropical*, 54(2), 577-588.
- Jiménez -Martínez, L. D.; C.A. Álvarez -González; W.M. Contreras-Sánchez, G. Márquez -Couturier, L. Arias-Rodríguez & J.A. Almeida-Madrigal. 2009. Evaluation of larval growth and survival in Mexican Mojarra, *Cichlasoma urophthalmus*, and Bay Snook, *Petenia splendida*, under different initial stocking densities. *Journal of the world aquaculture society*. Vol 40 (6)
- Komárková, J. & R. Tavera. 2003. Steady state of phytoplankton assemblage in the tropical lake Catemaco (Mexico). *Hydrobiologia* 502:187-196.
- Kullander, S.O. 2003. Cichlidae. In Reis, R.E., S.O. Kullander & C.J. Ferraris, Jr., (eds.), Check list of the freshwater fishes of South and Central America. Edipucrs, Porto Alegre, Pp. 605-654.
- Loftus, W. F. 1987. Possible establishment of the Mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* (Günther)(Pisces: Cichlidae), in Everglades National Park, Florida. *Florida Scientist*, 1-6.
- Lorán-Núñez, R. M., A. J. Valdez-Guzmán, F. R. Martínez-Isunza & M. T. Gaspar-Dillanes. 2013. Lago de Catemaco, Veracruz. En: *Pesquerías Continentales de México*, Edición: Primera, Publisher: Instituto Nacional de Pesca, Editores: Gaspar-Dillanes M.T. y D. Aguilar-Montaño, pp.93-118
- Lorán-Núñez, R. M., A. J. Valdez Guzmán & F. Martínez Isunza. 2006a. Biología de los peces del Lago de Catemaco (Veracruz, México), para contribuir en su protección. En: *II Simposio sobre Ecosistemas Costeros del Golfo de México y Mar Caribe: hacia la integración de grupos de investigación*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Lorán-Núñez, R. M., F. Martínez Isunza & A. J. Valdez Guzmán. 2006b. Composición, distribución espacio-tiempo y captura por unidad de esfuerzo de los peces del Lago Catemaco, México. En: *II Simposio sobre Ecosistemas Costeros del Golfo de México y Mar Caribe: hacia la integración de grupos de investigación*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Villahermosa, Tabasco, México.
- Martínez-Palacios, C. A. & L.G. Ross. 1992. The reproductive biology and growth of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Günther). *Journal of Applied Ichthyology*, 8(1-4), 99-109.
- Martínez-Palacios, C.A. & L.G. Ross. 2004. Post-hatching geotactic behaviour and substrate attachment in *Cichlasoma urophthalmus*. *J. Appl. Ichthyology*, 20:545-547.
- Mercado-Silva N., J. Lyons, E. Díaz-Pardo, S. Navarrete, A. Gutiérrez-Hernández. 2012. Environmental factors associated with fish assemblage patterns in a high gradient river of the Gulf of Mexico slope. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 83: 117-128
- Miller, R. 2009. Peces de agua dulce en México. Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad.
- Nico, L.G., W. H. Beamish & P. Musikasinthorn. 2007. Discovery of the invasive Mayan Cichlid "*Cichlasoma urophthalmus*" (Günther 1862) in Thailand, with comments on other introductions and potential impacts. *Aquatic Invasions*. 2(3):197-214.
- Nikolsky, G. V., 1963: *The Ecology of Fishes*. Academic Press Inc., London 352 pp.
- Paperno, R., R. Ruiz-Carus, J.M. Krebs & C.C. McIvor. 2008. Range expansion of the Mayan cichlid, *Cichlasoma urophthalmus* (Pisces, Cichlidae), above 28 N latitude in Florida. *Florida Scientist*, 293-304.

- Carrillo, D. P., Camacho, Y. R., Zambrano, Z. C., Estopiñán, M. G., López, P. M., & Ganchou, F. P. P. (2021). Influence of size, variety and male female ratio in the production of tilapia (*Oreochromis spp.*) eggs in concrete tanks at the Venezuelan Andean foothills. *Archivos de zootecnia*, 70(270), 118-127.
- Pérez-Curiel, L. E. 1994. Variación espacio- temporal de los nutrimentos en el Lago de Catemaco, Ver., a través de un ciclo anual. Tesis de Licenciatura en Hidrobiología. Universidad Autónoma de México-Iztapalapa, Distrito Federal, México. 23 pp.
- Pérez-Rojas, A. & R. Torres-Orozco B. 1992. Geomorfología y Batimetría del Lago de Catemaco, Veracruz, México. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol.*9(1): 19-24.
- Pérez-Rojas, A., R. Torres-Orozco B., E. Morales-Gutiérrez & E. Pérez-Méndez. 2000. Textura, composición y contenido de materia orgánica de los sedimentos de un lago tropical de México. *Hidrobiológica*. 10(1):41-50.
- Poot-López G.R., A. M. Arce-Ibarra, M. Elías-Gutiérrez & A. Cervantes-Martínez. 2009. Differences in reproductive seasonality of the Central American cichlid *Cichlasoma urophthalmus* from three cenotes (sinkholes). *J. Appl. Ichthyol.* 25: 85–90
- Ramírez-Herrejón, JP, L. Zambrano, N. Mercado-Silva, A. Torres-Téllez, F. Pineda-García, J. Caraveo-Patiño & E.F. Balart, 2014. Cambios a largo plazo en la fauna de peces del Lago de Pátzcuaro en el centro de México. *Revista Latinoamericana de Investigación Acuática* 42 (1): 137-149.
- Říčan O., Z. Musilová, M. Muška & J. Novák. 2005: Development of coloration patterns in Neotropical cichlids (Teleostei: Cichlidae: Cichlasomatinae). *Folia Zool.* 54 (Monogr. 1): 46 p.
- Rivera-Teillery R. 1976. Análisis de las pesquerías en la laguna de Catemaco. *Memorias del Simposio sobre pesquerías en aguas continentales*. Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Tomo I: 245-257.
- Rocha-Baquero C. M., A. J. Pascuas-Caviedes & A. Pianeta-Pérez. 2017. Respuestas hematológicas, hepáticas y esplénicas al estrés de tilapias en jaulas y libres en el embalse de Betania, Colombia. *Revista AquaTIC*: 49:8-20.
- Rodiles-Hernández, R., E. Díaz-Pardo & J. Lyons. 1999. Patterns in the species diversity and composition of the fish community of the Lacanja River, Chiapas, Mexico. *J. Freshw. Ecol.* 14:455–468.
- Rogers, W. (1987). Sex ratio, monogamy and breeding success in the Midas cichlid (*Cichlasoma citrinellum*). *Behav Ecol Sociobiol* 21, 47–51. <https://doi.org/10.1007/BF00324434>
- Salgado-Maldonado, G. 2008. Helminth parasites of freshwater fish from Central America. *Zootaxa*, 1915, 29-53.
- Sefc, K. M. (2011). Mating and parental care in Lake Tanganyika's cichlids. *International Journal of Evolutionary Biology*, 2011.
- Schofield, P.J., W. F. Loftus, R. M. Kobza, M.I. Cook, D.H. Slone. 2010. Tolerance of nonindigenous cichlid fishes (*Cichlasoma urophthalmus*, *Hemichromis letourneuxi*) to low temperature: laboratory and field experiments in south Florida. *Biol. Invasions* 12:2441–2457.
- Salgado-Ugarte, I.H., M. Shimizu, T. Taniuchi & K. Matsushita. 2000. Size frequency analysis by averaged shifted histograms and kernel density estimators. *AsianFish. Sci.*, 13: 1-12.
- Suárez, M. E., P. L. Segura & A. A. M. Fernández. 1985. Diversidad y abundancia del plancton en la laguna de Catemaco, Veracruz durante un ciclo anual. *An. Inst. Cienc. Del Mar y Limnol. Univ. Nal. Autón. México.* 13 (3): 313-316.

- Sparre P. & S.C. Venema. 1997. Introducción a la Evaluación de Recursos Pesqueros Tropicales. Manual. Parte I. FAO. Roma. 407 p.
- Tavera-Sierra, R. L. 1996. Phytoplankton of the tropical Lake Catemaco. Ph. D. Thesis. Faculty of Biological Science. Univ. Of South Bohemia. Czech Republic.
- Tavera, R. & S. Castillo. 2000. An eutrophication-induced shift in the composition, frequency and abundance of the phytoplankton in Lake Catemaco, Veracruz, Mexico. In: M. Munawar, S.G. Lawrence, I.F. Munawar & D.F. Malley. Aquatic Ecosystems of Mexico: Status and Scope. pp. 103-117
- Toral-Almazán S. & A. Reséndez Medida. 1974. Los cíclidos (Pisces: Perciformes) de la laguna de Términos y sus afluentes. Rev. Biol.Trop. 21(2):259-279.
- Torres-Orozco B., R. E. & S. A. Zanatta. 1998. Species composition, abundance and distribution of zooplankton in a tropical eutrophic lake: Lake Catemaco, Mexico. Rev. Biol.Trop. 46(2): 285-296.
- Villarreal, C., R. Gelabert, G. Gaxiola, G. Cuzon, L.E. Amador, E. Guevara & R. Brito. 2011. Crecimiento de alevines de *Cichlasoma urophthalmus* con dietas basadas en diferentes niveles de inclusión de proteína de soya y gluten de trigo. 27(1):53-62.

“Lis de Veracruz: Arte, Ciencia, Luz”

**[www.uv.mx](http://www.uv.mx)**

