



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES IZTACALA

**“ECOLOGÍA REPRODUCTIVA Y TRÓFICA DE LA  
MOJARRA CHARRA *Amphilophus trimaculatus*  
(GÜNTHER, 1867) (CICHLIFORMES: CICHLIDAE)  
EN LA LAGUNA DE TRES PALOS, ACAPULCO,  
MÉXICO”**

**T E S I S**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

**BIÓLOGO**

PRESENTA

EDUARDO GARCÍA MERCADO

DIRECTOR DE TESIS:

Luis Fernando Del Moral Flores



ESTADO DE MÉXICO, 2023



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



A mi familia  
Por su amor infinito

## **AGRADECIMIENTOS**

A mis padres, Araceli y Agustín ya que, gracias a su apoyo en todos los aspectos, a su amor incondicional y su paciencia he tenido la posibilidad de desarrollarme en diversos aspectos de mi vida.

A mis hermanas Brenda y Claudia por ser un gran ejemplo a seguir, al igual que a mi cuñado Oscar, gracias por todo.

A mis sobrinas María Fernanda y Valeria por ser de los más grandes ejemplos de curiosidad y aprendizaje.

A mis abuelos Sofía, María, José y Juan, que en paz descansen, por involucrarme y enseñarme de la naturaleza de primera mano.

Agradezco a Rebeca Chacón por los buenos momentos, su interés por la ictiología y todo lo que me ha ensañado.

A todos mis compañeros y amigos de la carrera de biología con los que compartí, clases, practicas, fiestas, en especial a Jossael y a Akary.

A mis amigos y compañeros de laboratorio Arlette, Cesar, Rubén, Mariana, Diego, Paulina, Carlos y Daniel por la compañía, los consejos y las salidas a campo.

Agradezco a mi comité asesor conformado por la Dra. Patricia Ramírez Bastida, Dra. Norma Navarrete Salgado, Biol. Francisco López Martínez y la Biol. Karina Solis Juárez, por el tiempo invertido en las revisiones y por los comentarios.

Agradezco especialmente al Dr. Luis Fernando Del Moral Flores por dirigir esta tesis, por motivarme a continuar con el estudio de la ictiofauna, por sus consejos, por el conocimiento que me ha transmitido, por las salidas a campo, por las platicas y la confianza.

Agradezco a la comunidad de San Pedro Las Playas por facilitarnos la obtención de los ejemplares y brindarnos su conocimiento.

De igual forma agradezco a la Universidad Nacional Autónoma de México y a la FES Iztacala por permitirme formar parte de esta comunidad y brindarme lo necesario durante mi formación profesional.

# ÍNDICE

|  |    |
|--|----|
| RESUMEN .....                                | 1  |
| INTRODUCCIÓN.....                            | 2  |
| ANTECEDENTES.....                            | 6  |
| OBJETIVOS.....                               | 8  |
| OBJETIVO GENERAL.....                        | 8  |
| OBJETIVOS PARTICULARES.....                  | 8  |
| MATERIALES Y MÉTODOS .....                   | 9  |
| ÁREA DE ESTUDIO .....                        | 9  |
| TRABAJO DE CAMPO.....                        | 11 |
| TRABAJO DE LABORATORIO.....                  | 12 |
| RESULTADOS .....                             | 17 |
| ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESO.....             | 17 |
| RELACIÓN TALLA-PESO.....                     | 19 |
| PROPORCIÓN SEXUAL .....                      | 21 |
| ESTADIOS DE MADUREZ GONÁDICA.....            | 22 |
| FECUNDIDAD.....                              | 23 |
| ÍNDICE GONADOSOMÁTICO Y HEPATOSOMÁTICO ..... | 24 |
| FACTOR RELATIVO DE CONDICIÓN .....           | 26 |
| ASPECTOS TRÓFICOS.....                       | 27 |
| AMPLITUD DEL NICHOS TRÓFICO.....             | 29 |
| TRASLAPE DE NICHOS TRÓFICO .....             | 30 |
| DISCUSIÓN .....                              | 34 |
| ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESO.....             | 34 |
| RELACIÓN TALLA-PESO .....                    | 35 |
| PROPORCIÓN SEXUAL .....                      | 36 |
| ASPECTOS REPRODUCTIVOS .....                 | 37 |
| FACTOR DE CONDICIÓN .....                    | 39 |
| ASPECTOS TRÓFICOS.....                       | 40 |
| CONCLUSIONES.....                            | 42 |
| LITERATURA CITADA .....                      | 43 |

## RESUMEN

Los cíclidos neotropicales presentan una gran versatilidad ecológica relacionada con las adaptaciones que presentan, las cuales están asociadas a la ecología trófica, uso del hábitat, biología reproductiva y comportamiento. La especie *Amphilophus trimaculatus* se distribuye naturalmente en las lagunas costeras y ríos de la vertiente del Pacífico de Centroamérica, desde Guerrero en México hasta El Salvador. Tiene un aprovechamiento e importancia económica al formar parte de la captura por parte de las comunidades locales. Por lo que el objetivo de este trabajo fue analizar los principales aspectos de la ecología de la especie *Amphilophus trimaculatus* que se encuentra sujeta a explotación pesquera dentro de una laguna de la vertiente pacífica. Los cíclidos fueron obtenidos mensualmente durante el período de mayo de 2019 a febrero del 2020, mediante la pesca artesanal realizada por la comunidad de San Pedro Las Playas (16°49'23"N, 99°43'40"W), de la Laguna de Tres Palos, Acapulco, Guerrero, México. Se analizaron 212 ejemplares (105 machos y 107 hembras) que van de los 9 a los 19 cm de longitud total y una variación en peso de los 14.6 a 125.9 g, se determinó un crecimiento isométrico, no se encontró una diferencia en la proporción sexual, fue 1M:1.01H ( $\chi^2=0.0047$ ,  $p<0.05$ ). Con base en el cálculo del índice gonadosomático y hepatosomático se encontró que la temporada reproductiva corresponde a los meses de junio a noviembre; además se categorizó el ciclo reproductivo mediante la descripción morfocromática de las gónadas. Se contabilizó el número de ovocitos para estimar la fecundidad y se calculó el factor relativo de condición. De acuerdo con los índices tróficos de frecuencia de aparición (FA), porcentaje numérico (% N) y porcentaje gravimétrico (% W), se calculó la amplitud del nicho (Bi) con el índice estandarizado de Levin y el traslape trófico mediante el índice de Morisita-Horn. La especie presenta hábitos especialistas; los resultados de amplitud y traslape se determinaron por sexo (Bi hembras= 0.37 y Bi machos= 0.26 traslape  $\lambda=0.375$ ) y tallas. La similitud entre temporadas es alta ( $\lambda=0.83$ ). La amplitud trófica es mayor en la temporada de lluvia (Bi= 0.319). Los índices obtenidos señalan que *Lile gracilis*, *Poecilia sphenops* y *Poeciliopsis scarllei* son las principales presas con mayor aporte de biomasa en su dieta por ende se trata de un pez ictiófago.

Palabras clave: Cichliformes, pez neotropical, pesquería, alimentación, reproducción

## INTRODUCCIÓN

Los peces integran uno de los grupos más amplios de vertebrados, actualmente, se estima que existen alrededor de 36,105 especies de peces, agrupadas en 5,229 géneros, 607 familias y 78 órdenes. Por ejemplo, los peces agnatos están representados por 131 especies, los Myxini por 88 y los Petromyzonti por 48 respectivamente. Dentro de la clase Elasmobranchii están incluidas un total de 1,106 especies, las cuales están divididas entre Selachii (tiburones) con 573 especies y Batoidea (rayas y mantarrayas) con 677 especies, igualmente, se encuentra la clase Holocephali (Quimeras) con 56 especies, mientras que el grupo de Sarcopterygii (celacantos y peces pulmonados) está compuesto por ocho especies. El resto de los miembros del grupo está formado por los Actinopterygii, por lo tanto, se llega al entendido de que el 90% son peces con aletas radiadas y, aproximadamente 18,397 especies habitan aguas dulces o continentales (Fricke et al., 2022). En este sentido, se deduce que hay más especies de peces que de todos los demás vertebrados juntos (reptiles, anfibios, aves y mamíferos).

Se puede definir a los peces como un grupo de craneados no tetrápodos que son acuáticos, poiquilotermos, anamniotas, que emplean las aletas como medio de locomoción y realizan intercambio gaseoso a través de branquias (Espinosa-Pérez, 2014). Gracias a las adaptaciones que presentan es posible encontrar a los peces en una gran cantidad de ambientes, por ejemplo, es posible encontrarlos en aguas continentales como lagos, ríos y lagunas, así como en zonas estuarinas y lagunas costeras. En otras ocasiones están presentes en contextos marinos como arrecifes coralinos y en las diversas zonas oceánicas según su batimetría; de igual forma, son capaces de habitar diversos medios con condiciones extremas como aguas hipersalinas, charcas estacionales y ventilas hidrotermales (Nelson et al., 2016).

Debido a esta amplia distribución, los peces guardan una relación importante con la humanidad, ya que desde tiempos remotos han sido parte del aporte proteico a la dieta (Hutchings, 2000). De la misma manera, cumplen con funciones ecosistémicas importantes, por ejemplo, las poblaciones de peces regulan la estructura trófica e influyen en la estabilidad, la resiliencia y las redes tróficas de los ecosistemas acuáticos (Holmlund y Hammer, 1999).

En México, los peces constituyen el grupo de vertebrados con mayor riqueza de especies, en las que aproximadamente 2,300 especies representan entre el 9 y 10% del total conocido (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011). En el caso de la ictiofauna dulceacuícola, ésta integra aproximadamente el 41% de la riqueza de peces de México. El número de especies reportadas en las aguas continentales de México se estima que oscila entre las 500 y 563 spp. (Miller et al., 2009; Hernández-Betancourt et al., 2013; Espinosa-Pérez, 2014), aunque podría diferir de las



cifras anteriores debido a la descripción reciente de especies (Schmitter-Soto, 2017; Matamoros et al., 2018; Del-Moral-Flores et al., 2020). Una de las familias ícticas más representativas de los cuerpos de agua continentales de México son las mojarra familia Cichlidae con 43 spp., (Torres-Orozco y Pérez-Hernández, 2011; Hernández-Betancourt et al., 2013).

Los cíclidos son un grupo diverso de peces que habita principalmente en aguas continentales y se valora que existen aproximadamente 1,600 especies dentro de esta familia (McMahan et al., 2013). Estos ejemplares presentan una amplia diversificación y radiación evolutiva, convergencia dentro de los taxones que componen a la familia, así como especializaciones ecológicas. Estudios recientes explican que estos procesos ocurren ante todo mediante selección ecológica, la cual es una forma de especiación que está regulada en cíclidos mediante la alimentación, el comportamiento, los rasgos morfológicos como la dentición oral, las mandíbulas faríngeas, estructuras del cráneo y la plasticidad fenotípica (Burruss et al., 2013; Burruss, 2015). Dentro de la familia, los cíclidos neotropicales muestran una gran versatilidad ecológica relacionada con las adaptaciones que presentan, éstas a su vez están asociadas a la ecología trófica, uso del hábitat, biología reproductiva y comportamiento (López-Fernández et al., 2005; Říčan et al., 2016).

Todos los cíclidos neotropicales forman parte de la subfamilia Cichlinae y están representados en siete tribus: Geophagini, Cichlasomatini, Astronotini, Cichlini, Retroculini, Chaetobranchini y Heroini (López-Fernández et al., 2010). En el caso de los cíclidos de México, estos forman parte de los Heroini, incluida la mojarra charra *Amphilophus trimaculatus* (Günther, 1867). Dicha tribu presenta una gran diversidad morfológica y ecológica, dentro de la cual existen peces que se alimentan de organismos bentónicos, otros son piscívoros especializados, malacófagos, detritívoros, removedores de sustrato, herbívoros, succionadores de cavidades, raspadores de algas; además hay especies típicamente de ambientes lénticos, aquellas asociadas a corrientes y organismos eurihalinos los cuales son capaces de habitar ambientes salobres como estuarios y lagunas costeras (Říčan et al., 2016).

Las lagunas costeras son descritas como depresiones paralelas a las costas, las cuales son someras que pueden estar conectadas al mar de forma permanente o temporal por uno o más canales y, al mismo tiempo, presentan una barrera a las aguas oceánicas (Kjerfve, 1994). De igual forma, son sistemas dinámicos en donde ocurre una serie de procesos biológicos complejos e importantes; en ellas habitan diversas especies ícticas que propician el desarrollo de actividades pesqueras por las comunidades locales

Las características físicas e hidrológicas de estos ecosistemas posibilitan una gran productividad primaria y secundaria por consiguiente se ha demostrado que las lagunas costeras pueden producir el doble de biomasa por unidad de área que ecosistemas marinos, de igual forma ciertas especies de peces presentan un mejor desarrollo en estos sitios resultado de sus características por lo que son ambientes propicios para el desarrollo de actividades pesqueras y acuícolas (Contreras et al. 1999).

En México existen entre 125 y 130 lagunas costeras, tanto en la vertiente del Pacífico como del Atlántico, que dan como resultado un área de 15,000 km<sup>2</sup> (Lara-Domínguez et al., 2011). Se evalúa que dichas lagunas se encuentran de aproximadamente 400 especies de peces, de las cuales se aprovecha un reducido número de ellas (Contreras y Castañeda, 2004). A partir de la actividad pesquera en la Laguna Tres Palos se reportan nueve especies de peces capturadas para consumo humano por parte de las comunidades ribereñas. Como ejemplo, entre estas especies se encuentra el cíclido *Amphilophus trimaculatus*, conocido localmente como “charra” (Fig. 1). El modo de captura de este ejemplar se realiza con redes de enmalle para posteriormente venderse en los mercados locales (Gil-Guerrero et al., 2008).



Figura 1. Ejemplar de *Amphilophus trimaculatus* recién capturado en la Laguna de Tres Palos, Gro., México. (Fotografía Eduardo García-Mercado).

El cíclido *A. trimaculatus* se distribuye naturalmente en las lagunas costeras y ríos de la vertiente pacífica de Centroamérica, desde Guerrero en México, hasta El Salvador,

preferentemente en aguas de poca corriente, con fondos de lodo y arena; habita entre las raíces de vegetación hidrófila y maleza (Artigas-Azas, 2017). Esta especie es aprovechada para consumo local y en otras ocasiones para ornato. Su importancia ha generado una amplia explotación bajo cultivo, lo cual ha dado pie a que se estudien sus condiciones bajo cautiverio (Toledo-Solís et al., 2013). El hecho de que se cultive ha propiciado en algunos casos, liberaciones accidentales fuera de su área de distribución natural (Knight y Devi, 2009). Como propósito, esta investigación presenta una nueva aproximación al conocimiento de la biología y ecología de esta especie, ya que es importante para llevar un buen manejo de los recursos de forma local.

## ANTECEDENTES

La Laguna de Tres Palos ha sido estudiada ampliamente, destaca la investigación realizada por Yáñez-Arancibia (1978), la cual describe la composición taxonómica, la ecología y la estructura de la comunidad de peces de 10 lagunas costeras con bocas efímeras del estado de Guerrero, entre ellas la Laguna de Tres Palos. De La Lanza-Espino (2008) evalúa la condición ambiental y estatus trófico de la laguna; además existen diversos estudios sobre la contaminación y la relación de esta con aspectos biológicos y sociales (Rodríguez Amador et al., 2012; Ortiz-Maldonado, 2014; Juárez et al., 2019).

Particularmente desde finales del siglo pasado se han realizado estudios de la ecología de *A. trimaculatus* y más reciente se han elaborado otras investigaciones relacionadas con aspectos tróficos y reproductivos de la especie.

Rosales-Loesener (1980) determina que *A. trimaculatus* es un pez con crecimiento isométrico, cuyas tallas reportadas van de los 7 a los 22.9 cm de longitud total; la cantidad de ovocitos máxima reportada es de 3,200 en un ejemplar de 18 cm y, también ha concluido que la especie es omnívora-carnívora.

Violante-González (1995), por otra parte, estudia la biología de reproductiva a trófica de la especie; también reporta que la especie presenta un crecimiento de tipo alométrico, pues la talla de primera madurez es de 14 cm y en la fecundidad promedio de ovocitos es de 3,802, además reporta que la temporada reproductiva ocurre de junio a septiembre e indica que la especie tiende a ser omnívora con una tendencia carnívora.

Rojas-Herrera et al. (2009) analizaron la relación talla-peso y la época reproductiva de seis especies de peces de la Laguna de Tres Palos, en donde, reportaron un crecimiento isométrico para *A. trimaculatus* y un elevado índice gonadosomático entre los meses de junio y noviembre.

Ortiz (2011) reportó para la subcuenca Atoyac-Paso de la Reina, en Oaxaca, que *A. trimaculatus* presenta un crecimiento de forma alométrica positiva y establece que su temporada reproductiva comienza en enero y, por último, que la longitud de primera madurez es de entre 148-191 mm.

Por otra parte, es preciso mencionar que anteriormente ya se habían realizado estudios sobre la distribución y las condiciones ambientales en las que se desarrolla este pez (Díaz-Ruiz

et al., 2006; Álvarez et al., 2017) e, incluso, que desarrolla un papel como especie invasora en otras partes del mundo (Magalhães et al., 2017; Chakraborty et al., 2019).

## **OBJETIVOS**

### **OBJETIVO GENERAL**

Analizar aspectos de la ecología reproductiva y trófica de la mojarra charra *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Acapulco, México.

### **OBJETIVOS PARTICULARES**

Definir la estructura de tallas y peso de *A. trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos.

Evaluar la forma de crecimiento de la especie.

Definir los estadios de madurez sexual con base en el desarrollo gonádico.

Definir la temporada reproductiva con base en índices biológicos.

Analizar y comparar la dieta de *A. trimaculatus* entre tallas, sexos y temporadas.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### ÁREA DE ESTUDIO

El municipio de Acapulco se localiza en la vertiente pacífica de México, en el estado de Guerrero, entre los paralelos  $16^{\circ}41'05''$ - $17^{\circ}11'37''$  N y  $99^{\circ}30'00''$ - $99^{\circ}59'49''$  W. La Laguna de Tres Palos se localiza a 25 km al Oeste del puerto de Acapulco entre las coordenadas  $99^{\circ}38''$ - $99^{\circ}47''$  W y  $16^{\circ}43''$ - $16^{\circ}48''$  N. Tiene una superficie aproximada de 6,100 ha, cuyas dimensiones son de 16 km de longitud y 6 km de ancho. Se comunica al mar a través de un canal que se origina en el oriente de la laguna y desemboca cerca del poblado de Barra Vieja (Fig. 2) (Gil, 1991; Contreras, 1993). La profundidad promedio de la laguna es de 2 m con una profundidad máxima de 6 m. En ella desemboca el río La Sabana (Juárez, 2019). La Laguna de Tres Palos es generalmente oligohalina la mayor parte del año, pues presenta influencia marina en época de avenida (Yáñez-Arancibia, 1978; De La Lanza Espino, 2008).

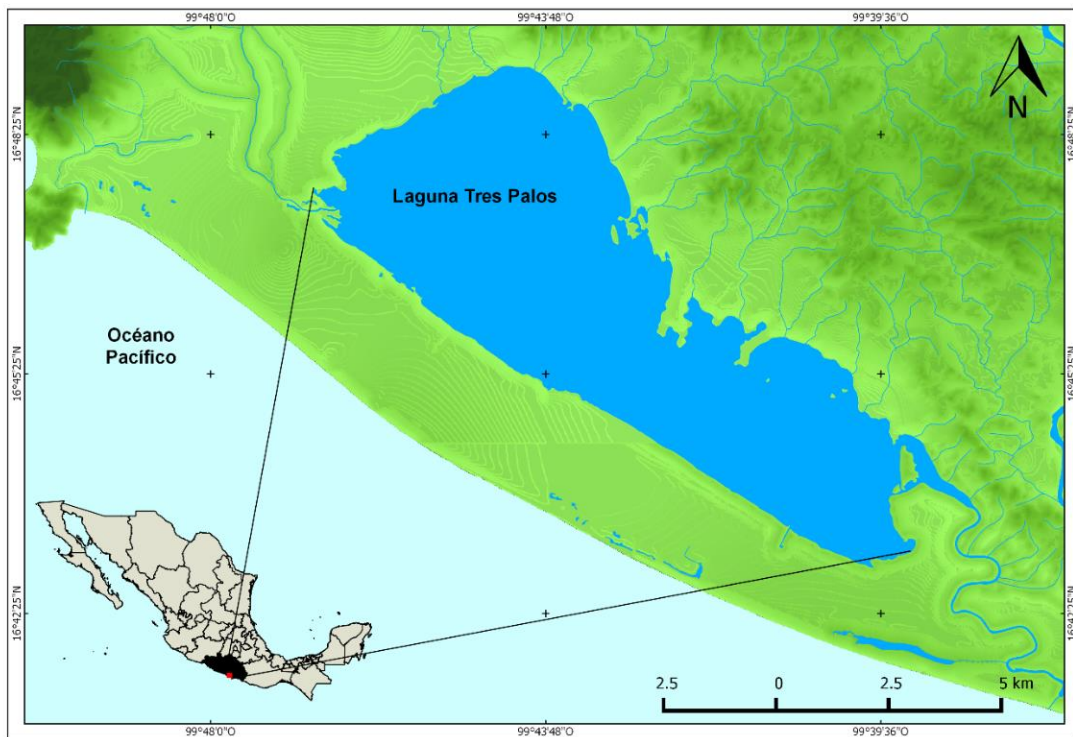


Figura 2. Localización de la Laguna de Tres Palos y la comunidad de San Pedro Las Playas, Acapulco, México.

De acuerdo con la clasificación climática de Köppen, el clima se caracteriza como tipo cálido, subhúmedo, con lluvias en verano (García, 1973) con temperaturas promedio mensuales de 27.9°C y precipitación promedio mensual de 1,294.9 mm; la precipitación del mes más seco es de 60 mm. La vegetación circundante está representada principalmente por bosque tropical caducifolio, bosque espinoso, vegetación halófila, vegetación acuática y subacuática, vegetación arvense y ruderal (Diego y Lozada, 1994).



### TRABAJO DE CAMPO.

Los ejemplares de *A. trimaculatus* se obtuvieron mensualmente a través de la pesca artesanal que se realiza en la comunidad de San Pedro Las Playas, entre los meses de mayo de 2019 y febrero del 2020, la cual está localizada en la región nororiente de la laguna con las coordenadas (16°49'23"N, 99°43'40"W) (Fig. 3). Los pescadores locales emplearon redes de enmalle conocidas localmente como trasmallos, que son elaboradas de forma artesanal con filamento de nylon; la dimensión de las redes varía de los 50 a los 100 m de largo con luz de malla de 5 cm; los equipos de pesca fueron operados mediante embarcaciones pequeñas con motor fuera de borda o remos; las capturas se complementaron con un chinchorro playero de 12 m y luz de malla de 1 cm, acompañado de una atarraya de 3 m de diámetro y abertura de malla de 5 cm.

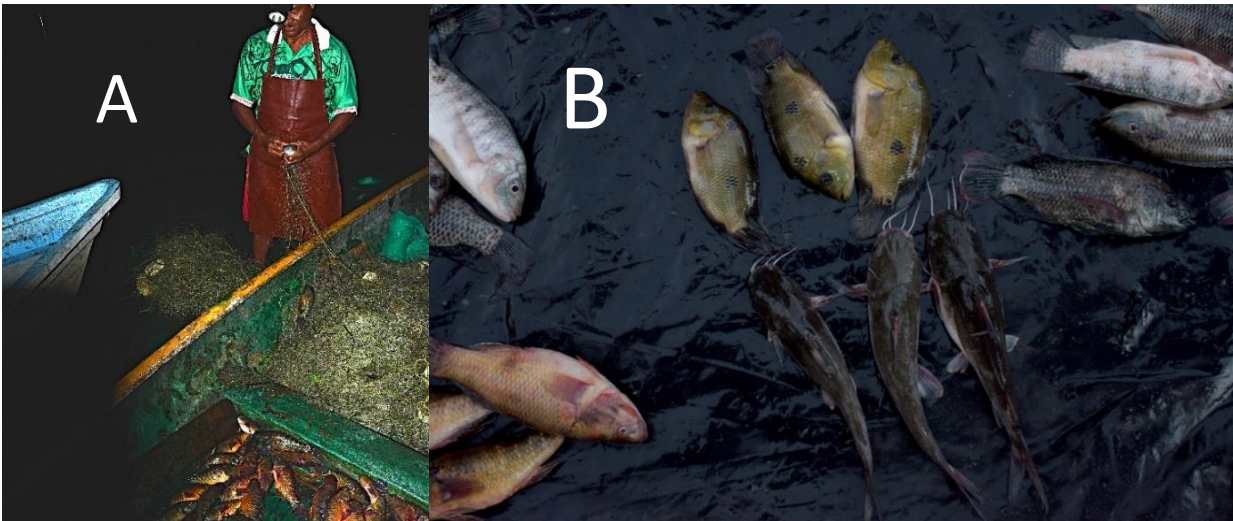


Figura 3. A) Pescador de la Localidad de San Pedro Las Playas con su equipo de pesca. B) Ejemplares capturados por los pescadores ribereños de la localidad.

Los ejemplares se depositaron en una hielera y fueron transportados al Laboratorio de Zoología de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala en donde fueron congelados hasta su procesamiento.

## TRABAJO DE LABORATORIO

En el laboratorio se obtuvo la longitud total (LT) y la longitud patrón (LP) de los ejemplares mediante el uso de un vernier digital ( $\pm 0.01$  mm), de igual forma se obtuvo el peso mediante el uso de una balanza semianálitica ( $\pm 0.1$  g). Los organismos se diseccionaron para obtener las gónadas, hígado y tracto digestivo, posteriormente las gónadas, hígado y estómago se pesaron.

Con los datos obtenidos se realizaron histogramas de talla y peso para conocer la estructura de tallas y peso de la mojarra charra. Mediante un análisis de regresión con el método de mínimos cuadrados se estableció la relación talla-peso determinada por la siguiente ecuación.

$$Pt = a L b$$

En donde:

Pt = Peso total.

L = Longitud total en centímetros.

a = es la intersección (factor de condición)

b = es la pendiente (coeficiente alométrico).

Se comprobó si existe una diferencia estadísticamente significativa respecto el valor hipotético de 3 mediante una prueba de t de Student, además, se verificó si existen diferencias significativas entre las pendientes (b) de las curvas obtenidas para los análisis de machos y hembras mediante un análisis de covarianza (ANCOVA) (Le Cren, 1951; Hayes et al., 1995).

La finalidad de establecer esta significación es comprobar el tipo de crecimiento ya que es posible determinar el tipo de crecimiento de una especie a través el coeficiente alométrico (b) el cual es isométrico cuando  $b=3$  en este caso los peces aumentan de peso en la misma proporción en la que crecen en longitud; es alométrico positivo cuando  $b>3$ , en este caso los peces aumentan su peso progresivamente desde juveniles más elongados y es alométrico negativo cuando  $b<3$  y los organismos de mayor talla tienden a ser más elongados que los más pequeños (Morey et al., 2003; Oliveira et al., 2012).

Se calculó el factor relativo de condición (Kn) (Le Cren, 1951; Jisr et al., 2018) empleando la siguiente fórmula:

$$Kn = Wo/Wc$$

En donde:

Kn = Factor relativo de condición.

Wo = Peso observado

Wc = Peso obtenido por el modelo  $Pt = a L^b$

Se calculó la proporción sexual, dividiendo el número total de hembras entre el número total de machos (H/M). Para determinar si existen diferencias significativas entre las proporciones sexuales se empleó el estadístico de prueba Chi-cuadrada ( $\chi^2_c$ ) con corrección de Yates (Zar, 2010).

$$\chi^2_c = \frac{(|f_1 - f_2| - 1)^2}{n}$$

En donde:

f1 = proporción de hembras

f2 = proporción de machos

n = número total de ejemplares

Con los datos de los pesos de las gónadas e hígado se elaboraron los índices gonadosomáticos (IGS) y hepatosomáticos (IHS) mediante las siguientes fórmulas.

$$IGS = \left( \frac{Pg}{P} \right) * 100$$

En donde:

IGS = índice gonadosomático

Pg = peso de la gónada

P = Peso total del ejemplar

$$IHS = \left( \frac{Ph}{P} \right) * 100$$

En donde:

IHS = índice hepatosomático.

Ph = peso del hígado

P = peso total del ejemplar.

Los estadios de madurez de las gónadas fueron delimitados mediante características macroscópicas donde el color, la consistencia y la irrigación sanguínea determinan la madurez. Se establecieron cinco estadios de acuerdo con los criterios establecidos por Laevastu (1971) y Sánchez (2013), los cuales son describen a continuación:

Estadio I (Inmaduras): gónadas pequeñas, translúcidas, no es posible distinguir entre ovario o testículo a simple vista.

Estadio II (En desarrollo): el sexo se distingue a simple vista por el color y la forma de las gónadas; los ovarios tienden a tomar tonalidades anaranjadas, rosas o rojizas, un poco turgentes; el vaso sanguíneo principal de la gónada es conspicuo y los ovocitos son pequeños.

Estadio III (Maduras): ovarios anaranjados a rojizos; vasos sanguíneos bastante notables; ovarios turgentes, en el caso de los testículos estos son blanquecinos y rojizos.

Estadio IV (Predesove): los ovarios ocupan gran parte de la cavidad abdominal y son turgentes, pueden tener un color rosáceo, amarillo o anaranjado cuando aún no hay desove y una vez desovados pueden ser de tonos verdoso o ámbar; los testículos son de color crema o blanco.

Estadio V (Postdesove): tanto ovarios como testículos son flácidos; los ovarios presentan ovocitos opacos, además de grumos amarillos y el ovario puede adquirir una tonalidad rojiza.

La fecundidad se calculó mediante el conteo del número de ovocitos en 0.1 g de cada gónada de hembra en estadio predesove. El fragmento de ovario fue disociado en una caja Petri y se contó la cantidad de ovocitos por muestra. La fecundidad total fue estimada tomando en cuenta el peso total de los ovarios mediante la siguiente fórmula propuesta por Hunter y Goldberg (1980).

$$\text{Fecundidad} = \frac{(\text{número de maduros ovocitos en 0.1 g.})(\text{peso total de ovario})}{(\text{peso del fragmento del ovario})}$$

Para conocer los aspectos de la ecología trófica de la especie se analizó el contenido estomacal de cada individuo, obteniendo el peso de cada estómago, así como las presas encontradas para posteriormente identificar los ítems alimenticios hasta el nivel taxonómico más

bajo posible, con ayuda de claves especializadas para los diferentes grupos alimenticios y bibliografía relacionada a la zona de estudio (Yáñez-Arancibia y Díaz-González, 1976; Merritt y Cummins, 1996; Miller et al., 2009).

Se calculó el porcentaje de frecuencia de aparición (%FA), porcentaje numérico (%N) y porcentaje gravimétrico (%W). Una vez obtenidos estos valores, se estimó el índice de importancia relativa (IIR) (Pinkas et al., 1971) con el empleo de la fórmula siguiente.

$$IIR = (\%P + \%N) * \%FA$$

En donde:

IIR = índice de importancia relativa.

P = porcentaje en peso.

N = porcentaje en número.

FA = porcentaje de frecuencia de aparición.

De igual forma, se obtuvo la amplitud del nicho ( $B_i$ ) mediante el uso del índice estandarizado de Levin de amplitud de nicho (Hurlbert, 1978; Krebs, 2014), para lo cual se dividió a los individuos por tallas en cinco intervalos arbitrarios, se determinó la amplitud entre sexos al igual que en temporada seca y de lluvia; los valores de este índice fluctúan de 0 a 1, si los valores son menores a 0.6 indican que se trata de un consumidor especialista mientras que los valores mayores a 0.6 corresponden depredadores o consumidores generalistas (Novakowski et al., 2008). Para obtener el índice se empleó la siguiente fórmula:

$$B_i = \frac{1}{(n - 1)} \left[ \frac{1}{(\sum_j p_{ij}^2)} - 1 \right]$$

En donde:

$B_i$  = Es el índice de estandarizado de Levin de amplitud de nicho para el depredador

$P_{ij}$  = es la proporción de la presa en la dieta del depredador

$n$  = número de categorías de presas

Por otra parte, se realizó un análisis de traslape trófico entre tallas, sexos y temporadas, con el fin de definir similitudes entre la dieta de las categorías anteriormente mencionadas, para

ello se formaron cinco intervalos de tallas arbitrarias y se calculó el espectro trófico para cada categoría; se hizo lo mismo para comparar la dieta de machos y hembras además de tomar en cuenta la temporada de secas y lluvias, para ello se utilizó el índice de Morisita-Horn y se elaboraron análisis de conglomerados mediante el programa PAST (Hammer et al., 2001). Se empleó la fórmula siguiente:

$$C\lambda = 2 \sum_{i=1}^n (P_{xi} \cdot P_{yi}) / \sum_{i=1}^n P_{xi}^2 + \sum_{i=1}^n P_{yi}^2$$

En donde:

$C\lambda$  = traslape entre depredadores

$P_{xi}$  = es la proporción de presas  $i$  del total de presas usadas por el depredador  $x$

$P_{yi}$  = es la proporción de presas  $i$  del total de presas usadas por el depredador  $y$

$n$  = es el número total de presas.

El índice anteriormente mencionado tiene valores que van del 0 al 1 y en él se considera que el traslape en la dieta es significativo cuando éste es mayor a 0.60 (Horn, 1966; Smith y Zaret, 1982).

Para complementar los análisis anteriores y tener un conocimiento más preciso de los hábitos tróficos de *A. trimaculatus* se realizó un análisis de componentes principales (APC) mediante los datos numéricos obtenidos de las presas encontradas en los estómagos de los ejemplares analizados. Se analizó la dieta comparando tallas, sexos y temporadas; este tipo de análisis nos brinda una representación visual de los datos por lo tanto es posible observar las tendencias de las categorías de forma gráfica, los análisis se llevaron a cabo usando el programa PAST (Hammer et al., 2001).

## RESULTADOS

### ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESO.

Se analizaron 212 organismos (105 machos y 107 hembras) de *A. trimaculatus*, se obtuvo que la estructura de tallas oscila de 9 a los 19 cm ( $14.9 \pm 1.7$ ) de LT y un peso de 14.6 g a 125.9 g ( $63.2 \pm 21.7$ ). Los machos tuvieron una menor talla, de 9 a 18 cm ( $14.7 \pm 1.7$ ) de LT, mientras que el peso va de los 14.6 a 110 g ( $60.5 \pm 20.9$ ). Las hembras presentaron una talla de 11 a 19 cm ( $15.08 \pm 1.671$ ) de LT y un peso de 28.8 a 125.9 g ( $66.1 \pm 22.2$ ) (Figs. 4 y 5).

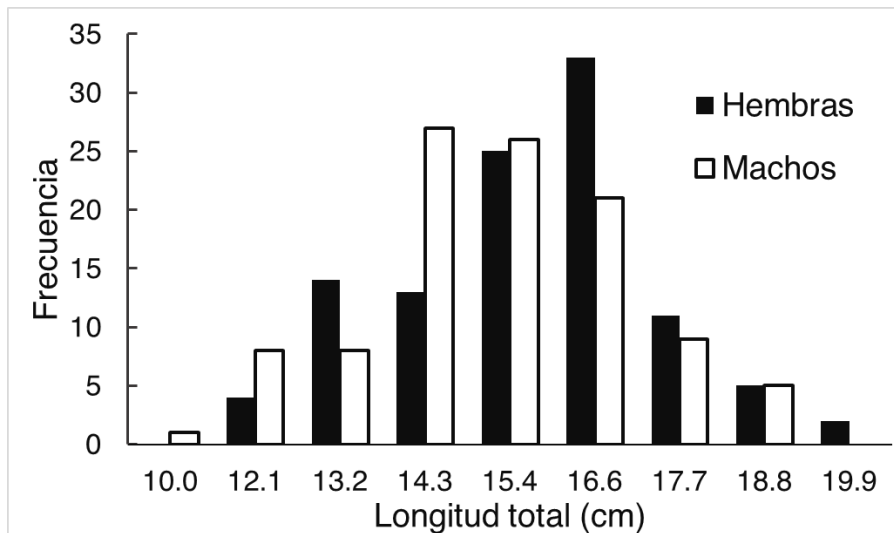


Figura 4. Estructura de tallas de *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

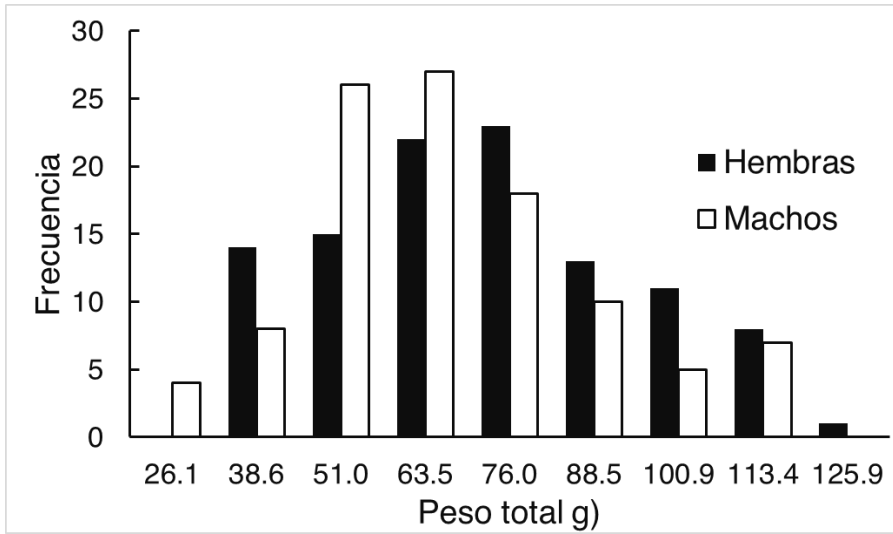


Figura 5. Estructura de peso de *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.



### RELACIÓN TALLA-PESO.

La relación talla-peso obtenida para hembras fue  $Pt = 0.0427(\text{cm})^{2.6915}$  con una correlación de  $r^2=0.76$  (Fig. 6).

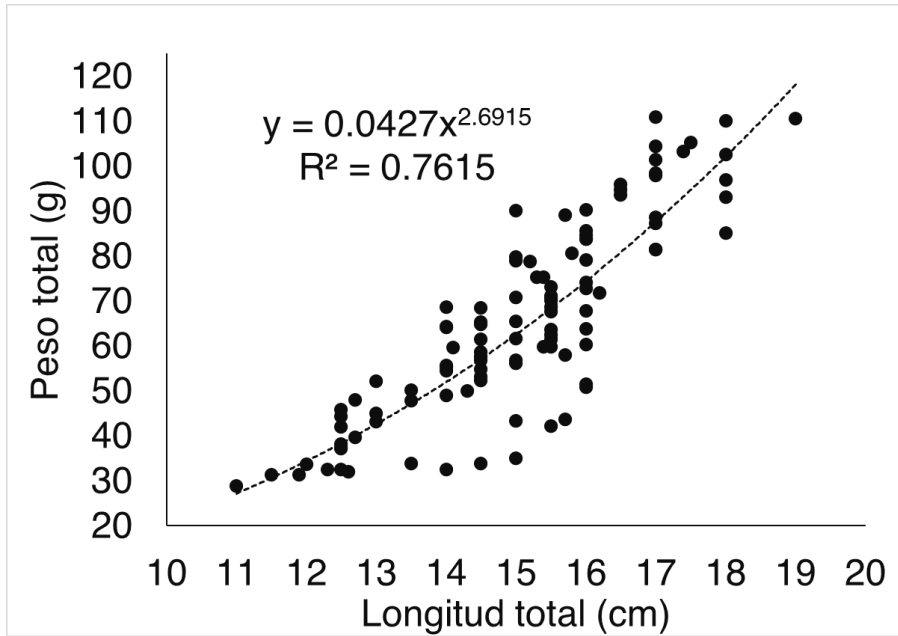


Figura 6. Relación talla-peso para hembras de *Amphilophus trimaculatus* de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

Por otra parte, la relación de los machos fue  $Pt = 0.029 (\text{cm})^{2.8235}$  con una correlación de  $r^2=0.89$  (Fig. 7).

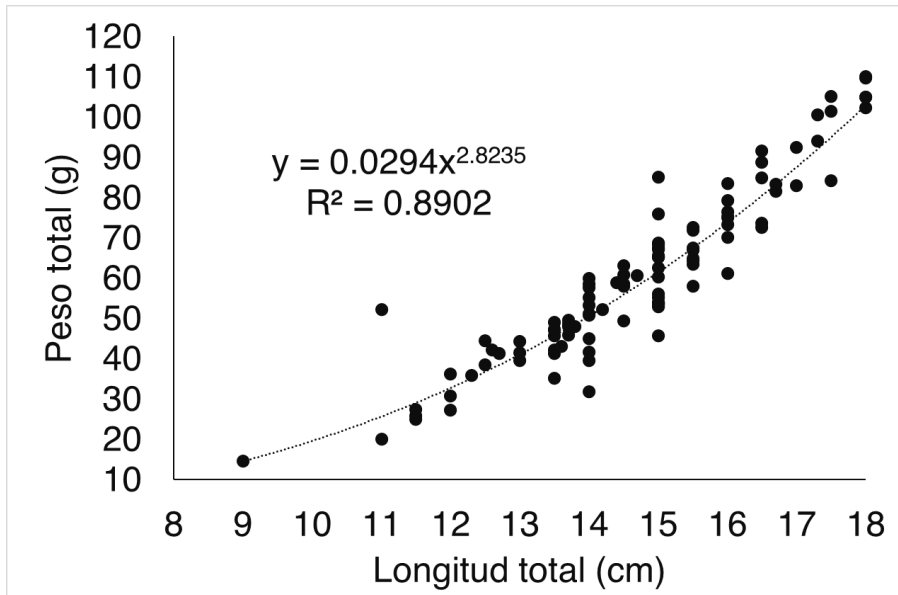


Figura 7. Relación talla-peso para hembras de *Amphilophus trimaculatus* de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

De acuerdo con el análisis de covarianza (ANCOVA) no existen diferencias significativas entre las pendientes de crecimiento obtenidas para machos y hembras (ANCOVA;  $p=0.41 >0.05$ ), y de acuerdo con la prueba de t de Student realizada entre ambos sexos, el valor de b es estadísticamente igual al valor de  $b = 3$ , por lo que existe un crecimiento isométrico para *A. trimaculatus* (ambos sexos  $t= 0.884$ ,  $p>0.05$ ; hembras  $t=0.073$ ,  $p>0.05$ ; machos  $t=0.35$ ,  $p>0.05$ ).

## PROPORCIÓN SEXUAL

La proporción sexual encontrada en los ejemplares analizados fue de 1:1.01 en el total. Al aplicar el estadístico Chi-cuadrado con corrección de Yates, se encontró que la cantidad de machos y hembras es estadísticamente diferente sólo en los meses de agosto con predominancia de hembras ( $\chi^2=9.33$ ,  $p>0.05$ ) y noviembre con predominancia de machos ( $\chi^2=4.32$ ,  $p>0.05$ ) (Fig. 7), en los meses restantes no se encontraron diferencias significativas, por lo tanto, su proporción sexual es estadísticamente cercana a 1:1 ( $\chi^2=0.0047$ ,  $p<0.05$ ) (Fig. 8).

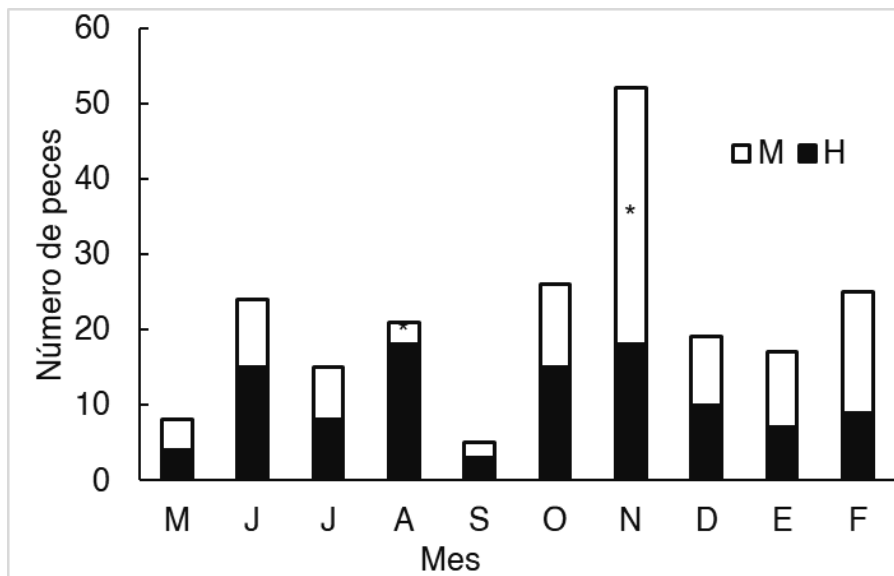


Figura 8. Proporción sexual de *Amphilophus trimaculatus* durante de los meses de muestreo, el asterisco indica los meses con diferencias significativas.

### ESTADIOS DE MADUREZ GONÁDICA

Se describieron cinco estadios gonádicos de madurez para hembras, de los cuales el mejor representado fueron las hembras maduras (estadio III) con el 35.5% del total de las hembras analizadas, seguido de hembras en desarrollo (estadio II) con 23%, el estadio predesove (estadio IV) comprende el 22.4% y el estadio postdesove (estadio V) comprende el 14%, y las hembras inmaduras fueron las menos representadas (estadio I) (Fig. 9).

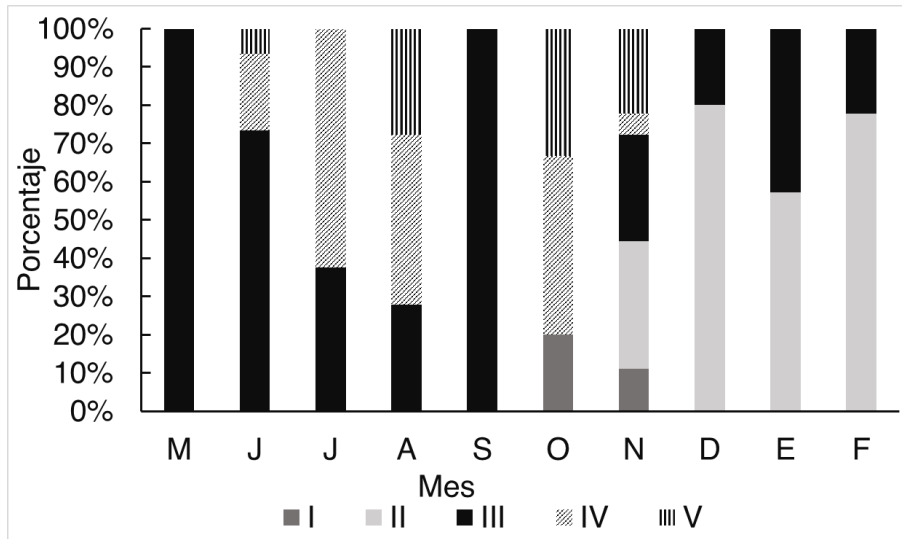


Figura 9. Porcentaje mensual de los estadios gonádicos de hembras de *Amphilophus trimaculatus*.

## FECUNDIDAD

El número promedio estimado de ovocitos fue de 2,469 en ambas gónadas, los especímenes de los cuales se obtuvieron estos datos van de los 12.5 a los 18 cm ( $15.2 \pm 1.19$ ) de longitud total y de 41.9 a 110.8 g ( $71.7 \pm 17.03$ ).

Es posible observar que la mayor cantidad de ovocitos se encuentra en hembras con tallas superiores a los 15 cm. de longitud total. (Fig. 10)

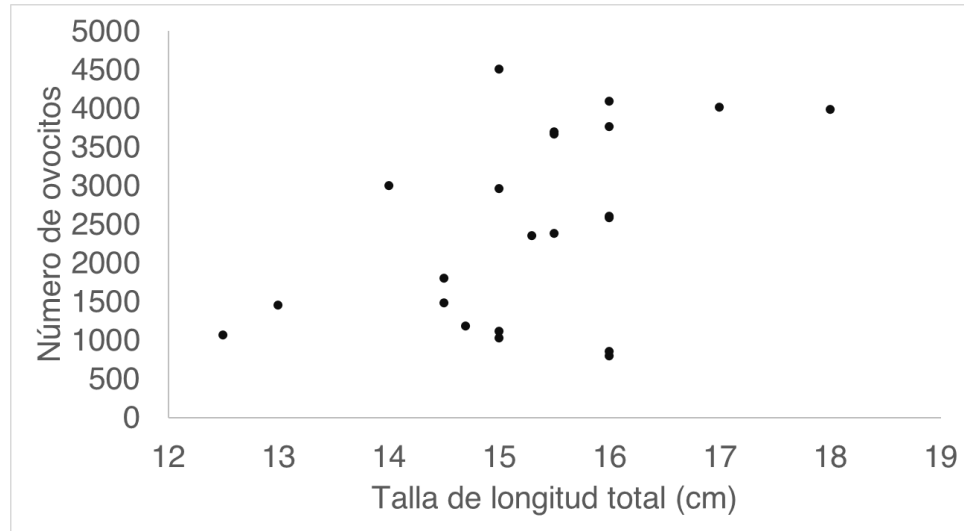


Figura 10. Número de ovocitos en relación con la longitud total en hembras de *A. trimaculatus* de la Laguna de Tres Palos.

## ÍNDICE GONADOSOMÁTICO Y HEPATOSOMÁTICO

En cuanto al índice gonadosomático, (IGS), se observa un aumento progresivo de los meses de mayo a junio y posteriormente entre los meses de octubre a enero se observa un decremento lo cual indica que la temporada reproductiva de *A. trimaculatus* ocurre durante los meses de junio a octubre que presentan un mayor IGS. El peso de la gónada en hembras llegó a representar hasta el 3.06 % del peso total, igualmente, existieron variaciones significativas del IGS a lo largo de los meses de muestreo (Kruskal-Wallis, 29.15;  $p < 0.05$ ); en machos el IGS presentó poca variación. Durante el tiempo de estudio se registraron picos en los meses de septiembre y enero, asimismo, existieron diferencias significativas entre los meses de muestreo (Kruskal-Wallis, 19.05;  $p < 0.05$ ) (Fig. 11).

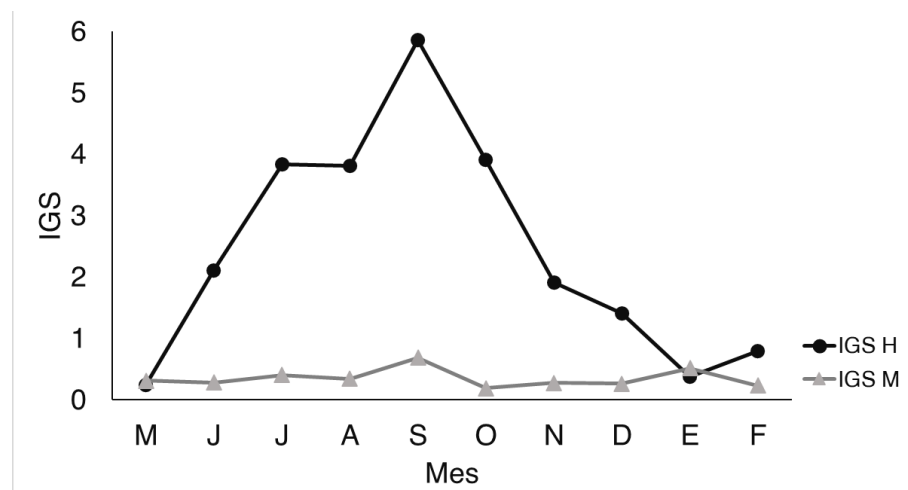


Figura 11. Variación mensual del índice gonadosomático de *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

Las fluctuaciones del índice hepatosomático (IHS) a lo largo de los 10 meses de muestreo presentaron un patrón que se relaciona con la época reproductiva, ya que durante los meses de reproducción el IHS tiende a disminuir para posteriormente en los meses en donde no hay actividad reproductiva aumentar, esto relacionado con la acumulación de energía en el tejido hepático es por ello que se observa que en los meses en donde el IGS es menor el IHS presenta un incremento notable, en el caso de *A. trimaculatus* de la Laguna de Tres Palos ocurren aumentos IHS en los meses de octubre y febrero, asimismo existen variaciones estadísticamente significativas entre los meses de muestreo (Kruskal-Wallis, hembras 31.42,  $p < 0.05$ ; machos 27.58,  $p < 0.05$ ) (Fig. 12).

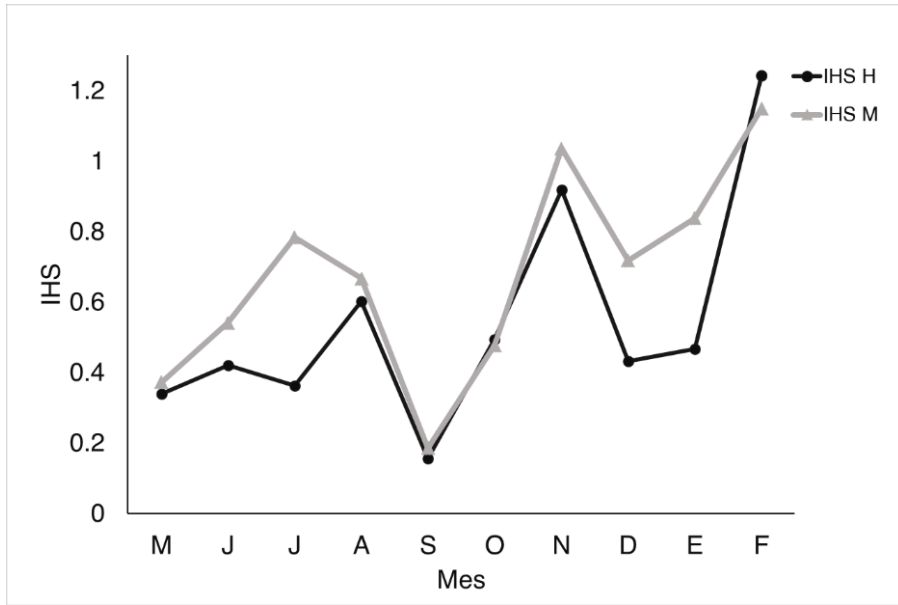


Figura 12. Variación mensual del índice hepatosomático de *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.

### FACTOR RELATIVO DE CONDICIÓN

Se observan tres picos en los meses de mayo, junio y noviembre en el factor de condición. En los meses de desove (junio a noviembre) el factor de condición presenta declives, al igual que en los meses posteriores a esta temporada; en cambio se nota un aumento para el mes de febrero. Ambos sexos presentan un factor de condición similar en los meses de muestreo, y al aplicar el estadístico de H de Kruskal-Wallis se encuentran diferencias significativas entre los meses de muestreo (hembras H = 33.51  $p < 0.05$ ; machos 22.02  $p < 0.05$ ) (Fig. 13).

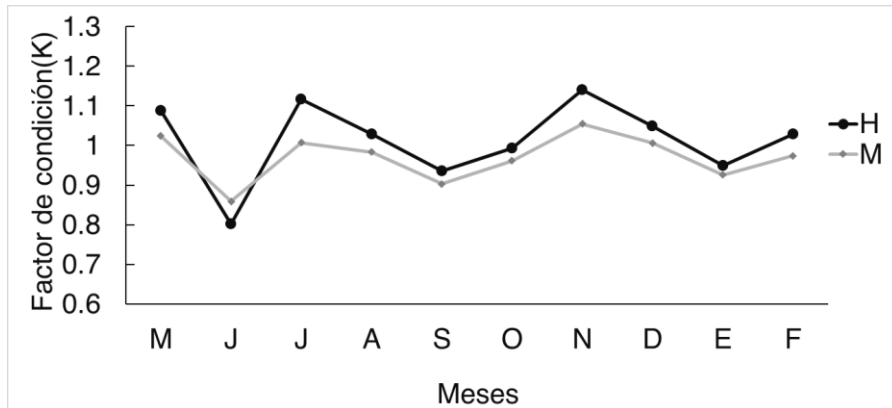


Figura 13. Variación del factor de condición mensual en *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México.



## ASPECTOS TRÓFICOS

Se diseccionaron y analizaron un total de 212 estómagos, de los cuales 93 (43.9%) se encontraron vacíos, el resto presentaron algún ítem alimenticio o restos de materia orgánica no identificable. Se determinaron un total de 8 ítems alimenticios, dos correspondientes a insectos, uno perteneciente a la familia Gerridae y el otro a la familia Dytiscidae del género *Hydrophilus*; uno de crustáceos perteneciente al género *Callinectes*, uno de moluscos perteneciente al género *Amnicola* y cuatro ítems pertenecientes a peces actinopterygios principalmente clupeidos y poecílidos (Tabla 1).

Tabla 1. Espectro trófico de *Amphilophus trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos, Acapulco, México. En donde: N frecuencia de la presa, W(g) peso en gramos de las presas %F = frecuencia de aparición porcentual, %N porcentaje numérico, %W porcentaje gravimétrico e IIR% índice de importancia relativa porcentual, MONI materia orgánica no identificada.

| Método                  | N |    | W(g) |     | %F    |       | %N    |       | %W    |       | IIR%  |       |
|-------------------------|---|----|------|-----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                         | H | M  | H    | M   | H     | M     | H     | M     | H     | M     | H     | M     |
| <b>Sexo</b>             |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>Presa</b>            |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <b>Hexapoda</b>         |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Hydrophilus</i>      | 1 | 0  | 0.2  | 0   | 1.63  | 0     | 5.26  | 0     | 0.51  | 0     | 0.166 | 0     |
| <i>sp.</i>              |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| Guerridae               | 0 | 1  | 0    | 0.1 | 0     | 1.58  | 0     | 2.63  | 0     | 0.31  | 0     | 0.028 |
|                         |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       | 2     |
| <b>Crustacea</b>        |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Callinectes sp.</i>  | 2 | 0  | 0.12 | 0   | 3.27  | 0     | 10.52 | 0     | 0.30  | 0     | 0.624 | 0     |
| <b>Mollusca</b>         |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Amnicola sp.</i>     | 2 | 4  | 1.5  | 1.2 | 3.27  | 6.34  | 10.52 | 10.52 | 3.82  | 3.81  | 0.827 | 1.356 |
| <b>Actinopterygii</b>   |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Poeciliopsis</i>     | 1 | 0  | 1    | 0   | 1.63  | 0     | 5.26  | 0     | 2.55  | 0     | 0.225 | 0     |
| <i>scarlii</i>          |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       |       |
| <i>Poecilia butleri</i> | 0 | 3  | 0    | 4.5 | 0     | 4.76  | 0     | 7.89  | 0     | 14.28 | 0     | 3.815 |
| <i>Lile gracilis</i>    | 8 | 11 | 6    | 8.2 | 13.11 | 17.46 | 42.10 | 28.94 | 15.29 | 26.03 | 13.24 | 25.49 |
|                         |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       | 6     | 5     |
| <b>Actinopterygii</b>   | 5 | 19 | 4.7  | 8.4 | 8.19  | 30.15 | 26.31 | 50    | 11.98 | 26.66 | 5.523 | 45.11 |
| <b>ND</b>               |   |    |      |     |       |       |       |       |       |       |       | 0     |

|              |    |    |       |      |       |       |     |     |       |       |       |       |
|--------------|----|----|-------|------|-------|-------|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
| <b>MONI</b>  | 42 | 25 | 25.7  | 9.1  | 68.85 | 39.68 | 0   | 0   | 65.52 | 28.88 | 79.38 | 24.19 |
|              |    |    |       |      |       |       |     |     |       |       | 5     | 3     |
| <b>TOTAL</b> | 61 | 63 | 39.22 | 31.5 | 100   | 100   | 100 | 100 | 100   | 100   | 100   | 100   |

La biomasa registrada en todos los estómagos analizados fue de 70.72 g. De acuerdo con los índices obtenidos, la presa con mayor aporte de biomasa a la dieta de *A. trimaculatus* fue *Lile gracilis*. Sin embargo, la materia orgánica no identificada (MONI) estuvo presente en un alto porcentaje entre los ítems analizados.

Los insectos, crustáceos y moluscos están menormente representados en la dieta de *A. trimaculatus*, esto de acuerdo con los índices obtenidos; para el caso IIR% los valores obtenidos para los coleópteros del género *Hydrophilus* fueron de 0.166% y los hemípteros de la familia *Guerridae* 0.028%, las jaibas del género *Callinectes* 0.624%, y los moluscos del género *Amnicola* obtuvieron los valores de 0.827% para hembras y 1.356% para machos.

Al comparar los índices obtenidos se encontró que *A. trimaculatus* tiene preferencia por consumir recursos de origen íctico, en este sentido es posible inferir que su dieta está principalmente compuesta por peces y en menor medida por otro tipo de presas como crustáceos, insectos o moluscos.

### AMPLITUD DEL NICHOTRÓFICO.

Los valores obtenidos para el análisis de amplitud de nicho fluctúan entre 0.19 y 0.59, particularmente la amplitud de nicho más alta es la de la categoría de las tallas que van de los 13-14 cm ( $B_i = 0.59$ ), lo cual indica que este intervalo de tallas emplea un mayor número de ítems alimenticios, mientras que el índice más estrecho lo presentan los ejemplares con tallas que van de 9 a 13 cm ( $B_i = 0.19$ ) que se corresponde a una mayor selectividad en las presas. Ninguna categoría presentó un índice mayor a 0.6 (Tabla 2), lo cual indica que el nicho trófico de la especie es relativamente estrecho y presenta selectividad por ciertas presas, en el caso de esta especie es por los peces óseos. En el caso de temporadas, el nicho trófico no se modificó significativamente (Lluvias  $B_i = 0.319$  y secas  $B_i = 0.248$ ), de igual forma lo es en la amplitud de sexos (hembras  $B_i = 0.0378$  y machos  $B_i = 0.263$ ) (Tabla 2).

Tabla 2. Amplitud de la dieta de *Amphilophus trimaculatus*, de acuerdo con el índice estandarizado de Levin por sexos, temporada y talla.

|              | <b>Categoría</b> | <b>N</b> | <b>Valor</b> |
|--------------|------------------|----------|--------------|
| <b>Sexo</b>  |                  |          |              |
|              | Hembras          | 18       | 0.378        |
|              | Machos           | 37       | 0.263        |
| <b>Época</b> |                  |          |              |
|              | Lluvia           | 34       | 0.319        |
|              | Secas            | 21       | 0.248        |
| <b>Talla</b> |                  |          |              |
|              | 9-13             | 10       | 0.190        |
|              | 13-14            | 11       | 0.591        |
|              | 14-15            | 17       | 0.487        |
|              | 15-16            | 7        | 0.333        |
|              | 16-19            | 10       | 0.377        |

## TRASLAPE DE NICHO TRÓFICO

Entre machos y hembras se presenta un traslape trófico moderado ( $\lambda = 0.55$ ), este dato nos indica que hembras y machos tienden a usar recursos diferentes; por otra parte, en las demás categorías se encontraron traslapes significativos entre los intervalos de tallas que comprende de 14 a 15 cm y de 16 a 19cm ( $\lambda=0.954$ ) y de 9 a 13 ( $\lambda=0.8$ ), las tallas de 13 a 15 cm y 15-16 presentan un traslape alto ( $\lambda=0.91$ ). La similitud entre temporadas es alta ( $\lambda=0.83$ ). Estos datos nos indican que estos cíclidos mantienen una dieta similar en las tallas que se analizaron y entre las temporadas de estudio.

En análisis de conglomerados mediante el índice de Morisita-Horn, representa la similitud de la dieta en las categorías anteriormente mencionadas. Al analizar el traslape del nicho entre tallas se encontraron dos agrupaciones (Fig. 14). Sin embargo, los valores obtenidos por el modelo de Morisita-Horn son significativos, por lo tanto, existe un traslape de los nichos tróficos entre las tallas analizadas. Por otra parte, al comparar los recursos empleados por *A. trimaculatus* en la temporada de secas y lluvias, se observó que el nicho trófico se mantiene a lo largo del tiempo. En el esquema en el cual se comparan machos y hembras se puede observar un traslape trófico significativo (Fig. 14).

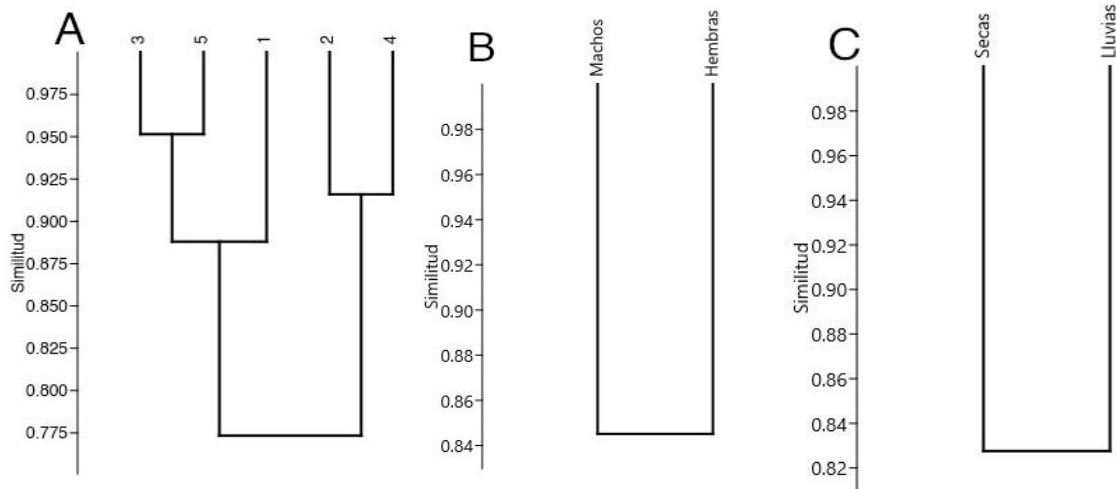


Figura 14. Analisis de conglomerados basado en el índice de Morisita-Horn; A) tallas (1: 9-13cm, 2: 13-15cm, 3: 14-15cm, 4: 15-16cm, 5: 16-19cm), B) sexos, C) temporadas

El análisis de componentes principales (ACP), basado en la abundancia de los items alimenticios en los estómagos de *A. trimaculatus*, señala que la mayoría de tallas emplean recursos tróficos similares. El CP1 explica el 52.6% de la varianza y el CP2 22.1%, los cuales

corresponden a componentes de origen íctico, mientras que los componentes pertenecientes a insectos, crustaceos y moluscos explican en menor medida el comportamiento alimentario del cíclido (Fig. 15).

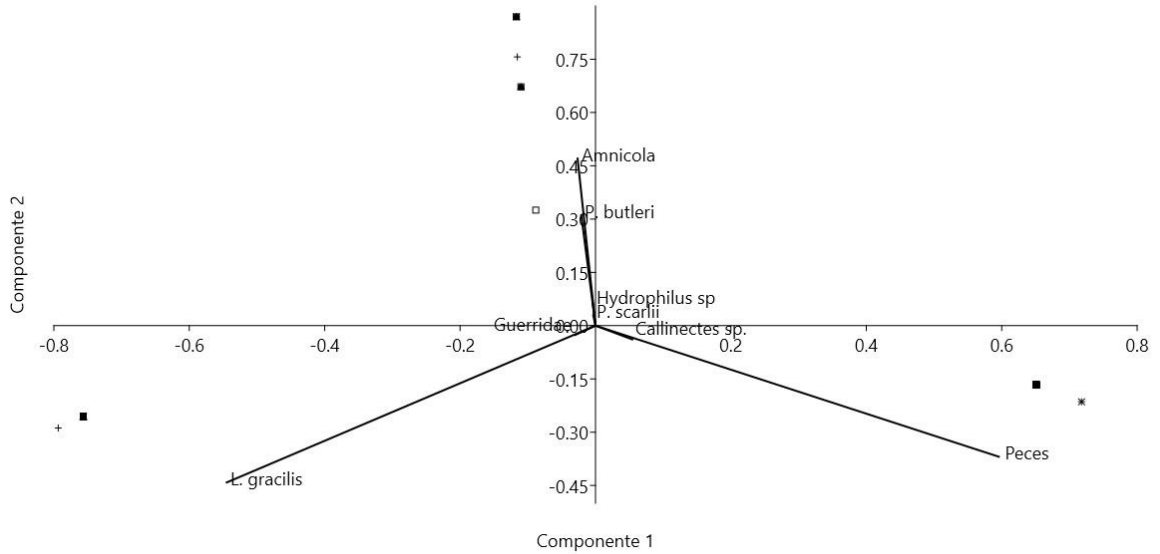


Figura 15. Biplot del espectro trófico de *Amphilophus trimaculatus* obtenido mediante Análisis de componentes principales al comparar tallas.

En el análisis ACP realizado para comparar la alimentación entre temporadas (de secas y de lluvias) es posible observar que los componentes ícticos son predominantes en la dieta de *A. trimaculatus* en todas las temporadas, sin embargo, en el análisis los vectores de *Hydrophilus* sp. y el de los insectos de la familia Guerridae se relacionan con la época de lluvias (Fig. 16).

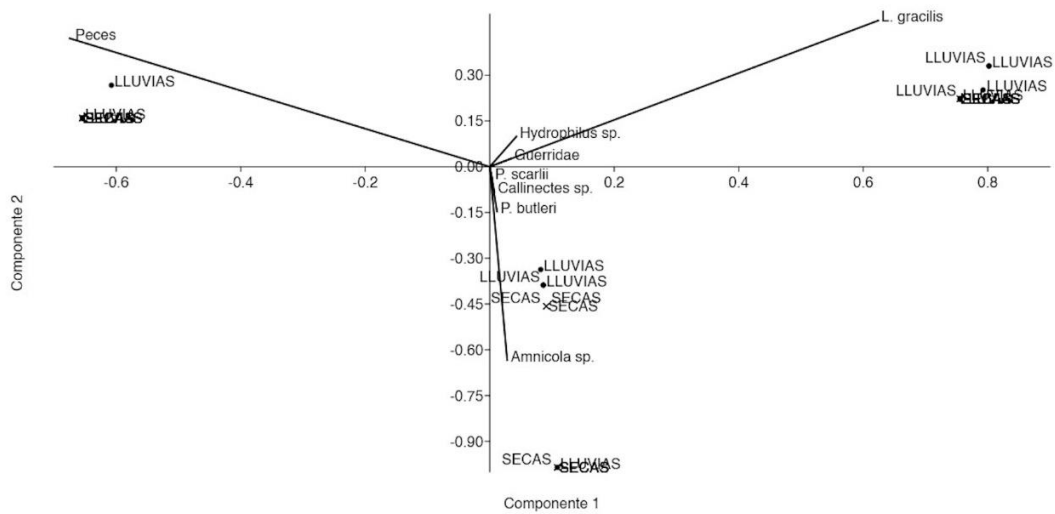


Figura 16. Biplot del espectro trófico de *Amphilophus trimaculatus* obtenido mediante análisis de componentes principales al comparar la dieta en temporada seca y de lluvia.

Al comparar la dieta entre machos y hembras se observa un traslape entre las dietas, al igual que en otros análisis, en el ACP ambos sexos comparten presas, siendo las más frecuentes los peces actinoptergios, principalmente *Lile gracilis*. Los items relacionados con peces explican el 72.1% de la varianza (Fig. 17).

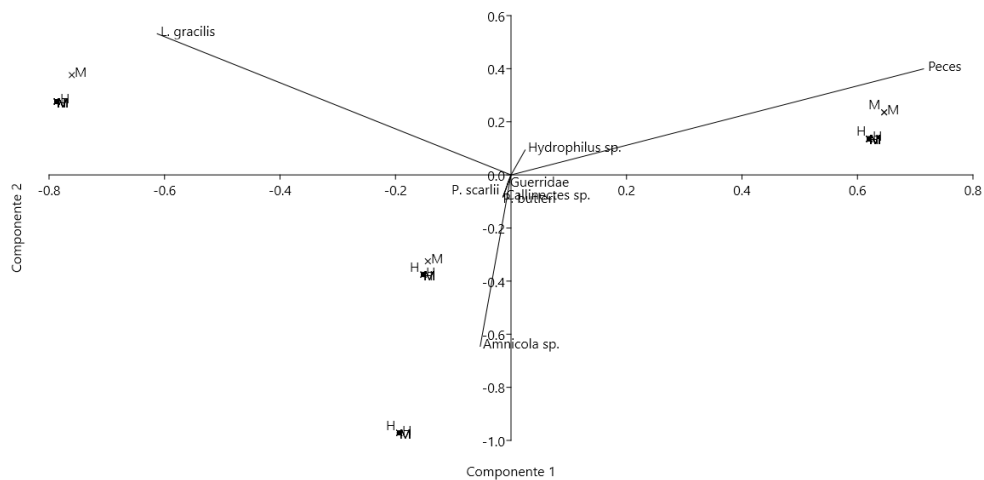


Figura 17. Biplot del espectro trófico de *Amphilophus trimaculatus* obtenido mediante el análisis de componentes principales al comparar la dieta de hembras y machos.

A continuación se muestra una lámina con los principales ítems alimenticios de *A. trimaculatus*. Los ejemplares fueron capturados en la Laguna de Tres Palos, junto con los cíclidos estudiados (Fig. 18).

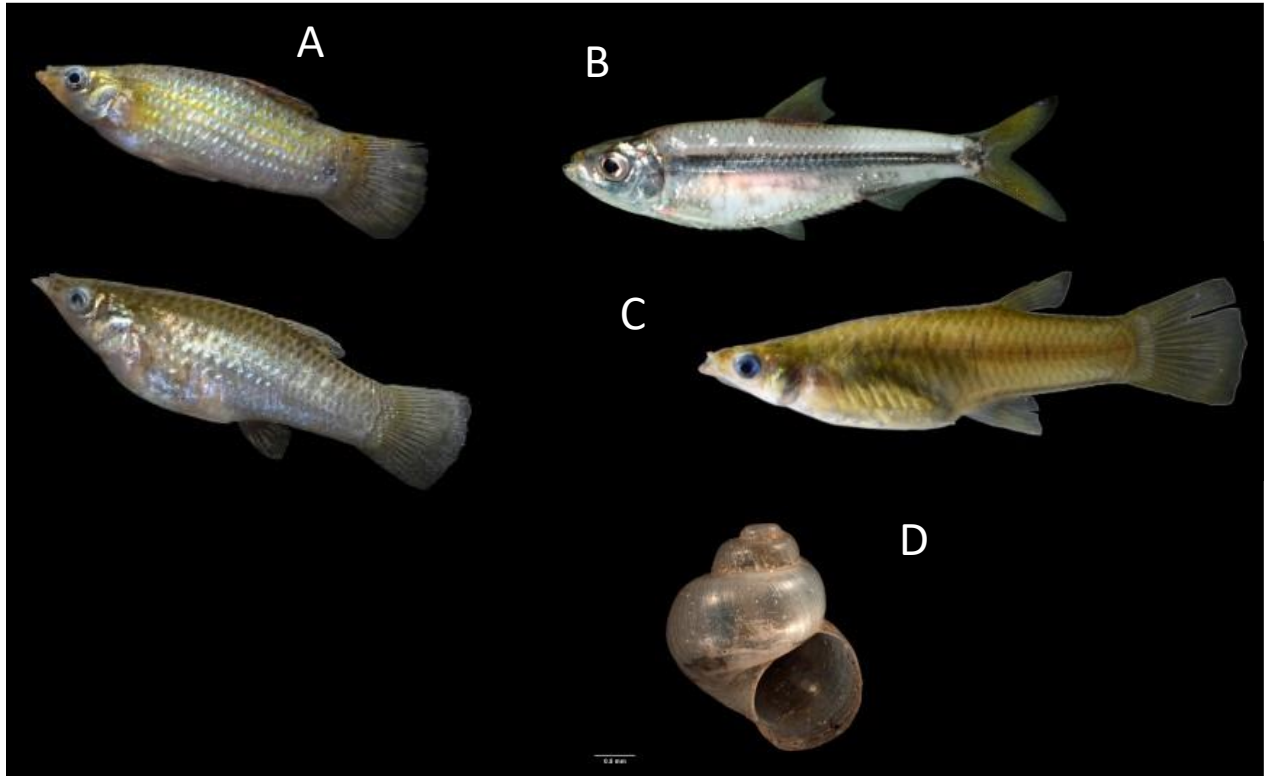


Figura 18. Principales ítems alimenticios de *Amphilophus trimaculatus*. A) *Poecilia butleri*, B) *Lile gracilis*, C) *Poeciliopsis scarlii*, D) *Amnicola* sp. (Fotografías de peces Eduardo García-Mercado, fotografía de *Amnicola* sp. por Museo de Nueva Zelanda).

## DISCUSIÓN

### ESTRUCTURA DE TALLAS Y PESO

En los estudios realizados en la Laguna de Tres Palos por Rojas-Herrera et al. (2009) reportan tallas similares para *A. trimaculatus*, estas tienen un intervalo de 11.1 a 19 cm de longitud total particularmente las machos van de los 13.1 a los 19 cm, mientras que la longitud de las hembras va de los 11.1 a los 18 cm. Por otra parte, los registros de peso van de los 156.7 a los 128.2 g. En la población analizada del río Atoyac en el estado de Oaxaca, Ortiz (2011) reporta

tallas similares a las encontradas en este estudio, entre los 2.2 a los 19 cm de longitud total e infiere que la especie es capaz alcanzar una talla máxima de aproximadamente 25 cm.

En un estudio previo realizado por Violante-González (1995) en la Laguna de Tres Palos, reporta que *A. trimaculatum* tiene una estructura de tallas que en los machos va de los 8.2 a 22.8 cm y en hembras de 8.8 a 22.1 cm, con un peso máximo reportado de 280 y 180 g respectivamente. Mientras que en la población del Canal de Chiquimulilla en Guatemala, los ejemplares van de los 7 a los 22.9 cm de LT? (Rosales-Loesener, 1980).

Las diferencias en la estructura de tallas obtenida en los diversos estudios realizados anteriormente pueden ser causadas por la selectividad de los artes de pesca empleados en la captura de *A. trimaculatus*; Rosales-Loesener (1980) empleo trasmallos de 100 m de longitud con luz de malla de 5 cm, anzuelos de diversos números y atarraya con luz de malla de 2 cm, siendo esta última el método más efectivo de captura para la especie. Violante-González (1995) menciona el uso de trasmallos 70 a 50 m de largo con luz de malla de 3.5 cm, esta similitud en los equipos empleados en la captura de los ejemplares puede explicar la tendencia de tallas observada. Por otra parte, el intervalo de tallas más amplio es el obtenido por Ortiz (2011), esto podría deberse al uso de electro pesca como método de colecta en su estudio, sin embargo, la ausencia de ejemplares de tallas superiores a los 20cm podría ser resultado de diversos factores por ejemplo la presión de pesca y el cambio en las condiciones ambientales (Tu et al., 2018).

La estructura de tallas difiere a lo que se ha reportado anteriormente para *A. trimaculatus* y otros cíclidos, en donde hay una tendencia a que los machos presenten una mayor longitud, como es el caso de *Mayaheros beani* (García-Lizárraga et al., 2011) o *Cichla orinocensis* (Rodríguez-Olarte y Taphorn, 2005). En la población de *A. trimaculatus* de la Laguna de Tres Palos las hembras tienden a ser más grandes en longitud y peso en comparación con los machos.



## RELACIÓN TALLA-PESO

El tipo de crecimiento isométrico reportado en este estudio para *A. trimaculatus* ha sido observado por otros autores como Rosales-Loesener (1980) y Rojas-Herrera (2009). En este último estudio se consideraron ejemplares de la Laguna de Tres Palos, sin embargo, para la misma localidad Violante-González (1995) reporta un crecimiento de tipo alométrico, por otra parte, Ortiz (2011) reporta un crecimiento alométrico positivo en la Cuenca hidrológica Río Atoyac-Paso de la Reina en el estado de Oaxaca.

La variación entre los tipos de crecimiento obtenidos pueden ser resultado de diversos factores entre los cuales destacan las condiciones ambientales de las localidades de donde provienen los organismos analizados; o los aspectos de los métodos usados al momento de analizar una muestra de peces, por ejemplo, el registro de la longitud y del peso en fresco de los ejemplares o posterior a la preservación de los organismos en formaldehído o alcohol, de igual forma la estructura de tallas y peso de la población analizada puede influenciar en el resultado de  $b$  en la ecuación que define el tipo de crecimiento de la especie (Czudaj et al., 2022). Los estudios en los cuales se obtuvo un crecimiento isométrico los peces se midieron y pesaron frescos, mientras que en los estudios que se registró un crecimiento alométrico los organismos fueron preservados antes de tomar datos morfométricos.

Dentro de la familia Cichlidae es posible encontrar diversos tipos de patrones de crecimiento. Algunas especies presentan un crecimiento de tipo isométrico, por ejemplo, *Cichla temensis* (Tavares-Dias et al., 2011), *Cincelichthys pearsei* (Aguilar-Ballinas et al., 2018). Sin embargo, múltiples factores pueden influir en el tipo de crecimiento de los peces, por ejemplo, la forma corporal típica de cada especie así mismo las condiciones ambientales como la temperatura o la salinidad, el sexo, la temporada reproductiva o la localidad (Sparre y Venema 1998; Froese, 2006). De igual forma las diferentes formas corporales de los cíclidos y la variedad de ambientes (lénticos y lóticos) en cuales se desarrollan explica la diferencia en el tipo de crecimiento que se presenta entre los integrantes esta familia.

## PROPORCIÓN SEXUAL

La proporción sexual en la población estudiada es equilibrada (1M: 1.01H) por lo que hay 1.01 hembras por cada macho en la población analizada. Violante-González (1995) reporta una proporción sexual de (1.74M: 1H) en La Laguna de Tres Palos, con respecto a la población de *A. trimaculatus* del sistema estuarino lagunar de Chantuto-Panzacola, Chiapas, Antonio-Galicia (2018) reporta una proporción sexual con tendencia a un mayor número de machos (1.4M: 1H).

En los estudios realizados por Violante Gonzales (1995) y Antonio-Galicia (2018) la proporción sexual en los meses de octubre y noviembre tiende a sesgarse hacia los machos, de igual forma que en el presente estudio, esta disminución en la cantidad de hembras ocurre posterior a la época reproductiva; esto podría ser resultado del gasto energético por la reproducción o a los hábitos de cuidado parental de la puesta que se da en diversas especies de cíclidos (Zworykin, 2001).

La determinación sexual en peces esta regulada por diversos aspectos, entre estos se pueden encontrar factores genéticos, hormonales, condiciones ambientales y cuestiones de comportamiento (Devlin y Nagahama, 2002; Oldfield, 2005; Guerrero-Estévez y Moreno-Mendoza, 2010). La temperatura es un factor importante en la determinación sexual de los peces ya que la mayoría son poiquiloterms. Römer y Beisenherz (1996) mencionan que en seis especies del género *Apistogramma* la proporción sexual esta modulada por la temperatura, y particularmente se ha observado que en el cíclido *Apistogramma trifasciata* cuando las puestas se mantienen a 23°C hay una tendencia a prevalecer el número de hembras, mientras que cuando se mantienen a 29°C hay una tendencia por machos, y a los 26°C se presenta una proporción sexual equilibrada. Un patrón similar también se observó en el poecílido *Poecilia melanogaster*; por otra parte, en condiciones de pH bajo en las puestas *Apistogramma borelli*, tienden a presentarse más machos y la influencia de la temperatura parece no ser significativa. De igual forma Reddon y Hurd (2013) reportan cambios en la proporción sexual de el cíclido *Pelvicachromis pulcher* al exponer a diferentes parámetros de pH a organismos en etapas tempranas de desarrollo.

La proporción sexual de una población de peces esta influenciada por diversos aspectos tanto propios de la especie como del medio en el que habita, se ha demostrado que la abundancia de zooplancton, fitoplancton, pH, temperatura, entre otros parámetros ambientales se relacionan con la proporción sexual (Fryxell et al., 2015) En este sentido, al ser las lagunas costeras sistemas con condiciones particulares y dinámicas propias relacionadas con la posición geográfica, las condiciones del agua y hasta los impactos antrópicos es factible que las

condiciones ambientales propician una proporción sexual equilibrada en los ejemplares analizados en este estudio.

### ASPECTOS REPRODUCTIVOS

La temporada reproductiva y el desarrollo gonádico en peces teleósteos están regulados por condiciones ambientales entre ellos el fotoperiodo, aunque este tiene mayor efecto en organismos de regiones cercanas a los polos. Por otro lado los cambios en las condiciones ambientales influenciados por la temporada de lluvia o las temporadas secas determinan cambios fisiológicos y conductuales en los peces de latitudes meridionales, que delimitan sus temporadas reproductivas (Lowe–McConnell, 1979; Payne, 1986; Fiszbein et al., 2010; Scaia et al., 2020).

Es por lo anterior que en las zonas intertropicales los peces pueden reproducirse durante todo el año, pero por lo general es posible observar los dos tipos de reproducción, la unimodal en donde hay una temporada reproductiva y la bimodal en donde hay dos picos de reproducción.

Con base en los índices biológicos obtenidos en este estudio se determinó que *A. trimaculatus* presenta una reproducción unimodal que ocurre en los meses de mayo a noviembre. De igual forma se presentan mayor cantidad de hembras en estadio IV (predesove) y un mayor factor de condición entre los meses mencionados; esto nos indica que esta especie presenta una amplia temporada reproductiva, y el desove de *A. trimaculatus* coincide con los meses de mayor precipitación y temperatura a nivel regional (junio-octubre) (CONAGUA, 2020).

Antonio Galicia en el sistema lagunar Chantuto-Panzacola Chiapas (2018) y Violante-González en la Laguna de Tres Palos (1995) reportan un patrón similar, en donde hay un aumento en IGS durante los meses de mayo a agosto, y presenta una disminución en el mes de septiembre. Como se ha mencionado con anterioridad, las condiciones ambientales determinan los aspectos reproductivos de los peces, por lo tanto, al estudiar poblaciones diferentes es posible describir un patrón de temporadas reproductivas.

Dentro de la familia Cichlidae podemos encontrar diversos patrones en la temporalidad de la reproducción, en cíclidos neotropicales se pueden encontrar patrones de reproducción bimodales como *Mayaheros beani* (García-Lizárraga et al., 2011) y *Geophagus steindachneri* (Rangel-Serpa y Torres, 2015), o múltiples eventos de desove como *Cichla monoculus* (Chellappa et al., 2003). De igual forma, se han registrado especies con un patrón reproductivo

unimodal por ejemplo en *Neetroplus nematopus* (McKaye et al., 2010) y *Parachromis managuensis* (Gestring y Shafland, 1997).

La fecundidad encontrada fue un promedio de 2,469 ovocitos, esta cifra es menor a la reportada por Violante-González (1995) en donde contabiliza en promedio 3,082 de ovocitos en la población de *A. trimaculatus* de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, las diferencias en la cantidad de ovocitos reportada podría deberse a que analiza una mayor cantidad de ejemplares (562 hembras) y el rango de tallas obtenido es mayor con hembras que sobrepasan los 21cm de longitud total; y como se ha visto en gráficos anteriores hay una tendencia a que las hembras mas grandes presentan cantidades mayores de ovocitos.

En IGS, IHS y el factor de condición son herramientas útiles cuando se estudian los aspectos reproductivos en peces, ya que el IGS y el IHS se correlacionan inversamente, ya que las reservas lipídicas almacenadas durante la época en donde no hay reproducción son empleadas posteriormente en la formación de vitelo durante la época reproductiva. Este patrón en el aumento del IGS y disminución del IHS es visible mayormente en las hembras, esto se debe a que las reservas acumuladas en el hígado son usadas en el proceso de vitelogénesis, ya que en este proceso se sintetiza vitelogenina que es precursora del vitelo de los ovocitos (Arndt et al. 2000; Cerda et al. 1996).

Cuando se habla de poblaciones de peces sometidas a pesca es necesario relacionar los aspectos de regulación de la pesca con los resultados de investigaciones relacionadas con los aspectos reproductivos de las especies; En la Laguna de Tres Palos solo existe una veda de va del 6 de noviembre al 20 de diciembre, de forma local pescadores, y autoridades locales como presidentes de federaciones y presidentes de cooperativas de la Rivera de la Laguna de Tres palos acordaron llevar a cabo la veda para el cuidado de especímenes juveniles, dentro de las medidas acordadas se prohíben redes con luz de maya menor a los 5cm, artes de pesca de arrastre y la pesca de ejemplares pequeños, sin embargo, las temporadas de veda no coinciden con la temporada reproductiva de *A. trimaculatus*. Sin embargo, en el presente estudio la mayoría de las hembras analizadas se estaban sexualmente maduras por lo que el uso de redes como luz de malla superior a los 5cm podría ser una medida adecuado para el manejo pesquero de esta especie.

Ortiz (2011) estima que la edad de primera madurez en *A. trimaculatus* en el estado de Chiapas ocurre entre los 133-144 mm, lo cual no es consistente con la población de La Laguna de Tres Palos en donde hay ejemplares reproductivos de 11 cm de longitud total.

## **FACTOR DE CONDICIÓN**

El factor de condición está relacionado con la actividad reproductiva, el crecimiento de los ejemplares en peso respecto a su talla, por lo tanto, es posible establecer relaciones con el ambiente y la actividad trófica de los ejemplares de una población, por ello es útil estudiar los cambios estacionales (Blackwell et al., 2000; Froese, 2006).

Antonio Galicia (2018) observó que en las hembras de *A. trimaculatus*, a un mayor IGS el factor de condición disminuye, mientras que en machos el comportamiento es inverso. Esto lo relaciona con el empleo de energía en el crecimiento gonadal en hembras y con las características secundarias sexuales en machos. Lo que es muy similar a lo observado en el presente estudio, ya que los valores más bajos de factor de condición se presentaron durante la temporada reproductiva en ambos sexos y presenta un incremento en los meses posteriores al desove.

## ASPECTOS TRÓFICOS

Violante-González (1995) indica que las principales presas de *A. trimaculatus* son en mayor medida de origen íctico y corresponden a *Lile stolifera*, *Astyanax fasciatus* y *Gobionellus microdon*, aunque dentro de los ítems alimenticios también reporta larvas de insectos del género *Chironomus* sp., así como hemípteros no identificados, crustáceos correspondientes a *Macrobrachium tenellum* y moluscos, que el autor indica como presas incidentales cuando las mojarra consumen vegetación.

De acuerdo con los índices obtenidos, *A. trimaculatus* es un organismo principalmente ictiófago, como ya se ha mencionado en estudios anteriores, la presa principal de este cíclido es *Lile gracilis*, de igual forma *Poecilia butleri*, *Poeciliopsis scarlii*, en concordancia con los estudios de Violante-González (1995) y Rosales-Loesener (1980), los ítems relacionados con insectos y moluscos tienen menor frecuencia en la dieta.

De acuerdo con los ACP los ítems relacionados con larvas de insectos, en este caso de coleópteros del género *Hydrophilus* al igual que la presencia de hemípteros acuáticos, están relacionados con la temporada de lluvias. Por otra parte, los componentes de la dieta relacionados con crustáceos, en este caso las jaibas *Callinectes* sp., y los moluscos del género *Amnicola* sp., tienen cierta tendencia a ser consumidos durante la temporada seca, este patrón en el consumo de estos ítems podría estar mediado por la disponibilidad del recurso a consecuencia de las condiciones ambientales propicias para estos grupos de animales (Dorn, 2008).

Los peces neotropicales presentan un amplio espectro y plasticidad trófica, estos pueden tener preferencias alimentarias o ser especialistas (Abelha et al., 2001). Con base en los resultados, los peces analizados consumen recursos similares entre tallas, sexos y de manera temporal a lo largo del año. Pero durante la temporada de lluvias la diversidad trófica tiende a ser más amplia, siendo los ítems consumidos insectos adultos y larvas, esto posiblemente debido a la mayor disponibilidad de estas presas en la temporada en que se registraron. La similitud entre ítems alimenticios en peces de diferentes tallas de la misma especie está reportada en diversas especies de cíclidos piscívoros, por ejemplo, en *Mayaheros urophthalmus* (Bergmann y Motta, 2004), *Cichla piquiti* (Marto et al., 2015), *Amphilophus istlanum* (Trujillo-Jiménez, 1998).

Dentro del género *Amphilophus* se agrupan principalmente organismos depredadores, generalista y piscívoros. Las adaptaciones morfología de mandíbulas orales y faríngeas, dientes, estructuras de la cabeza y musculatura de *A. trimaculatus* corresponden a un organismo

piscívoro especializado, más que a un depredador generalista como se ha reportado en trabajos previos (Burress et al., 2013; Burress, 2015; Říčan et al., 2016).

## CONCLUSIONES

El intervalo de tallas analizado de *A. trimaculatus* en la Laguna de Tres Palos va de los 9 a los 19 cm de longitud total y de los 14.6 a los 125.9 gramos de peso, las hembras tienden a ser más pesadas y de mayor longitud.

El tipo de crecimiento descrito para *A. trimaculatus* es isométrico.

La proporción sexual en la población estudiada es estadísticamente 1:1.

De acuerdo con los índices biológicos obtenidos la temporada reproductiva del cíclido va de los meses de junio a noviembre por lo que sería importante continuar estudiando la dinámica reproductiva de la especie.

El 94.9% de las hembras analizadas se encontraban maduras sexualmente, sin embargo, sería adecuado estudiar un rango más amplio de tallas para conocer la talla de primera madurez de la especie, con el fin de estimar la luz de malla adecuado para la pesca en el sistema lagunar.

La cantidad promedio de ovocitos que las hembras presentaron fue de 2,469 ovocitos.  
En promedio

De acuerdo con el factor de condición la población de *A. trimaculatus* los ejemplares crecen y ganan peso de forma ideal de acuerdo con los modelos calculados.

La charra *A. trimaculatus* es una especie principalmente ictiófaga y su presa principal es *Lile gracilis* junto con otros peces óseos.

La alimentación entre las categorías analizadas es similar, por lo tanto, los ejemplares de diferentes, tallas, pesos y sexos, consumen los mismos ítems alimenticios.

*A. trimaculatus* integra a su dieta durante la temporada de lluvias insectos y durante de temporada de lluvias moluscos y crustáceos.



## LITERATURA CITADA

- Abelha, M. C. F., Agostinho, A. A., Goulart, E. (2018). Plasticidade trófica em peixes de água doce. *Acta Scientiarum Biological Sciences.*, 23(2), 425–434.
- Aguilar-Ballinas, J. M., Rivera Velázquez, G., Peralta- Meixueiro, M. A. (2018). Edad y crecimiento de cíclidos (Pisces) nativos de la Presa Malpaso, Chiapas, México. *Lacandonia*, 12(1), 65-72.
- Álvarez, F. S., Matamoros, W. A., Chicas, F. A. (2017). The contribution of environmental factors to fish assemblages in the Río Acahuapa, a small drainage in Central America. *Neotropical Ichthyology*, 15(3), e170023., 2017
- Amador, R. R., Monks, S., Flores, G. P., Oyarzun, J. G., Gómez, C. R., González, J. V. (2012). Metales pesados en el pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1884) y agua de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 8(2), 43-47.
- Amador, R. R., Monks, S., Flores, G. P., Oyarzun, J. G., Gómez, C. R., & González, J. V. (2012). Metales pesados en el pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1884) y agua de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 8(2.), 43-47.
- Antonio Galicia Z.I. (2018). Aspectos reproductivos de la mojarra prieta *Amphilophus trimaculatum* (Günther, 1867) (Perciformes: Cichlidae) en el sistema lagunar estuarino Chantuto-pPanzacola, Chiapas. [Tesis de licenciatura, UNICACH]. Repositorio de la Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas.
- Arndt, S. K. A. (2000). Influence of sexual maturity on feeding, growth and energy stores of wild Atlantic salmon parr. *Journal of Fish Biology*, 57(3), 589–596.
- Artigas-Azas J.M. (2017) The Mojarra Prieta from Central America's Pacific drainage *Amphilophus trimaculatus*. *Cichlid News Magazine*, 26(2), pp. 1-6.
- Bergmann, G. T., Motta, P. J. (2005). Diet and morphology through ontogeny of the nonindigenous Mayan cichlid *Cichlasoma urophthalmus* (Gunther 1862) in southern Florida. *Environmental Biology of Fishes*, 72(2), 205–211.
- Blackwell, B., Seamans, T., Helon, D., Dolbeer, R. (2000). Early loss of herring gull glutches after egg-oiling. *Wildlife Society Bulletin*, 28(1), 70-75.
- Burress, E. D. (2015). Cichlid fishes as models of ecological diversification: patterns, mechanisms, and consequences. *Hydrobiologia*, 748(1), 7-27.

- Burress, E. D., Duarte, A., Serra, W. S., Loueiro, M., Gangloff, M. M., Siefferman, L. (2013). Functional diversification within a predatory species flock. *PLoS ONE*, 8(11), e80929.
- Cerda J.B., Calman G., Lafleur G.J., Limesand S. (1996) Pattern of Vitellogenesis and Follicle Maturation Competence during the Ovarian Follicular Cycle of *Fundulus heteroclitus*. *General and comparative endocrinology*. 103(1):24-35.
- Chakraborty, P., Chakrabarti, S., Mukherjee, P., Yardi, K., Das, S. (2019). Notes on the discovery and ecology of the invasive armoured catfish *Pterygoplichthys disjunctivus* (Weber, 1991) and the exotic cichlid *Amphilophus trimaculatus* (Gunther, 1867) from Southern West Bengal, India. *Ecological Questions*, 31, 7-13.
- Chellappa, S., Câmara, M. R., Chellappa, N. T., Beveridge, M. C. M., Huntingford, F. A. (2003). Reproductive ecology of a neotropical cichlid fish, *Cichla monoculus* (Osteichthyes: Cichlidae). *Brazilian Journal of Biology*, 63(1), 17-26.
- Comisión Nacional del Agua CONAGUA. (2020). Resúmenes Mensuales de Temperaturas y Lluvia. <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/temperaturas-y-lluvias/resumenes-mensuales-de-temperaturas-y-lluvias>
- Contreras, E.F. (1993). Ecosistemas costeros mexicanos. Comisión Nacional para el Conocimiento de la Biodiversidad y Universidad Autónoma-Metropolitana Iztapalapa. 1a ed. México 415 pp.
- Contreras, F., Castañeda, O. (2004). La biodiversidad de las lagunas costeras. *Ciencias* 76, 46-56.
- Czudaj, S., Möllmann, C., & Fock, H. O. (2022). Length-weight relationships of 55 mesopelagic fishes from the eastern tropical North Atlantic: Across- and within-species variation (body shape, growth stanza, condition factor). *Journal of fish biology*, 101(1), 26–41.
- De la Lanza-Espino, G., Alcocer-Durand, J., Moreno Ruiz, J. L., Hernández Pulido, S. (2008). Análisis químico-biológico para determinar el estatus trófico de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Hidrobiológica*, 18(1), 21-30.
- Del-Moral-Flores, L. F., López-Segovia, E., Hernández-Arellano, T. (2020). *Profundulus chimalapensis*, una nueva especie de pez ciprinodóntido (Cyprinodontiformes: Profundulidae) del Río Coatzacoalcos, México. *Revista de Biología Tropical*, 68(4), 1185-1197.
- Devlin, R. H., Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish: an overview of genetic, physiological, and environmental influences. *Aquaculture*, 208(3-4), 191-364.

- Díaz-Ruiz, S., Aguirre-León, A., Cano-Quiroga, E. (2006). Evaluación ecológica de las comunidades de peces en dos sistemas lagunares estuarinos del sur de Chiapas, México. *Hidrobiológica*, 16(2), 197-210.
- Diego, P.N., Lozada, L.P. (1994). No. 3 Laguna de Tres Palos, en: *Estudios florísticos en Guerrero*. Diego P., N. y R. M. Fonseca (eds.). Facultad de Ciencias, UNAM. Prensas de Ciencias. México.
- Dorn, N.J. (2008) Colonization and reproduction of large macroinvertebrates are enhanced by drought-related fish reductions. *Hydrobiologia*, 605, 209–218.
- Espinosa-Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85(Supl.), 450-459.
- Fiszbein, A., Cánepa, M., Vázquez, G. R., Maggese, C., Pandolfi, M. (2010). Photoperiodic modulation of reproductive physiology and behaviour in the cichlid fish *Cichlasoma dimerus*. *Physiology & behavior*, 99(4), 425-432.
- Fricke, R., Eschmeyer, W. N., Van der Laan R. (eds.) (2022). *ESCHMEYER'S CATALOG OF FISHES: GENERA, SPECIES, REFERENCES*.
- Froese, R. (2006). Cubelaw, Condition factor and lengthweight relationships: History, meta-analysis and recommendations. *J. Applied Ichthyol.*, 22, 241-253.
- Fryxell, D. C., Arnett, H. A., Apgar, T. M., Kinnison, M. T., & Palkovacs, E. P. (2015). Sex ratio variation shapes the ecological effects of a globally introduced freshwater fish. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 282(1817), 20151970.
- García, E. (1973). *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Koppen, adaptación a condiciones de la República Mexicana*. UNAM. Instituto de Geología. 243p.
- García-Lizárraga, M.A., Soto-Franco, F.E., Velazco-Arce, J.M.D.J.R., Velázquez-Abunader, J.I., Ramírez-Pérez, J.S., Peña-Messina, E. (2011).
- Gestring, K., Shafland, P. (1997). Selected life history attributes of the exotic jaguar guapote (*Cichlasoma managuense*) in Florida. *Florida Scientist*, 137-142.
- Gil, G. J. S. 1991. La diversidad ictiológica y distribución de acuerdo a la salinidad en la laguna de Tres palos, Gro. Tesis profesional. E.S.E.M., U.A.G.
- Gil-Guerrero J. S., Violante-González J., Rojas Herrera A.A. (2008) La producción pesquera de 9 especies comerciales en La Laguna de Tres Palos, Gro., México. En: Espino-Barr E, Carrasco-

Águila MA, Fuentes-Mata P, Cabral-Solís EG, Puente-Gómez M, García-Boa A (Eds.) Memorias del IV Foro Científico de Pesca Ribereña. SAGARPA, INP, Acapulco, Guerrero, 43–44.

Guerrero-Estévez S. Moreno-Mendoza N. (2010). Sexual determination and differentiation in teleost fish. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 20(1), 101-121.

Hammer, Ø., Harper, D. A., Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 9.

Hayes, D. B., Brodziak, J. K., O'Gorman, J. B. (1995). Efficiency and bias of estimators and sampling designs for determining length-weight relationships of fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 52(1), 84-92.

Hernández-Betancourt, S.F., Chumba-segura, L., Selem Salas, C.I., Chablé-Santos, J. (2013). ¿Qué ha reducido la diversidad de peces endémicos dulceacuícolas en México? *Bioagrobiencias*. 6(1).

Holmlund, C. M., Hammer, M. (1999). Ecosystem services generated by fish populations. *Ecological Economics*, 29(2), 253–268.

Horn, H.S. (1966). Measurement of overlap in comparative ecological studies. *American Naturalist*. 100, 419-424.

Hunter, J. R., Goldberg, S. R. (1980). Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish Bulletin* 77, 641-652.

Hurlbert, S. H. (1978). The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 59(1), 67-77.

Hutchings, J.A. (2000). Collapse and recovery of marine fishes. *Nature*, 406, 882–885.

Jisr, N., Younes, G., Sukhn, C., El-Dakdouki, M. H. (2018). Length-weight relationships and relative condition factor of fish inhabiting the marine area of the Eastern Mediterranean city, Tripoli-Lebanon. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 44(4), 299-305.

Juárez, L., Rodríguez, C., Castro, M., Aparicio, J.L., y Marmolejo, C.V. (2019). Prospectiva Ambiental para la Laguna de Tres Palos, Municipio de Acapulco, Guerrero, México. En XIII CTV 2019 Proceedings: XIII International Conference on Virtual City and Territory: “Challenges and paradigms of the contemporary city”: UPC, Barcelona, October 2-4, 2019. Barcelona. p. 8610.

Kjerfve, B. (1994). Coastal Lagoons. En: Kjerfve, B., Ed., *Coastal Lagoon Processes*, Elsevier Oceanographic Series, Amsterdam, 1-8.

- Knight, J. D. M., Devi, K. R. (2009). On a record of *Amphilophus trimaculatum* (Günther) (Teleostei: Perciformes: Cichlidae) in the natural waters of Tamil Nadu, India. *Journal of the Bombay Natural History Society*, 106(3), 347-348.
- Krebs, C.L. (2014). *Ecology: The Experimental Analysis of Distribution and Abundance*. 6ª edición. Pearson Education Limited, London: 653 pp.
- Laevastu, T. (1971). *Manual de métodos de biología pesquera*. Editorial Acribia, España. FAO, 243 p.
- Lara-Domínguez, A. L., Contreras, F., Castañeda-López, O., Barba-Macías, E., Pérez-Hernández, M. A. (2011). Lagunas costeras y estuarios. En: A. Cruz (Ed.), *La biodiversidad en Veracruz: Estudio de caso* (pp. 297-313). México: Comisión para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Gobierno del Estado de Veracruz, Universidad Veracruzana (UV), Instituto de Ecología AC (INECOL).
- Le Cren, E. D. (1951). The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *The Journal of Animal Ecology*, 201-219.
- López-Fernández, H., Honeycutt, R.L., Stiassny, M.L.J., Winemiller, K.O. (2005). Morphology, molecules, and character congruence in the phylogeny of South American Geophagine cichlids (Perciformes, Labroidei). *Zoologica Scripta*, 34, 627-651.
- López-Fernández, H., Winemiller, K. O., Honeycutt, R. L. (2010). Multilocus phylogeny and rapid radiations in Neotropical cichlid fishes (Perciformes: Cichlidae: Cichlinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 55(3), 1070–1086.
- Lowe-McConnell, R.H. (1979). Ecological aspects of seasonality in fishes of tropical waters. pp. 219–241. En: P.J. Miller (ed.) *Fish Phenology: Anabolic Adaptiveness in Teleosts*, Symposia of the Zoological Society of London 44, Academic Press, London.
- Magalhães, A. L., Orsi, M. L., Pelicice, F. M., Azevedo-Santos, V. M., Vitule, J. R., Brito, M. F. (2017). Small size today, aquarium dumping tomorrow: sales of juvenile non-native large fish as an important threat in Brazil. *Neotropical Ichthyology*, 15(4), e170033.
- Marto, V. C. D. O., Akama, A., Pelicice, F. M. (2015). Feeding and reproductive ecology of *Cichla piquiti* Kullander & Ferreira, 2006 within its native range, Lajeado reservoir, Rio Tocantins basin. *Neotropical Ichthyology*, 13, 625-636.

- Matamoros, W.A., Domínguez-Cisneros, S., Velázquez-Velázquez, E., McMahan, C. D. (2018) Description of a New Species of Killifish of the Genus *Profundulus* (Atherinomorpha: Profundulidae) from the Mexican State of Oaxaca. *Copeia* 106(2), 239-246.
- McKaye, K. R., Hale, J., van den Berghe, E. P. (2010). The reproductive biology of a Central American cichlid *Neetroplus nematopus* in Lake Xiloá, Nicaragua. *Current Zoology*, 56(1), 43-51.
- McMahan, C. D., Chakrabarty, P., Sparks, J. S., Smith, W. L., Davis, M. P. (2013). Temporal patterns of diversification across global cichlid biodiversity (Acanthomorpha: Cichlidae). *PloS one*, 8(8), e71162.
- Merritt, R.W. y Cummins, K.W. (1996) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Kendall/Hunt Publishing Company, Dubuque, 862.
- Miller, R.R., Minckley, W.L., Norris, S. (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. México: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad/ El Colegio de la Frontera Sur/ Sociedad Ictiológica Mexicana/ Desert Fishes Council.
- Morey, G., Moranta, J., Massuti, E., Grau, A., Linde, M., Riera, F., Morales-Nin, B. (2003). Weight-length relationships of littoral to lower slope fishes from the western Mediterranean. *Fisheries Research*, 62(1), 89-96.
- Nelson, J. S., Grande, T. C., Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.
- Novakowski GC, Hahn NS and Fugii R. (2008). Diet seasonality and food overlap of the fish assemblage in a pantanal pond. *Neotropical Ichthyology* 6. 567-576.
- Oldfield, R.G. (2005). Genetic, abiotic and social influences on sex differentiation in cichlid fishes and the evolution of sequential hermaphroditism. *Fish and Fisheries*, 6(2), 93-110.
- Oliveira, M.R., Costa, E.F.S., Araújo, A.S., Pessoa, E.K.R., Carvalho, M.M., Cavalcante, L.F.M., Chellappa, S. (2012). Sex ratio and length-weight relationship for five marine fish species from Brazil. *Journal of Marine Biology & Oceanography*, 1, 2.
- Ortiz Cruz, V.M., (2011) Análisis del crecimiento y madurez sexual de *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1867) de la subcuenca Río Atoyac-Paso de la Reina de la Cuenca Río Atoyac, Oaxaca. [Tesis de Maestría, Centro Interdisciplinario de Investigación para el desarrollo integral regional Unidad Oaxaca], Repositorio Digital Institucional (RDI).

- Ortiz Maldonado, J. F. (2014). Caracterización de la contaminación de la laguna de tres palos, municipio de Acapulco de Juárez, Guerrero, una consecuencia del desarrollo habitacional e industrial desordenado. [Tesis de doctorado, Universidad Autónoma de Guerrero]. Repositorio institucional de Ciencia Abierta.
- Payne, A. I. (1986). *The ecology of tropical lakes and rivers*. Chichester, J. Wiley & Sons, 301 p.
- Pinkas, L., Oliphant, M.S., Inverson I.L.K. (1971). Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. *Fish Bulletin* 152, 1-105.
- Population structure and reproductive behavior of Sinaloa cichlid *Cichlasoma beani* (Jordan, 1889) in a tropical reservoir. *Neotropical Ichthyology*, 9, 593-599.
- Rangel-Serpa, F., Torres, M. (2015). Reproductive seasonality of *Geophagus steindachneri* Eigenmann & Hildebrand, 1922 (Perciformes: Cichlidae) in a tropical mountain river. *Neotropical Ichthyology*, 13, 421-430.
- Reddon, A. R. Hurd, P. L. (2013). Water pH during early development influences sex ratio and male morph in a West African cichlid fish, *Pelvicachromis pulcher*. *Zoology*. 116(3), 139–143.
- Říčan, O., Pialek, L., Dragova, K., Novak, J. (2016). Diversity and evolution of the Middle American cichlid fishes (Teleostei: Cichlidae) with revised classification. *Vertebrate Zoology*, 66(1), 3-102.
- Rodríguez Amador, R., Monks, S., Flores, G. P., Oyarzun, J. G., Gómez, C. R., & González, J. V. (2012). Metales pesados en el pez *Dormitator latifrons* (Richardson, 1884) y agua de la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México. *Ra Ximhai*, 8(2.), 43-47.
- Rodríguez-Olarte, D., Taphorn, D. C. (1997) Ecología trófica de *Cichla orinocensis* Humboldt 1833 (Pisces: Teleostei: Cichlidae) en un humedal de los llanos centrales de Venezuela. *BioLlania*, 13, 138-163.
- Rojas-Herrera, A., Violante-González, J., Palacios-Salgado, D. S. (2009). Length-weight relationships and seasonality in reproduction of six commercially utilized fish species in the coastal lagoon of Tres Palos (Mexico). *Journal of Applied Ichthyology*, 25(2), 234–235.
- Römer, U., Beisenherz, W. (1996). Environmental determination of sex in *Apistogramma* (Cichlidae) and two other freshwater fishes (Teleostei). *Journal of fish biology*, 48(4), 714-725.
- Rosales Loesener, F. (1980) Contribución al conocimiento de algunos aspectos biológicos de *Cichlasoma trimaculatum* günther, mojarra roja y *Cichlasoma macracanthum* gunter mojarra

negra del canal de Chiquimulilla, Departamento de Santa Rosa, Guatemala; Centroamérica. [Tesis de licenciatura, Facultad de CC.QQ. y Farmacia]. USAC.

Sánchez, J. (2013). Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920. *Revista peruana de Biología*, 20(1), 35-44.

Scaia, M. F., Cavallino, L., Pandolfi, M. (2020). Social control of spermatogenesis and steroidogenesis in cichlid fish: a comparative approach. *Reproduction*, 159(1), 31-43.

Schmitter Soto, J. J. (2018). The fish fauna of three lagoon-estuarine systems in the northeastern Gulf of Tehuantepec, Mexican south Pacific. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 89(1), 87-100.

Smith, P.E. Zaret. M.T. (1982). Bias in estimating niche overlap. *Ecology*. 63(5), 1248-1253.

Sparre P, Venema SC. (1998). *Introduction to tropical fish stock assessment. Part 1. Manual*. Roma: FAO.

Tavares-Dias, M., Monteiro, A. M. D. C., Affonso, E. G., Amaral, K. D. S. (2011). Weight-length relationship, condition factor and blood parameters of farmed *Cichla temensis* Humboldt, 1821 (Cichlidae) in central Amazon. *Neotropical Ichthyology*, 9(1), 113-119.

Toledo-Solís, F.J., Uscanga-Martínez, A., Marquez-Couturier, G., Álvarez-González, C.A., Guerrero-Zárate, R., Perales-García, N., Contreras-Sánchez, W.M., Martínez-García, R. (2013). Avances en la fisiología digestiva de la mojarra Tahuina *Cichlasoma trimaculatum*. En: *Contribuciones recientes en alimentación y nutrición acuícola*. Cruz-Suárez, L.E., Ricque-Marie, D., Tapia-Salazar, M., Nieto-López, M.G., Villarreal-Cavazos, D.A., Gamboa-Delgado, J., Álvarez-González, C. (Eds.).

Torres-Orozco, R.E., Pérez-Hernández M.A. (2011). Los peces de México: una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria*, 12(19), 1-15.

Trujillo-Jiménez, P. (1998). Trophic Spectrum of the Cichlids *Cichlasoma (Parapatenia) istlanum* and *Cichlasoma (Arconcentrus) nigrofasciatum* in the Amacuzac River, Morelos, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*, 13(4), 465-473.

Tu, C. Y., Chen, K. T., & Hsieh, C. H. (2018). Fishing and temperature effects on the size structure of exploited fish stocks. *Scientific reports*, 8(1), 7132.

Violante-González, J. (1995). Contribución al conocimiento de la biología de la mojarra nativa *Cichlasoma trimaculatum* (Günther, 1868), en la Laguna de Tres Palos, Guerrero, México, y



determinación del desarrollo larvario y requerimientos proteícos en condiciones de laboratorio.  
[Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias Marinas] Biblioteca Virtual de la Universidad de Colima.

Yáñez Arancibia, A. (1978). Taxonomía, ecología y estructura de las comunidades de peces en lagunas costeras con bocas efímeras del Pacífico de México. *Publicaciones especiales-Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM*, (2), 1-306.

Yáñez-Arancibia, A., Díaz-González, G. (1976). Ecología trofodinámica de *Dormitator latifrons* (Richardson) en nueve lagunas costeras del Pacífico de México (Pisces: Eleotridae). *Anales del Centro de Ciencias del Mar y Limnología*. 4(1), 125-140.

Zar, J.H. (2010). *Biostatistical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey.

Zworykin, D. D. (2001). Parental brood provisioning in cichlid fishes by means of stirring up the bottom substrate: a brief review. *Cichlid Research: State of the Art*, 9, 269-286.