

Yadira Gissele Calderón López 2193070658

Informe final del Servicio Social 22-23

**Caracterización de la biología reproductiva de *Cryptoheros  
spilurus***

Departamento del Hombre y su Ambiente  
Licenciatura en Biología

Asesora interna:  
Dra. Gabriela Garza Mouriño



---

Asesor externo:  
Dr. Rubén Alonso Contreras Tapia



---

Fecha: 10 de octubre de 2023

## Introducción

Una de las actividades más conocidas para la crianza de especies acuáticas es la acuicultura, los acuicultores convierten las presas, lagos y lagunas en zonas de explotación de algas, moluscos, crustáceos y peces (IES, 2018). De acuerdo con Miller *et al.* (2009), los peces son considerados como el grupo de vertebrados más abundante a nivel mundial. En México, los peces de agua dulce han sufrido una gran amenaza debido al grado de vulnerabilidad, falta de información sobre la distribución natural y los requerimientos ambientales. Nuestro país cuenta con las regiones Neártica y Neotropical, las cuales presentan una variedad de climas y ambientes para la adaptación de la diversidad de peces dulceacuícolas (Díaz-Pardo *et al.*, 2016). Dentro del grupo de peces dulceacuícolas se encuentra la familia Cichlidae, también conocidos como cíclidos, son una familia que comprende más de mil especies que se encuentran en América y otras partes del mundo; habitan principalmente en aguas dulces y salobres debido al grado de tolerancia que tienen a la salinidad (Miller *et al.*, 2009; Cepeda *et al.*, 2020).

De acuerdo con Artigas-Azas (2009), *Cryptoheros* es un género de cíclidos que su distribución se limita a América Media, asimismo, se divide en tres subgéneros: *Panamius*, *Cryptoheros* y *Bussingius*. *Cryptoheros spilurus*, de nombre común “cíclido de ojos azules”, es una especie nativa de México y se encuentra distribuida también en Guatemala, Belice y Honduras; habita en lagos y ríos de tierras bajas, mide entre 9 a 12 cm de longitud total, y es un insectívoro que se puede criar en acuarios (Artigas-Azas, 2009). Además, se evaluó recientemente para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en 2020 (Lardizabal, 2020); y, dado el conocimiento limitado y la incertidumbre taxonómica actual, se evalúa a la especie con Datos Insuficientes. Así, el objetivo de esta investigación fue describir algunos mecanismos reproductivos de *Cryptoheros spilurus* en condiciones de cautiverio debido a que la información de esta especie es insuficiente, y los estudios actuales relacionados a este pequeño pez son escasos. Este estudio se realizó con ejemplares de *Cryptoheros spilurus* que se mantuvieron en observación para tomar datos merísticos de talla/peso de machos y hembras, además se describió el comportamiento previo a su reproducción (establecimiento de la pareja), durante la reproducción (coloración, cortejo, tiempo entre puestas, lugar/tamaño de la freza, fecundidad) y post reproducción (transporte de la prole, cuidado parental).

## Planteamiento del problema y justificación

En México, los peces constituyen el grupo más abundante de vertebrados con más de 2,700 especies, lo que representa el 10% del total de especies de vertebrados conocidos en todo el mundo (Espinosa-Pérez, 2014; Lyons *et al.*, 2020). Aproximadamente 500 de estas

especies son dulceacuícolas, donde cerca de 60 especies son peces cíclidos (Miller *et al.*, 2005; Espinosa-Pérez, 2014; Espinosa-Pérez y Ramírez, 2015; Artigas-Azas, 2020; Froese y Pauly, 2022).

Los cíclidos representan poco más del 10% de las especies de peces dulceacuícolas, incluso más de la mitad son especies endémicas. Son sujetas a cierto grado de vulnerabilidad e.g. explotación comercial (Mejía *et al.*, 2015), ambientes antropizados (Palacio-Núñez *et al.*, 2015) y riesgo de extinción (Pérez-Miranda *et al.*, 2018). Es importante estudiar y saber más sobre su reproducción, con la finalidad de preservar el recurso; ya que la mayoría de los trabajos publicados para esta familia versan sobre estudios taxonómicos, filogenéticos y de distribución. Además, el cíclido ojos azules *Cryptoheros spilurus* se evaluó recientemente para la Lista Roja de Especies Amenazadas de la UICN en 2020 (Lardizabal, 2020); y, dado el conocimiento limitado y la incertidumbre taxonómica actual, se evalúa a la especie con Datos Insuficientes. Así, en este trabajo se propuso contribuir con información de la especie nativa de México *Cryptoheros spilurus* (Günther 1892) para obtener un mejor conocimiento de la biología reproductiva y facilitar su manejo como recurso.

### **Objetivo general**

Describir la biología reproductiva de *Cryptoheros spilurus*.

### **Objetivos específicos**

1. Caracterizar el dimorfismo sexual de *Cryptoheros spilurus*.
2. Determinar la relación entre la talla de las hembras y el número de huevos.
3. Determinar la tasa de fertilización y la tasa de eclosión de *Cryptoheros spilurus*.
4. Describir el cuidado parental de *Cryptoheros spilurus*.

### **Antecedentes**

La acuicultura es una actividad relacionada a la crianza de especies acuáticas, ya sean vegetales o animales, se ha desarrollado esta técnica desde hace décadas. Convierte presas, lagos y lagunas en zonas de explotación de recursos acuáticos: algas, moluscos, crustáceos y peces. Las condiciones en las que se desarrollan las especies son controladas, su cultivo es en agua salada o dulce, y los encargados de esta actividad son ingenieros pesqueros, acuícolas y biólogos (IES, 2018). De acuerdo con la Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2019), la acuicultura contribuye al crecimiento del sistema alimentario, la conservación de especies y disminución de impactos ambientales. En México, esta actividad se ha

realizado desde la década de los cincuenta definiéndose como “el aprovechamiento de las aguas y riberas para la cría y reproducción de animales”. Al paso de los años, la producción empezó de manera comercial convirtiéndose así en la actividad con un crecimiento elevado y sector primario de la producción de alimentos con un mayor desarrollo (Instituto de la Economía Social, 2018).

La diversidad de especies dulceacuícolas reportadas en México (e.g. 500 spp, Miller *et al.*, 2009) se debe a su topografía y otros factores que en conjunto permiten una amplia variedad de condiciones climáticas, en donde las especies neotropicales y templadas pueden encontrar nichos favorables para su adaptación (Miller *et al.*, 2009). La familia Cichlidae es el segundo grupo más grande de peces de México (Cepeda *et al.*, 2020), los cíclidos son una familia avanzada que comprende más de mil especies que habitan en el Sur y Centroamérica, y otras partes del mundo como África, India, Madagascar (Miller *et al.*, 2009). Esta familia se clasifica como un grupo dulceacuícola secundario, ya que muchas especies toleran el agua salobre o totalmente marina, algunas especies están en peligro de extinción y más del 50% son endémicas de México, se comprende de especies como *Astatheros macranthus* (mojarra del Guachumal), *Wajpamheros nourissati* (Mojarra labios gruesos), *Cribroheros robertsoni* (Regan) (Mojarra hondureña), *Rocio octofasciata* (Regan) (Mojarra catarrica) y *Cryptoheros spilurus* (Mojarra yucateca) entre otros, de acuerdo con Miller *et al.* (2009) el hábitat de este grupo son lagos, ríos y arroyos, estanques, canales, la característica del agua es dulce, clara y turbia. Es considerada una especie poco conocida, en parte de Guatemala y México se han capturado peces juveniles de aproximadamente 9 a 13 mm de longitud (Miller *et al.*, 2009).

*Cryptoheros spilurus* fue descrito por Günther en 1862 como *Heros spilurus*, el cual se encontró en el Lago Izabal, Guatemala, mientras que en 2001 Allgayer lo tipificó como *Cryptoheros* (Schmitter-Soto, 2007). Por lo tanto, *Cryptoheros spilurus* se ha considerado como un nuevo género y especie, siendo así un pez nativo de México, Guatemala, Belice y Honduras. El tamaño de estos peces es pequeño comparado con otros cíclidos, el macho mide aproximadamente 12 cm de longitud total, mientras que la hembra mide 9 cm de longitud total. De acuerdo con Artigas-Azas, (2009), se describen tres subgéneros para *Cryptoheros*; *Panamius* (*C. panamensis*), *Cryptoheros* (*Cryptoheros spilurus*, *C. chetumalensis* y *C. cutteri*) y *Bussingius* (*C. septemfasciatus*, *C. altoflavus*, *C. myrnae*, *C. nanoluteus* y *C. sajica*).

### **Características morfológicas de *Cryptoheros spilurus***

*Cryptoheros spilurus* posee un cuerpo alto y grisáceo, ojos azules, tiene de 7 franjas que se encuentran verticalmente atravesadas en su cuerpo, con ausencia de una raya longitudinal. Tienen una barra diagonal que une el extremo inferior de las órbitas y el pliegue de los labios,

tienen una papila genital ovalada pigmentada en los márgenes y la mitad es basal; en las hembras se puede observar un ocelo que está presente en la aleta dorsal espinosa, las aletas dorsal y anal blandas son inmaculadas, el color del pecho es cobrizo (Schmitter-Soto, 2007; Artigas-Azas, 2009). La axila de la aleta pectoral es poco oscura mientras que la base de la misma puede ser blanca o color cobrizo, pueden presentar una mancha continua a lo largo de la parte dorsal del pedúnculo caudal, pero sin llegar al largo de la parte ventral (Schmitter-Soto, 2007). Por otro lado, su color varía depende del lugar donde se encuentre, por ejemplo, en Guatemala estas especies muestran una franja de color rojo en su cabeza, en Belice se torna amarillo, mientras que al sur de nuestro país esta franja desaparece completamente (Artigas-Azas, 2009).

### **Distribución**

Es una especie Neotropical, de acuerdo con Kullander (2003), se encuentra desde la parte oriental de la península de Yucatán en México y en el Río Polochic en Guatemala (Artigas-Azas, 2009).

### **Hábitat**

*Cryptoheros spilurus* se encuentra en aguas poco profundas de pequeños arroyos y en las orillas de lagos de aguas claras en las tierras bajas, y en grandes ríos, aproximadamente se encuentra a 30 metros de profundidad dentro de su área. Normalmente se encuentra sobre sustrato, ya sea arenoso o rocoso, pero también se encuentra sobre limo y barro, la temperatura en la que habitan varía desde los 20 a 28 °C y un pH de 8 (Artigas-Azas, 2009; Buege *et al.*, 2021).

### **Alimentación**

*Cryptoheros spilurus* es un pez insectívoro, que se alimenta de larvas de insectos e invertebrados pequeños. De acuerdo con Artigas-Azas (2009), los adultos regularmente giran alrededor de las hojas hundidas en busca de alimento, en un estudio relacionado a su alimentación se mostraron algas filamentosas y ácaros como principales alimentos de esta especie (Valtierra-Vega y Schmitter-Soto, 2000).

### **Reproducción**

Para que la estrategia de la reproducción de los peces dulceacuícolas sea un éxito depende de dónde, cuándo (con relación con los efectos del ambiente) se va a reproducir, y de los recursos energéticos para esta reproducción, por otro lado, los huevecillos deben nacer en

condiciones adecuadas y dependerá de la estación en la que se encuentren ya que es importante para el desarrollo y supervivencia de estos (Saborido-Rey, 2008).

La mayoría de los peces tienen diferentes tipos de modelos reproductivos, ya sean especies con sexos separados (hembra y macho), algunas son hermafroditas (ambos sexos), otras son ovíparas (especies que ponen huevos y son fecundados externamente por el macho) y otras vivíparas (donde los huevos son fecundados internamente y el embrión es retenido por parte del sistema reproductor de la hembra por un determinado tiempo (Saborido-Rey, 2008).

El tipo de apareamiento de *Cryptoheros spilurus* es monógamo. En ambiente natural, la temporada en la que se reproducen es seca de diciembre a mayo, con un pico en marzo, pero en menor grado en octubre si es que las condiciones climáticas lo permiten. Las hembras y los machos son de color similar pero el vientre de las hembras tiene más color en esta etapa (Artigas-Azas, 2009). El comportamiento que tienen antes de reproducirse es que las parejas forman territorios de reproducción entre las rocas, buscan cuevas para que aniden; los machos son pretendidos por las hembras, cuando sucede esto ambos tienen su vientre oscuro y muestran una franja negra desde el ojo hasta la boca; la pareja se establece y las hembras depositan aproximadamente 200 huevos en la superficie de una roca, la cual limpian antes de colocarlos; por último, los huevos tardan en eclosionar 3 días (Artigas-Azas, 2009). Estas observaciones se han realizado en campo y la información en condiciones controladas se desconoce.

### **Comportamiento parental**

Al momento de eclosionar, las larvas tienen saco vitelino, lo que les proporciona nutrientes durante los primeros días de vida, al cuarto día las larvas comienzan a nadar. Estas larvas se juntan en cardumen para permanecer debajo de su madre, mientras que el padre permanece cerca para proteger el territorio en el que se encuentran, después los padres guían a sus crías por el territorio tanto de día como de noche (Artigas-Azas, 2009).

### **Crianza en acuario**

Para poder criar peces en cautiverio se necesita controlar los parámetros físicos y químicos del acuario, por ejemplo, el sustrato, la temperatura, el pH, el fotoperiodo, entre otros factores. Además de esto, otros aspectos sanitarios como el tratamiento del agua, limpieza del acuario y la alimentación son importantes para el éxito en la crianza (Mancini, 2002). Para *Cryptoheros spilurus* la información es escasa y la poca información proviene de experiencias de acuaristas que han logrado mantener en cautiverio e incluso reproducir, dentro de estos aspectos se mencionan: el ambiente debe ser agua dulce, la temperatura debe estar entre

los 20 a 30°C, se pueden colocar en acuarios de aproximadamente 240 L e incluso en acuarios más pequeños, se recomienda tener un par dentro del acuario, también se pueden colocar rocas en el centro, arena fina como sustrato y pueden mantener una convivencia con otros peces (Artigas-Azas, 2009).

### **Estrés fisiológico**

En general, el estrés es uno de los estímulos que alteran el equilibrio fisiológico de los peces (Rodríguez de Vera, 2017). Se agrupan en las siguientes categorías; estrés funcional, este puede ser la deficiencia de nutrientes (e.g. vitamina A, vitamina C y vitamina E). Estrés traumático, este tipo de estrés está ligado a las lesiones traumáticas por canibalismo o elementos peligrosos que se encuentren en su hábitat, provocando infecciones bacterianas, virales o micóticas. Estrés químico, este tipo de estrés se basa en la contaminación del agua, ya sea por vertederos de cultivos o industriales, estos afectan directamente a la salud de los peces, debido a la alta gama de contaminantes exógenos que en el agua se pueden encontrar. En la acuicultura también se puede someter a un estrés químico, debido a la desinfección que se le dé al agua que se utilice para los estanques. Un elemento tóxico para los peces es el amonio, su forma no ionizada produce más toxicidad; algunas de las consecuencias crónicas por amonio son la hiperplasia del epitelio branquial y hemorragia en el hígado (Rodríguez de Vera, 2017).

### **Materiales y métodos**

El tipo de investigación fue descriptiva, ya que se trata de un nuevo tema de investigación científico, debido a la escasa información para la especie. El estudio se realizó con organismos de *Cryptoheros spilurus* que se han mantenido por al menos un año en condiciones controladas en el Laboratorio de Rotiferología y Biología Molecular de Plancton de la Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. A partir de 11 ejemplares mantenidos en laboratorio se registraron datos de las características sexuales de *Cryptoheros spilurus* y se tomó el registro fotográfico de estos caracteres. Para el registro fotográfico de los caracteres sexuales se empleó una cámara reflex Nikon D3400 con un lente AF-S Micro Nikkor 105 mm 1:2.8 G ED. Los ejemplares fueron medidos, pesados y se registró la longitud total (LT), longitud patrón (LP), altura (A), ancho (An) y peso (g). Para la medición de ejemplares se utilizó un calibrador análogo (precisión 0.01mm) y para el peso una balanza Ohaus modelo Scout Pro SP 6000. La longitud total de los machos fue de  $10.08 \pm 1.6$  cm y la longitud total de las hembras fue de  $7.3 \pm 1.5$  cm (véase la tabla 1).

**Tabla 1. Relación talla y peso de los organismos reproductores en condiciones de laboratorio.**

| Especie                     | Sexo       | Peso (g) | Longitud Total (cm) | Longitud Patrón (cm) | Alto (cm) | Ancho (cm) |
|-----------------------------|------------|----------|---------------------|----------------------|-----------|------------|
| <i>Cryptoheros spilurus</i> | Macho      | 18       | 9.67                | 7.68                 | 3.19      | 1.15       |
|                             | Indefinido | 14       | 9.21                | 7.08                 | 3.18      | 1.06       |
|                             | Macho      | 10       | 7.73                | 5.88                 | 2.67      | 0.98       |
|                             | Hembra     | 5        | 6.07                | 5.12                 | 2.01      | 0.67       |
|                             | Hembra     | 4        | 6.02                | 4.47                 | 1.96      | 0.67       |
|                             | Hembra     | 15       | 9.26                | 6.96                 | 2.98      | 1.09       |
|                             | Macho      | 19       | 10.26               | 7.97                 | 3.63      | 1.48       |
|                             | Hembra     | 14       | 8.08                | 6.45                 | 3.24      | 1.41       |
|                             | Macho      | 20       | 10.5                | 7.91                 | 3.25      | 1.36       |
|                             | Hembra     | 11       | 7.67                | 5.98                 | 2.86      | 1.21       |
|                             | Macho      | 41       | 12.24               | 9.15                 | 4.73      | 1.41       |

Una vez identificados los machos y las hembras, se colocó un macho y una hembra por acuario. Se emplearon 4 acuarios de 240 L, con filtración mecánica, constante aireación y una pareja reproductora de *Cryptoheros spilurus* a  $27 \pm 1$  °C. Los acuarios se mantuvieron sin sustrato, con rocas y con vasijas de barro para proporcionar espacios para la reproducción. Una vez que la pareja se estableció, se mantuvieron en observación para registrar los mecanismos reproductivos: comportamiento (coloración de cría y cortejo), estrategias reproductivas (modo de fertilización y dimorfismo sexual), periodicidad (tiempo entre puestas), aspectos espaciales (lugar de la freza), recursos parentales (tamaño de freza y fecundidad) y características post eclosión (transporte de la prole y cuidado parental). En cuanto a su alimentación, se les alimentó con Tetra Tropical Granules, Tetra (Alemania) y Silvercup "El Pedregal" de 0.8 mm (52% de proteína). Para cada freza se registró el día y se registró el tiempo transcurrido entre la puesta de la freza a la eclosión de los alevines. Cuando se registraban las frezas, se retiraron y se colocaron en un acuario de 40L con las mismas condiciones de parámetros descritos, y se mantuvieron en observación para determinar el tiempo y porcentaje de eclosión. El retirar las puestas permitió establecer el tiempo entre frezas.

El tamaño de la freza se determinó tomando fotografías (con el equipo previamente descrito) y se utilizó el programa de análisis digital Image J. A partir del número de huevos y el peso de las hembras, se estimó la fecundidad relativa (huevos por gramo de hembra. Se tomaron algunos huevos que fueron medidos empleando un microscopio estereoscópico Nikon SMZ1500 equipado con una cámara Lumenera Infinity 1 (Media Cybernetics) para la toma de imágenes y posterior procesamiento con el software ImageJ, se determinó el largo y ancho. A partir de los datos de largo y ancho del huevo se estimó el diámetro efectivo ( $D_e$ ) con la

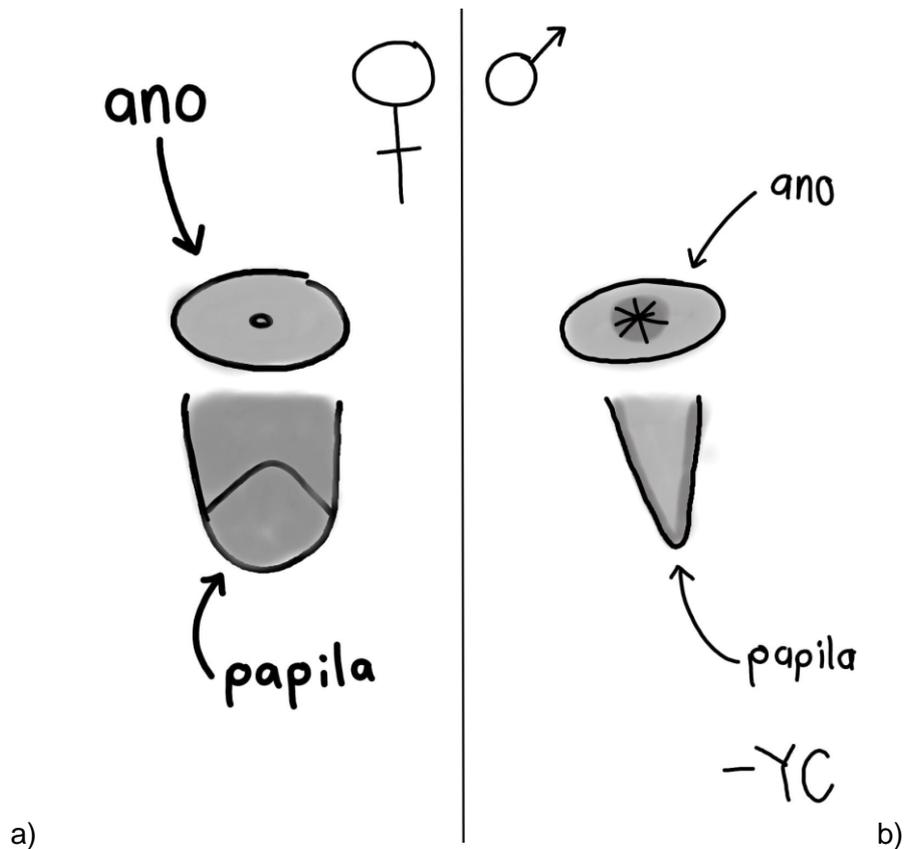
siguiente fórmula:  $D_e = (\text{largo} \times \text{ancho}^2)^{1/3}$  (Colleman, 1991). Los valores obtenidos cumplieron con los criterios para aplicar estadística paramétrica, y se empleó un modelo de regresión lineal, generado en Past 3.0 (Hammer, 2022). Las observaciones y el registro de los datos se realizaron con diferentes parejas, con diferentes frezas y los datos obtenidos fueron utilizados para describir los mecanismos reproductivos.

## **Resultados y discusión**

Durante la presente investigación se registraron 11 frezas y el promedio de huevos fue de  $336.9 \pm 120.5$  huevos. El comportamiento reproductivo comienza con el cortejo y cambio en la coloración de las hembras, donde el ocelo es visible y en los machos se marcan las barras verticales. La pareja comienza a nadar en conjunto y eligen un sitio que defienden de los demás ejemplares. La pareja limpia el sitio previo al desove y se observa un incremento en el consumo de alimento por parte de la hembra. El sitio preferido por las parejas para depositar la freza fueron las vasijas de barro, seguido por las rocas, pero en todos los casos las frezas fueron puestas en sitios no visibles.

## **Dimorfismo sexual**

El dimorfismo sexual es notorio tanto en la hembra como el macho, región ventral se encuentra su papila, con esta se diferencia la papila si es hembra o macho, la hembra presenta una U debajo del ano y el macho una V (véase la figura 1). En algunos ejemplares es complicado determinar las diferencias en las papilas, a pesar de su talla. En cuanto al dimorfismo sexual por coloración la hembra presenta un ocelo de color negro en su aleta dorsal (véase la figura 2a), mientras que el macho no lo tiene (véase la figura 2).



**Figura 1. Dimorfismo sexual en papila de hembra (a) y macho (b)**

### **Comportamiento, coloración y cuidado parental**

El comportamiento reproductivo se caracterizó por la elección del lugar de reproducción, preparar el lugar de la freza, defensa del lugar, cortejo y cópula, y cuidado parental; la tabla 2 describe este comportamiento a partir del modelo del estudio de Saborido (2018), con base a este modelo se describieron los comportamientos del cíclido de ojos azules. El cuidado en *Cryptoheros spilurus* es biparental, en donde, la pareja al momento del desove comienza a cuidarlos y a monitorearlos, y presentan movimiento de la prole debido a que, aunque estén en cautiverio, existe el temor de una posible depredación, por ende, los mueven a un lugar que estos consideren seguro.

*Cryptoheros spilurus* presenta 3 coloraciones:

- *Coloración normal:* la hembra y el macho tienen color gris y amarillento en su pectoral, puntos blancos (cromatóforos) marcados en las aletas dorsales.
- *Cortejo:* la hembra presenta una coloración azul y grisáceo, el macho presenta un gris fuerte e iridiscencias de color azul, con las barras poco marcadas.

- *Coloración de cría*: ambos presentan color tornasol y las hembras con un ocelo color negro en la aleta dorsal y las barras bien marcadas, con una barra diagonal del extremo inferior de las órbitas al pliegue de los labios (véase la figura 2).

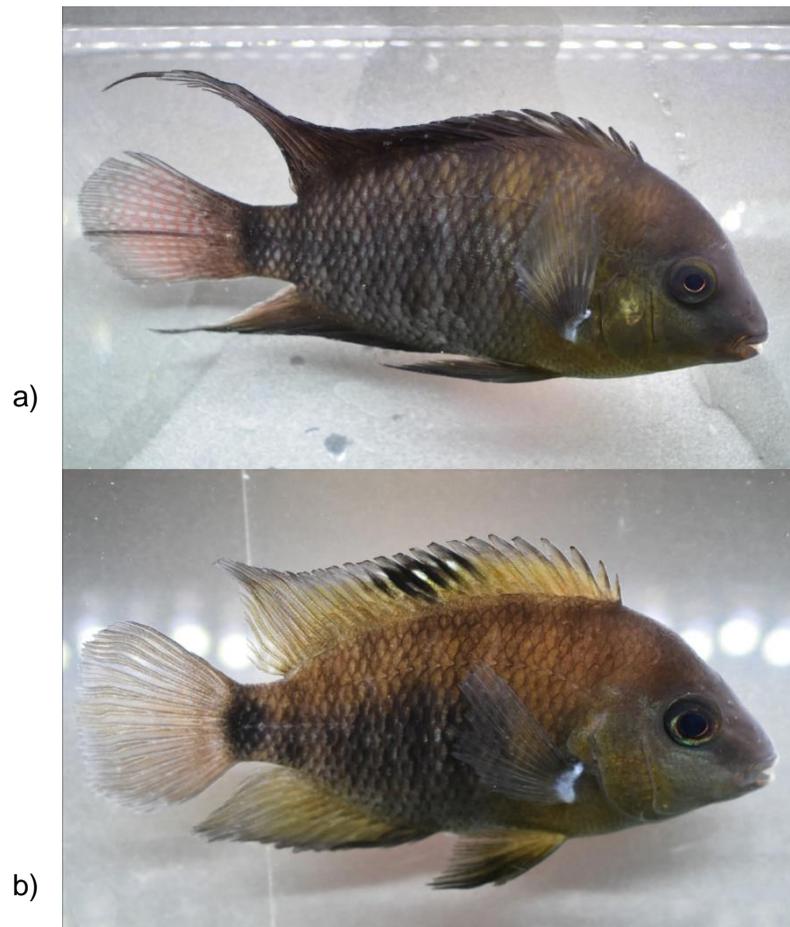


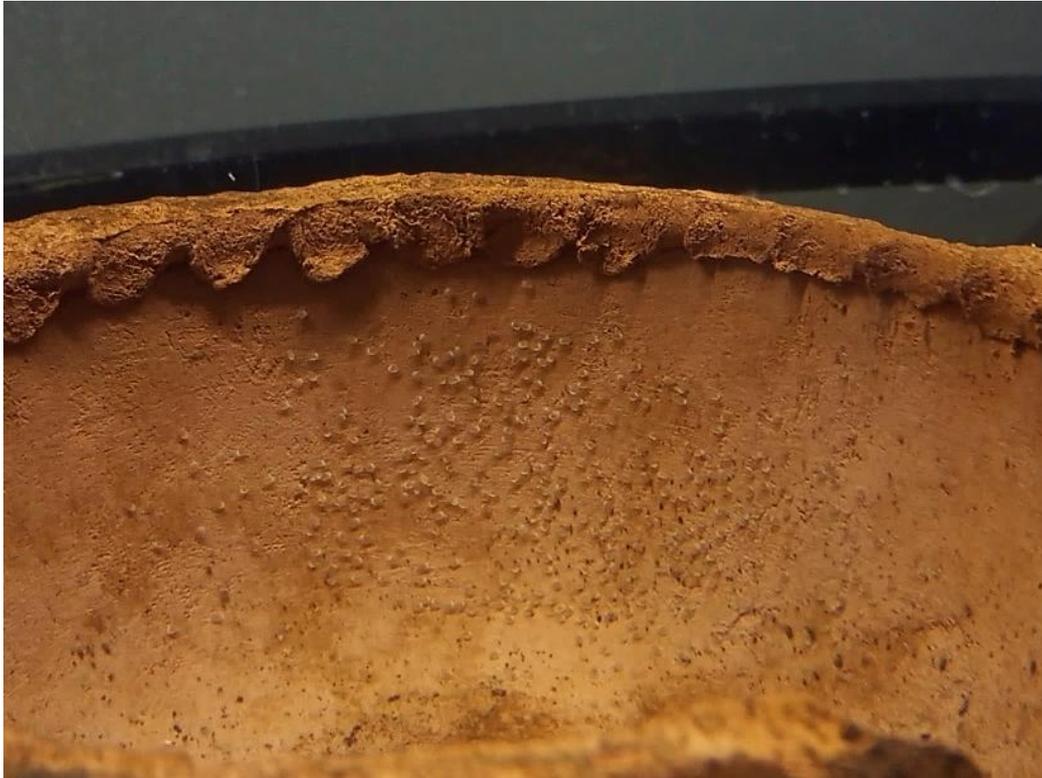
Figura 2. Ilustración de *Cryptoheros spilurus*, a) hembra y b) macho.

Tabla 2. Modelo reproductivo de *Cryptoheros spilurus*

|   |                              |
|---|------------------------------|
| <b>Veces que se reproducen</b>              | Iterópado (más de una vez)   |
| <b>Respecto al género</b>                   | Gonocórico (sexos separados) |
| <b>Modo de fertilización</b>                | Externa                      |
| <b>Cópula</b>                               | Monogamia                    |
| <b>Características sexuales secundarias</b> | Dimorfismo sexual            |
| <b>Lugar de la freza</b>                    | Definitivo (vasija de barro) |
| <b>Cuidado parental</b>                     | Biparental                   |

### Tasa de fertilización y eclosión

El periodo entre frezas fue 18 días a excepción de los desoves del día 08 de junio y 04 de julio de 2023 (los cuales tardaron entre 30 a 50 días en reproducirse). Como se observa en la tabla 3, cada desove presento entre 200 a 500 huevos (véase la figura 3), tres de las puestas fueron devoradas por la pareja, esto se puede ocasionar por múltiples factores, por ejemplo, el estrés, oxígeno, la temperatura, amenaza interna o externa (FAO, 2011).



**Figura 3. Fotografía de la freza en vajilla de barro, preferencia de desove de *Cryptoheros spilurus*.**

### Relación talla y número de huevos

En el estudio de Cueva (2022) los resultados mostraron que las hembras reproductoras de Tilapia (*Oreochromis niloticus*) con un peso de 1750 g y con una LT de 40 cm llegan a tener como un máximo de 2657 huevos y las reproductoras de 150 g con una LT de 13 cm tienen como mínimo 172 huevos, es decir, entre mayor medida y mayor peso sean las hembras, se obtendrán más huevos que las hembras de menor medida y menor peso. Por otro lado, en un reciente reporte de Sinclair (2023), realizó un estudio similar, pero en campo con otra especie de cíclido llamado *Tomocichla tuba* y compararon la talla de las hembras y el número de huevos. El peso corporal de la hembra *Tomocichla tuba* osciló entre 51.1 g y 156.7 g y, la fecundidad de estas reproductoras aumentó en 1.60 huevos por gramo de tamaño corporal.

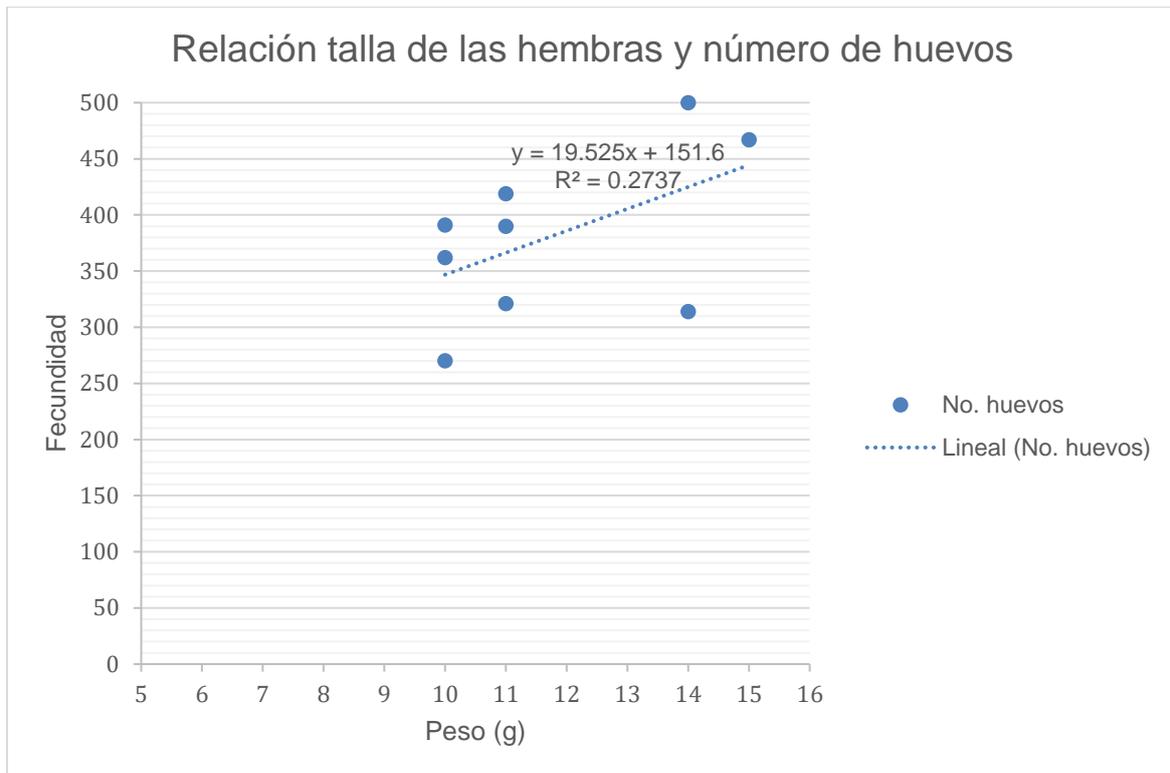
En la tabla 3 se enlistan el número de huevos por freza y las características de cada freza. El tiempo promedio entre frezas es de 18 días y la tasa de eclosión es de >99%. Al tener las condiciones controladas los parámetros físicos y químicos de los acuarios, la reproducción de *Cryptoheros spilurus* fue exitosa. Los datos demuestran que, dependiendo del peso, la longitud total, y la alimentación de las hembras el número de huevos va aumentando (Cueva, 2022), teniendo como resultado que las hembras con peso de 11 a 15 g con una longitud total de 6 a 10 cm y una buena alimentación, el máximo de huevos es de 500 mientras que el mínimo son 100.

**Tabla 3. Características de las frezas de *Cryptoheros spilurus*.**

| Fecha de puesta | No. Huevos | Tiempo entre puesta | No. De huevos eclosionados | No. De huevos sin eclosionar |
|-----------------|------------|---------------------|----------------------------|------------------------------|
| 24-oct-22       | 467        | 18 días             | 463                        | 4                            |
| 12-dic-22       | 172        | 18 días             | 172                        | 0                            |
| 28-dic-22       | 391        | 18 días             | 391                        | 0                            |
| 27-enero-23     | 270        | 18 días             | 247                        | 0                            |
| 22-febrero-23   | 362        | 18 días             | 362                        | 0                            |
| 19-abril-23     | 500        | 18 días             | 500                        | 0                            |
| 08-junio-23     | 314        | 50 días             | 0                          | 0                            |
| 04-julio-23     | 100        | 27 días             | 0                          | 0                            |
| 10-julio-23     | 321        | 0 días              | 314                        | 7                            |
| 24-julio-23     | 419        | 14 días             | 397                        | 22                           |
| 15-ago-23       | 390        | 22 días             | 382                        | 8                            |

Las casillas en color gris representan las frezas que fueron devoradas en su totalidad.

En la figura 5 se muestra la regresión lineal de la talla de las hembras y el número de huevos que cada hembra desovó durante los ocho meses. Esta relación es similar a la de estudios anteriormente mencionados y relacionados.



**Figura 5. Regresión lineal de la fecundidad y número de huevos de las hembras.**

La fecundidad relativa se muestra en la tabla 4. Como se puede observar el menor valor se presentó en una hembra de 14 g, con una fecundidad relativa de 7.14 huevos por gramo. Es importante mencionar que era la primera freza de la hembra y que es probable que el menor número de huevos se debió a la condición en la que se encontraba. Sin considerar esa freza, la media de fecundidad relativa fue de  $32.69 \pm 5.6$  huevos por gramo de peso de las hembras.

**Tabla 4. Fecundidad relativa de *Cryptoheros spilurus* en condiciones de cautiverio.**

| Fecundidad (número de huevos) | Peso de la hembra (g) | Fecundidad relativa (huevos/peso hembra) |
|-------------------------------|-----------------------|--|
| 467                           | 15                    | 31.13                                    |
| 172                           | 8                     | 21.5                                     |
| 391                           | 10                    | 39.1                                     |
| 270                           | 10                    | 27                                       |
| 362                           | 10                    | 36.2                                     |
| 500                           | 14                    | 35.71                                    |
| 314                           | 14                    | 22.42                                    |
| 100                           | 14                    | 7.14                                     |
| 321                           | 11                    | 29.18                                    |
| 419                           | 11                    | 38.09                                    |
| 390                           | 11                    | 35.45                                    |

La forma de los huevos es de tipo ovoide, el eje longitudinal (largo) es más largo que el eje transversal (ancho). El promedio del largo de los huevos de *Cryptoheros spilurus* fue de 1.85

$\pm 0.08$  mm, mientras que el promedio del ancho fue de  $1.25 \pm 0.05$  mm, con un diámetro efectivo de  $1.43 \pm 0.04$  mm (véase la tabla 7). El huevo está rodeado por un corion, este es la envoltura transparente que se adhiere al huevo (véase la figura 5), la yema interna tiene por nombre vitelo el cual está compuesto por glóbulos o plaquetas de color amarillo dando una apariencia granulosa, proporcionando nutrientes para el crecimiento y desarrollo de las larvas (Artigas, 2009; Kratochwill *et al.*, 2015).



**Figura 5. Fotografía de huevo de *Cryptoheros spilurus* (Laboratorio de Rotiferología)**

**Tabla 7. Largo, ancho y diámetro efectivo de 17 huevos de *Cryptoheros spilurus*.**

|                               | <b>Promedio</b> | <b>Desviación estándar</b> |
|-------------------------------|-----------------|----------------------------|
| <b>Largo (mm)</b>             | 1.849           | 0.007                      |
| <b>Ancho (mm)</b>             | 1.255           | 0.053                      |
| <b>Diámetro efectivo (mm)</b> | 1.427           | 0.042                      |

## **Conclusiones**

*Cryptoheros spilurus* se pudo reproducir en cautiverio con 11 puestas durante los ocho meses del presente estudio. Presentan dimorfismo sexual, las hembras y machos presentan diferente forma en su papila, las hembras tienen una forma de “U”, mientras que los machos tienen una forma de “V”, en ocasiones es difícil diferenciar esta forma en ejemplares adultos. Los comportamientos reproductivos que se observaron fueron cambios en la coloración para ambos sexos, esto ayuda a identificar el antes, durante y después de la reproducción, contando con tres coloraciones en total: coloración normal (gris/amarillenta), de cortejo (azul/grisáceo) y de cría (tornasol). Presentan un comportamiento territorial y el lugar preferido

para desovar son las vasijas de barro, seleccionando los lugares menos visibles para evitar esconder a la prole. En cuanto al cuidado parental, la especie presenta un cuidado biparental, con ambos padres cuidando la freza. La cantidad de huevos sí depende de la talla y peso de las hembras, mientras más longitud total presentaron las hembras (6 a 10 cm) y una buena alimentación, el máximo de huevos es de cerca de 500 huevos. El tiempo promedio entre las frezas es de 18 días y la tasa de eclosión es >99%. Por otra parte, el cálculo de la fecundidad relativa mostró una relación entre la fecundidad y el peso de las hembras con una media de  $32.69 \pm 5.6$  huevos por gramo de peso de las hembras. Los huevos de *Cryptoheros spilurus* tienen un diámetro efectivo de  $1.43 \pm 0.04$  mm. Es importante mencionar que, las parejas consumieron la freza en cuatro ocasiones, pero los huevos se observaban viables (con desarrollo). Por último, se concluye que *Cryptoheros spilurus* es una especie reproductora con éxito en cautiverio y en condiciones de laboratorio.

### **Recomendaciones**

Por las características reproductivas de *Cryptoheros spilurus* se concluye que es un organismo que por su potencial biótico puede funcionar como modelo para estudios reproductivos y etológicos.

### **Literatura citada**

Artigas-Azas, J. M. 2009. "*Cryptoheros spilurus* (Günther, 1862)". Cichlid Room Companion.

Contreras-MacBeath, T.; Ardón, D.A.; Quintana, Y.; Angulo, A.; Lyons, T.; Lardizabal, C.; McMahan, C.D.; Elías, D.J.; Matamoros, W.A.; Barraza, J.E.; *et al.* 2022. Freshwater Fishes of Central America: Distribution, Assessment, and Major Threats. *Diversity* 2022, 14, 793. <https://doi.org/10.3390/d14100793>

Coleman, R.M. (1991). Measuring Parental Investment in Non-spherical Eggs, *Copeia* 1991:1092-1098

Cueva Eusebio, E. C. (2022). Relación entre la longitud total y números de huevos de la tilapia *Oreochromis niloticus* en el laboratorio larval–Huacho.

Díaz-Pardo E., Ceballos, E., Domínguez, O., Hiriart-Mazari, M., y Martínez-Estévez, L. 2016. Peces dulceacuícolas de México en peligro de extinción Parte 1. Diversidad de Especies. Colec. Ediciones Científicas Universitarias. Ser Texto Científico Universitario. pp 23-29 ISBN: 978-607-16-4087-1

Diario Oficial de la Federación. 2010. NORMA Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo.

Espinosa-Pérez, H. 2014. Biodiversidad de especies en México. Revista Mexicana de Biodiversidad, Supl. 85: S450-S459, 2014 DOI: 10.7550/rmb.32264

Espinosa-Pérez, H., & Ramírez, M. 2015. Exotic and invasive fishes in Mexico. Check List, 11, 1.

E Paz, P., Martínez-Turcios, A., & Chávez-Chávez, J. 2019. Producción de tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) en la etapa de engorde con dos estrategias de alimentación. <https://doi.org/10.5377/ceiba.v0i0843.5824>

La Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). 2011. Manual Básico de Sanidad piscícola. Ministerio de agricultura y ganadería, pp. 40-42

Froese y Pauly. 2022. Fish Base. <https://www.fishbase.de/> consultado el 11 de noviembre de 2022

Hammer, O. 2022. PAST. PAleontological STatics Version 4.11. Reference Manual. Natural History Museum. University of Oslo.

Instituto de la Economía Social. 2018. Acuicultura, historia y actualidad en México.

Kratochwill, C. F., Sefton, M. M & Meyer, A. 2015. Embryonic and larval development in the Midas cichlid fish species flock (*Amphilophus* spp.): a new evo-devo model for the investigation of adaptive novelties and species differences. *BMC Biología del desarrollo*, 15(1), 1-15.

Lardizabal, C.C. 2020. *Cryptoheros spilurus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2020: e.T192892A2179689. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.20202.RLTS.T192892A2179689.en>

Lyons, T.J *et al.* 2020. The status and distribution of freshwater fishes in Mexico. Cambridge, UK and Albuquerque, New Mexico, USA: IUCN and ABQ BioPark.

Mancini M. A. 2002. Introducción a la Biología de Peces. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I, FAV UNRC.

Mejía, O., Pérez-Miranda, F., León-Romero, Y., Soto-Galera, E., & Luna, E. D. 2015. Morphometric variation of the *Herichthys bartoni* (Bean, 1892) species group (Teleostei: Cichlidae): How many species comprise *H. labridens* (Pellegrin, 1903)?. *Neotropical Ichthyology*, 13, 61-76.

Miller, R. R., Minckley, W. L., Soto, S., y Jacobotr, J. 2009. Peces dulceacuícolas de México. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 490pp. (No. EE/597.092972 M5)

Palacio-Núñez, J., Martínez-Montoya, J. F., Olmos-Oropeza, G., Martínez-Calderas, J. M., Clemente-Sánchez, F., y Enríquez, J. 2015. Distribución poblacional y abundancia de los peces endémicos de la llanura de Rioverde, SLP, México. *AGRO Productividad*, 8, 17-24.

Pérez-Miranda, F., Mejía, O., Soto-Galera, E., Espinosa-Pérez, H., Piálek, L., & Říčan, O. 2018. Phylogeny and species diversity of the genus *Herichthys* (Teleostei: Cichlidae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research*, 56(2), 223-247.

Rodríguez de Vera, E. M. 2017. Respuesta fisiológica de peces sometidos al estrés. Facultad de Ciencias. Universidad de Laguna. pp. 7-10

Saborido-Rey, F. 2018. Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Instituto de Investigaciones Marinas (CSIC) Universidad de Vigo.

Secretaria de agricultura y desarrollo rural. 2019. Acuicultura, producción y conservación de organismos acuáticos.

Sinclair R. O. 2023. The effect of egg size and female parent body size on fecundity in Cichlid fishes in the wild and the laboratory. Faculty of the Department of Biological Sciences.

Schmitter-Soto, J.J. 2007. Una revisión sistemática del género *Archocentrus* (Perciformes:Cichlidae), con la descripción de dos nuevos géneros y seis nuevas especies. *Zootaxa* 1603: 1-76.

Schein, H. K. 1966. The Reproductive Behavior of the Central American Cichlid Fish, *Cichlasoma spilurum*. University of California, Berkeley. pp. 11-53

Valtierra-Vega, M. T., y Schmitter-Soto, J. J. 2000. Hábitos alimentarios de las mojarras (Perciformes: Cichlidae) de la laguna Caobas, Quintana Roo, México. Revista de Biología Tropical, 48(2-3), 503-508.



Casa abierta al tiempo

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA**  
Unidad Xochimilco

**DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD**  
Actividades de Servicio Social  
Calendario

| Objetivo | Actividades a realizar      | MES 1 | MES 2 | MES 3 | MES 4 | MES 5 | MES 6 |
|----------|-----------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 1        | Montaje de acuarios         | X     |       |       |       |       |       |
| 1        | Caracterización sexual      | X     |       |       |       |       |       |
| 1 y 2    | Toma de datos merísticos    | X     | X     |       |       |       |       |
| 1 y 2    | Registro fotográfico        | X     | X     |       |       |       |       |
| 2        | Separación de reproductores |       | X     |       |       |       |       |

|   |                                      |  |   |   |   |   |   |
|---|--------------------------------------|--|---|---|---|---|---|
| 2 | Registro de mecanismos reproductivos |  | X | X | X | X |   |
| 3 | Medición de huevos                   |  |   | X | X | X |   |
| 3 | Registro de aspectos espaciales      |  | X | X | X | X |   |
| 4 | Registro de post eclosión            |  |   | X | X | X |   |
|   | Elaboración de informe final         |  |   |   |   | X | X |