



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE
SAN NICOLÁS DE HIDALGO**
Posgrado en Ciencias Biológicas



**Estructura poblacional de *Goodea atripinnis* y
Zoogoneticus purhepechus en el río Teuchitlán,
Jalisco, México**

Tesis
Que presenta:

BIÓL. ALEJANDRO CHÁVEZ GARCÍA
Email: chavezgaral@gmail.com

Como requisito para obtener el grado de:

Maestro en Ciencias Biológicas
Área temática: Ecología y Conservación

Directores de tesis

Dr. Omar Domínguez Domínguez
Email: goodeido@yahoo.com.mx

Dra. Yvonne Herrerías Diego
Email: yonnediego@gmail.com

Morelia, Michoacán.

Febrero de 2020

Declaración



Los datos del presente trabajo fueron financiados por el proyecto “Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco, México.”; patrocinado por el Zoológico de Chester, The Mohamed bin Zayed Species Conservation Fund, La Comisión Mexicana para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), Haus des Meeres - Aqua Terra Zoo, Poecilia Scandinavia, Goodeid Working Group y Werkgroep levendbarende tandkarpers Nederland.

Agradecimientos

A la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, a la facultad de Biología y a cada una de las personas que influyeron en mi formación.

Al Posgrado Institucional en Ciencias Biológicas por darme las bases para mi formación en este posgrado.

A mis asesores el Dr. Omar Domínguez Domínguez y la Dra. Yvonne Herrerías Diego, por todo su apoyo, paciencia y críticas; las cuales me ayudaron en mi formación académica y por la amistad y confianza que me brindaron en todo momento.

A mis sinodales, el Dr. Alejandro Salinas Melgoza, Dr. Luis Felipe Mendoza Cuenca y el Dr. Norman Mercado Silva, por sus correcciones y el tiempo dedicado al presente proyecto.

A los Laboratorios de Biología Acuática y Vida Silvestre de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, por el espacio proporcionado para la realización del proyecto.

A mis amigos y compañeros de laboratorios Xochitl Manríquez López, Frecia Ramírez Rincón, Luis Mar Silva, Oscar Ávila Morales, Arely Ramírez García, Francisco Evaristo Moreno, Floribel Vera Vera y Liliana Pacheco Frausto. En verdad muchas gracias por todo su apoyo en todo momento de mi andar por la maestría.

A la maestra Aurea y familiares, por permitirme realizar el trabajo de campo en el manantial El Rincón.

Y por último y más importantes; a mi familia que siempre me apoyó y motivó en todo momento de mis estudios.

Índice

| | |
|--------------------------------------|-----|
| Resumen | iii |
| Summary | iv |
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Materiales y Métodos | 4 |
| 3. Resultados | 10 |
| 4. Discusión | 16 |
| 5. Conclusión | 19 |
| Bibliografía | 20 |

Índice de Figuras

Figura 1. Ubicación geográfica, a) Municipio de Teuchitlán en el estado de Jalisco y b) Sitios de muestreo en el río. ----- 5

Figura 2. Fotografías de los cinco sitios de muestreo establecidos a lo largo del río Teuchitlán, a) S1, b) S2, c) S3, d) S4 y e) S5. ----- 7

Figura 3. Diagrama de flujo de abundancia para *G. atripinnis* por a) sexo, b) talla, c) sitio y d) temporada, en el río Teuchitlán, Jalisco. El conjunto de los recuadros de cada columna representa todos los organismos colectados, el grosor de los recuadros y las barras que conectan entre factores representan la abundancia de organismos que comparten esa característica. Las letras sobre los recuadros indican la diferencia o similitud entre cada respuesta de las variables ($P < 0.05$). -- 12

Figura 4. Diagrama de flujo de abundancia para *Z. purhepechus* por a) sexo, b) talla, c) sitio y d) temporada, en el río Teuchitlán, Jalisco. El conjunto de los recuadros de cada columna representa todos los organismos colectados, el grosor de los recuadros y las barras que conectan entre factores representan la abundancia de organismos que comparten esa característica. Las letras sobre los recuadros indican la diferencia o similitud entre cada respuesta de las variables ($P < 0.05$). -- 15

Índice de Tablas

Tabla 1. Intervalos de tallas con límites inferior y superior, empleando longitud patrón (L_p) en milímetros, para *G. atripinnis* por sexo. ----- 10

Tabla 2. Intervalos de tallas con límites inferior y superior, empleando longitud patrón (L_p) en milímetros, para *Z. purhepechus* por sexo. ----- 13

Resumen

El río Teuchitlán ha perdido más del 70% de las especies nativas por causa de la contaminación doméstica, agrícola, industria azucarera, así como la introducción de especies exóticas. En este trabajo nos enfocaremos en describir la estructura poblacional de dos especies de peces nativos (*Goodea atripinnis* y *Zoogoneticus purhepechus*) a lo largo del río Teuchitlán, México y su variación a lo largo del tiempo. El presente trabajo se realizó en el río Teuchitlán (febrero 2016 a enero 2018); se seleccionaron 5 sitios a lo largo del río durante dos años. Se usó el método de captura con trampas nasas, 5 trampas por sitio, una 1 hora por día, 3 días consecutivos por mes. Los organismos fueron identificados, medidos (longitud patrón, mm), pesados (g), sexados, identificados y posteriormente liberados en la misma porción del río donde fueron capturados. Un total de 727 organismos fueron capturados, de los cuales, 182 corresponden a *G. atripinnis* y 545 a *Z. purhepechus*. Se encontró que la proporción sexual favorece a las hembras, y las tallas más abundantes son los organismos juveniles y los maduros jóvenes. *Goodea atripinnis* se encuentra bien establecida a lo largo del río con mayores abundancias en uno de los manantiales y en la parte final del río, mientras que *Zoogoneticus purhepechus* decremantan sus abundancias hacia las partes bajas del río. Aunque *G. atripinnis* y *Z. purhepechus* se encuentran distribuidas en el río Teuchitlán, las actividades antrópicas podrían producir una disminución en sus abundancias. Nuestros resultados proveen una línea base para acciones de conservación y planes de manejo de las especies nativas del río Teuchitlán; sin embargo, es necesario llevar a cabo un estudio más detallado abarcando todos los procesos biológicos de las especies, integrando información de sus hábitos alimenticios, reproductivos e interacciones con otras especies.

Palabras clave: Especies nativas, ecología, Goodeidae, estructura poblacional, vivíparos.

Summary

The Teuchitlán River has lost more than 70% of native species due to domestic pollution, agriculture, sugar industry, as well as the introduction of exotic species. In this work we will focus on describing the population structure of two native fish species (*Goodea atripinnis* and *Zoogoneticus purhepechus*) along the Teuchitlán River, Mexico and its variation over time. This work was carried out on the Teuchitlán River (February 2016 to January 2018), 5 sites were selected along the river. The capture method with nasal traps, 5 traps per site, with an opening of 1 hour per day, 3 consecutive days was used, the organisms were identified, measured (Standard Length, mm), heavy (g), sexed, identified and subsequently released in the same portion of the river where they were captured. A total of 727 organisms were captured in the Teuchitlán River during the sampling period (February 2016 to January 2018), of which 182 correspond to *G. atripinnis* and 545 to *Z. purhepechus*. The results obtained by species are described below. Finding that the sexual proportion favors females, and the most abundant sizes are juvenile organisms and mature youngsters. *Goodea atripinnis* is well established along the river with greater abundance in one of the springs and in the final part of the river, while *Zoogoneticus purhepechus* decrease its abundances towards the lower parts of the river. The native species *G. atripinnis* and *Z. purhepechus* are distributed in the Teuchitlán river, however the anthropic activities could produce a decrease in their abundances, our results provide a baseline for conservation actions and management plans of the native species of the Teuchitlán River, however, it is necessary to carry out a more detailed study covering all the biological processes of the species, integrating information on their eating, reproductive habits and interactions with other species.

Keywords: Native Species, Ecology, Goodeids, population structure, viviparous.

1. Introducción

El ser humano ha buscado el aprovechamiento de todo aquel recurso que le permita su establecimiento y desarrollo, lo que lo ha llevado a transformar su ambiente. Ejemplos de dicha transformación son, la extracción de recursos naturales, la introducción de especies exóticas y la contaminación. Estas perturbaciones pueden tener serios impactos, como son la disminución en la biodiversidad, la modificación de los ecosistemas naturales y de las funciones que estos realizan (Bain et al., 1988, Knutson et al., 1999, Cotler y Gutiérrez, 2005); la pérdida de biodiversidad es considerada la más importante, ya que la reducción o disminución de poblaciones de especies nativas puede provocar desequilibrios en los ecosistemas (López-López y Paulo-Maya 2001, De la Vega-Salazar et al. 2003, Domínguez-Domínguez et al. 2008).

Los ecosistemas acuáticos representan alrededor del 70% de la superficie de la tierra y son fundamentales para el desarrollo de la vida. En el caso particular, los ríos son una reserva accesible de agua dulce para los seres vivos y también son el hábitat de una gran diversidad de organismos (Gilvear, et al. 2013). Sin embargo, el impacto negativo que han sufrido en los últimos años (represas, modificando el cauce de los ríos, contaminándolos con desechos de sus actividades, entre otros), ha ocasiona el aislamiento de las poblaciones, la interrupción de rutas migratorias, la modificación de la calidad del agua, y finalmente el impacto negativo a la diversidad de flora y fauna (Mc Cully, 2001; Toledo y Bozada, 2002).

Uno de los grupos más afectados con dichas modificaciones son los peces, esto debido a que realizan todo su ciclo de vida en el agua, por lo que dependen de factores como la concentración de oxígeno, temperatura y volumen del cuerpo de agua donde habitan, al modificarse dichos factores, se desencadenan efectos adversos en los organismos y en sus poblaciones (Ochoa y Gonzáles, 2008, Romano, 2016).

Por lo tanto, la relación que existe entre las modificaciones del ambiente y el impacto sobre las poblaciones se ven reflejadas en la estructura de la población, por lo tanto, cambia la proporción sexual, la estructura de tallas y la distribución espacial y

temporal de los organismos (Morlans, 2004). Hay que tomar en cuenta que las poblaciones no son homogéneas en sus componentes y varían a través del tiempo, por lo que es necesario considerar y explicar la variación en densidad de los individuos en el espacio y tiempo, de su estructura de tamaños que describe los números relativos de individuos grandes y pequeños, y finalmente de su estructura de edades que describe los números relativos de los individuos, desde los más jóvenes hasta los más viejos. La biología de poblaciones trata de explicar el origen de las diferencias entre estas estructuras para entender cómo influye cada una en las demás y cómo cambian en el tiempo (Silvertown y Lovett-Doust, 1993).

La subfamilia Goodeinae está representada por alrededor de 41 especies, de las cuales 36 son endémicas a las cuencas del centro de México, lo que representa el 32% de todas las especies endémicas a esta región (De la Vega-Salazar, 2005). Lamentablemente, cerca de la mitad de las especies de goodeidos se encuentran dentro de la Norma Oficial Mexicana bajo alguna categoría de riesgo (SEMARNAT, 2010), ello debido principalmente a los impactos humanos sobre las cuencas en las que habitan.

Uno de los sitios donde encontramos goodeidos es el río Teuchitlán, el cual ha sufrido modificación desde hace décadas, siendo principalmente las actividades agrícolas las de mayor influencia (SEMADET Jalisco, 2014). Dando como resultado una reducción mayor del 70% de su ictiofauna nativa (López-López and Paulo-Maya 2001; Dzul-Camaal et al. 2013).

Dentro de los integrantes de la subfamilia Goodeinae que habitan el río Teuchitlán esta *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880) y *Zoogoneticus purhepechus* (Domínguez-Domínguez, Pérez-Rodríguez y Doadrio, 2008). *Goodea atripinnis* es una especie generalista y prefiere aguas de hasta 1.7 m de profundidad, la IUCN cataloga a esta especie como preocupación menor (Koeck y Maiz-Tome, 2019). *Zoogoneticus purhepechus* es una especie carnívora y se encuentra en aguas poco profundas, se encuentra en la categoría de protección como vulnerable (Koeck, 2019). Por lo tanto, nos permite observar el impacto del ambiente sobre dos especies con estrategias de vida diferentes que habitan el mismo río.

Entender la estructura de la población de especies nativas en su ambiente natural es muy importante, ya que nos permitirá generar estrategias de manejo y conservación específicas para cada una de las especies. Por lo que el objetivo de este estudio fue describir la estructura poblacional de dos especies de peces nativos, *G. atripinnis* y *Z. purhepechus*, a lo largo del río Teuchitlán, México y su variación a lo largo del tiempo. Cabe resaltar la importancia en el aporte de conocimiento del presente estudio, ya que es poca la información que existe para las especies de goodeidos (Ramírez-García, et al., 2020).

2. Materiales y Métodos

2.1. Área de estudio

El río Teuchitlán se ubica en la vertiente del Pacífico, junto al poblado del mismo nombre, en la parte alta de la cuenca del río Ameca (20°41'N-20°40'N, 103°50'O-103°50'O). Este río presenta una longitud de 1274 m. El clima es subtropical, semiárido, con una temperatura media de 21°C, una máxima de 29.7°C y una mínima de 13°C, con inviernos y primaveras secos. La precipitación anual es de 700 a 1200 mm y se extiende entre los meses de junio a septiembre. El Río cuenta con múltiples manantiales a lo largo del mismo. Nace en los manantiales de la zona conocida como “El Rincón” y su porción final desemboca en la presa de la Vega (Figura 1) (Pintor-Anguiano, 2012).

2.2. Sitios de muestreo

Se establecieron cinco sitios de muestreo a lo largo del río, buscando abarcar la mayor heterogeneidad posible (Figura 1b y Figura 2).

El sitio 1 (S1), está ubicado en la cabecera del Río Teuchitlán, siendo este un estanque alimentado por un manantial. Este sitio se encuentra modificado para el uso como albercas del Balneario “El Rincón”, por lo que sus márgenes fueron modificados a manera de muros de contención. El manantial cuenta con nula vegetación acuática, y un sustrato de grava y piedra (Figura 2a).

El sitio 2 (S2), es usado principalmente como abrevadero para ganado bovino y equino. Los márgenes de este sitio no han sido modificados en su mayor parte. La vegetación acuática presente en el sitio es lechuguilla (*Pistia stratiotes*), lirio acuático (*Eichornia crassipes*) y tule (*Typha domingensis*), con sustrato lodoso (Figura 2b).

El sitio 3 (S3), presenta poca intervención humana. Este sitio aún conserva su rivera natural. La vegetación acuática presente es lechuguilla (*P. stratiotes*) y tule (*T. domingensis*). El sustrato que presenta es lodoso (Figura 2c).

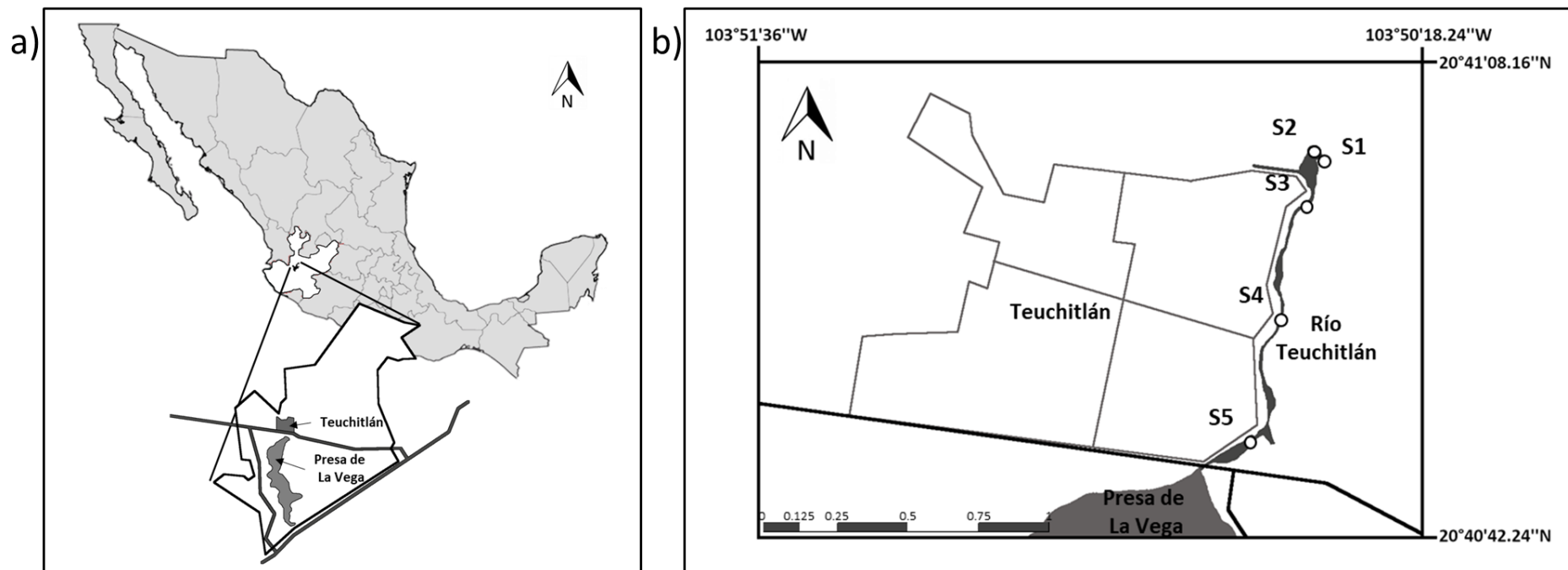


Figura 1. Ubicación geográfica, a) Municipio de Teuchitlán en el estado de Jalisco y b) Sitios de muestreo en el río.

El sitio 4 (S4), presenta una canalización con paredes de cemento y piedra al borde de ambos márgenes del río. En la época de secas, esta parte del río es usado como abrevadero para ganado bovino. En esta parte del río comienza la incorporación de los drenajes domésticos. La vegetación presente es de lechuguilla y lirio (*P. stratiotes* y *E. crassipes*), con sustrato arenoso y lodoso (Figura 2d).

El sitio 5 (S5), es la porción final del río Teuchitlán. Presenta canalización al igual que el sitio 4, y continua con la incorporación de drenajes domésticos. La vegetación acuática consiste en lirio, lechuguilla y elodea (*P. stratiotes*, *E. crassipes* y *Egeria densa*). El sustrato es fangoso (Figura 2e).

2.3. Método de muestreo

El muestreo de organismos se llevó a cabo mensualmente durante dos años, en el periodo comprendido entre febrero de 2016 a enero de 2018. Teuchitlán presenta una marcada época de lluvias en verano de julio a septiembre (Álvarez-Grzybowska, 2016) por lo que se tomaron en cuenta tres temporadas por año, las cuales son: secas cálidas del primer año (SC_a1), lluvias del primer año (LI_a1), secas frías del primer año (SF_a1), secas cálidas del segundo año (SC_a2), lluvias del segundo año (LI_a2) y secas frías del segundo año (SF_a2). Para la recolecta de organismos se utilizaron trampas nasas (Gee-feets, G-40) de aluminio de 419 mm de largo, con un diámetro central de 220 mm, y diámetro externo de 190 mm, con orificio de entrada de 25 mm de diámetro y 2 mm de abertura de malla. En cada sitio se colocaron cinco trampas nasas sin cebar, las cuales se instalaron a nivel de superficie, con la siguiente distribución: en el S1 se colocaron en los bordes del manantial, en los S2 y S3 en los diferentes tipos de vegetación presente, y en los S4 y S5 se ubicaron 2 nasas en cada margen del río y una al centro. En todos los sitios se mantuvieron por un lapso de 1 hora, entre las 7:00 am y la 1:00 pm, y se repitió por tres días consecutivos.

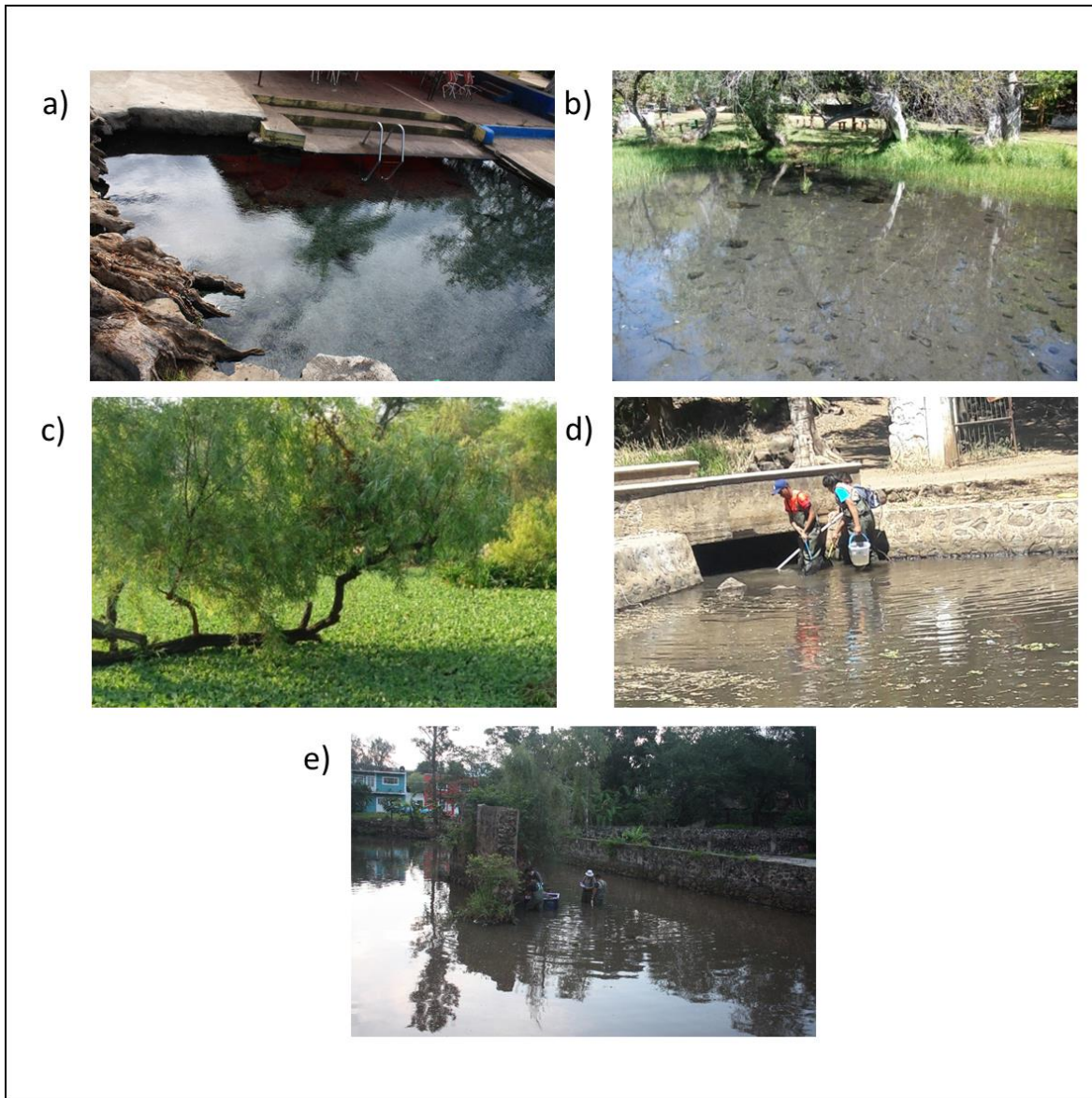


Figura 2. Fotografías de los cinco sitios de muestreo establecidos a lo largo del río Teuchitlán, a) S1, b) S2, c) S3, d) S4 y e) S5.

Los organismos capturados por cada trampa se depositaron en recipientes de 20 litros con aireación constante, para mantenerlos vivos. Se les tomaron las medidas de peso (g), longitud patrón (Lp), longitud total (Lt) y sexo (macho o hembra). Para la obtención de las medidas se utilizó un vernier digital Truper, CALDI-6MP (mm) y el peso se obtuvo con una balanza Pocket Scale - Modelo MH-500 (mg). Al finalizar la toma de datos los organismos fueron liberados en el mismo sitio donde fueron capturados.

2.4. Análisis de datos

Las clases de talla se establecieron utilizando tres características, se implementó la regla de Sturges (1926) la cual generó una serie de intervalos, los cuales fueron reducidos utilizando la mayor frecuencia de hembras grávidas como indicativo de cambio a la talla dos, por lo que en la talla tres con los organismos más grandes la frecuencia de gravidez es baja. Esto fue corroborado con los datos obtenidos por Ramírez-García y colaboradores (2020) ya que ellos reportan los estadios gonadales para ambas especies.

Para determinar las diferencias en la abundancia absoluta se aplicó un modelo no lineal generalizado usando el procedimiento GENMOD (SAS 9.1, 2006). Donde la variable de respuesta (abundancia) tuvo una distribución Poisson y una función de enlace logarítmico. Los factores de variación fueron sexo, talla, sitio y temporada. No se aplicó la interacción (sitio*temporada, sitio*sexo, sitio*talla, temporada*sexo, temporada*talla), debido a que no hay balance en la distribución de las abundancias en todos los sitios por temporada, mucho menos al tomar en cuenta el sexo y la talla, las matices Hessianas eran negativas. Para la bondad de ajuste se empleó la escala de Pearson.

Para obtener la probabilidad de presencia de las especies entre temporada y sitio se aplicó un modelo no lineal generalizado usando el procedimiento GENMOD (SAS 9.1, 2006). Donde la variable de respuesta (Presencia) tuvo una distribución Binomial (sí y no) y se utilizó una función de enlace logística. No se aplicó la interacción sitio*temporada, debido a que no hay balance en la distribución de las

abundancias en todos los sitios por temporada, las matrices Hessianas eran negativas. Para la bondad de ajuste se empleó la escala de Pearson.

La proporción de sexos de cada especie se determinó observando la presencia de la estructura reproductiva evidente en la aleta anal de los machos denominada espermatopodio. Se realizaron pruebas de χ^2 por sexo, clase de talla, sitios y temporadas, para comprobar si las proporciones se desvían del 1:1 esperado. Las pruebas fueron realizadas con grado de significancia de $P < 0.05$ (Salazar-Tinoco 1987).

Se realizaron diagramas aluviales usando el programa R-Studio (versión 3.4.1) con la librería alluvial. Se introdujeron las abundancias de los factores sexo, clase de talla, sitios y temporadas de muestreo para cada una de las especies.

3. Resultados

Se capturaron 727 organismos en el río Teuchitlán durante el periodo de muestreo (febrero de 2016 a enero de 2018), de los cuales, 182 corresponden a *G. atripinnis* y 545 a *Z. purhepechus*. A continuación, se describen los resultados obtenidos por especie.

Goodea atripinnis

Al realizar una prueba de Chi cuadrada para las proporciones de la población de *G. atripinnis* presenta una proporción de 1.5:1, siendo significativamente más abundantes las hembras que los machos ($X^2= 6.60$, $gl= 1$, $P= 0.0101$) (Figura 3a).

Se obtuvieron los siguientes intervalos de tallas para *G. atripinnis* por sexo se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Intervalos de tallas con límites inferior y superior, empleando longitud patrón (Lp) en milímetros, para *G. atripinnis* por sexo.

| Talla | Hembra | Macho |
|-------|-------------|-------------|
| 1 | 14.1 – 39.3 | 15.3 – 38.9 |
| 2 | 39.4 – 72.9 | 39.0 – 70.5 |
| 3 | 73.0 – 81.3 | 70.6 – 78.4 |

La prueba de GENMOD para las tallas, nos indica que las más abundantes son la dos y uno, existiendo diferencia significativa con la talla tres ($X^2= 112.90$, $gl= 2$, $P= <0.0001$). Y las proporciones sexuales por talla al aplicar la prueba de Chi cuadrada, solo la talla uno presento una diferente de 1:1, la cual es de más de dos hembras por cada macho (2.2:1, $X^2= 11.21$, $gl= 1$, $P= <0.0008$) (Figura 3b).

La distribución de esta especie a lo largo de los cinco sitios presenta diferencia significativa (GENMOD, $X^2= 9.84$, $gl= 4$, $P= 0.0432$). Los sitios que presentan la mayor abundancia son S2 y S5, con una probabilidad de encuentro del 86.3% y 58% respectivamente de encontrar a *G. atripinnis*, siendo diferentes al S1 y S4 (45.1% y 12.4%), el S3 presentó diferencia con respecto al resto de los sitios al

presentar la menor abundancia (26.9%). En cuanto a las pruebas de Chi cuadrada de las proporciones sexuales en los sitios S2 y S5 presentaron una proporción cercana a dos hembras por cada macho (1.8:1 y 1.9:1, $X^2= 5.25$, $gl= 1$, $P= 0.021$, $X^2= 5.12$, $gl= 1$, $P= 0.023$), en el caso del S3 fue de 5:1 ($X^2= 5.33$, $gl= 1$, $P= 0.02$) (Figura 3c).

La distribución temporal presentó diferencia significativa entre las temporadas (GENMOD, $X^2= 31.91$, $gl= 5$, $P= <0.0001$). La temporada SC_a1 presenta la mayor abundancia y una probabilidad de encuentro de un 79.5%, seguido de LI_a1 (81.2%), las temporadas SC_a2, LI_a2 y SF_a2 presentaron abundancias muy similares (44%, 37.3% y 30.8%, respectivamente), y SF_a1 se separó de todas las demás temporadas (8%). La única temporada donde la proporción sexual fue diferente a 1:1 fue SC_a2 con 2.8:1 ($X^2= 4.26$, $gl= 1$, $P= 0.038$) (Figura 3d).

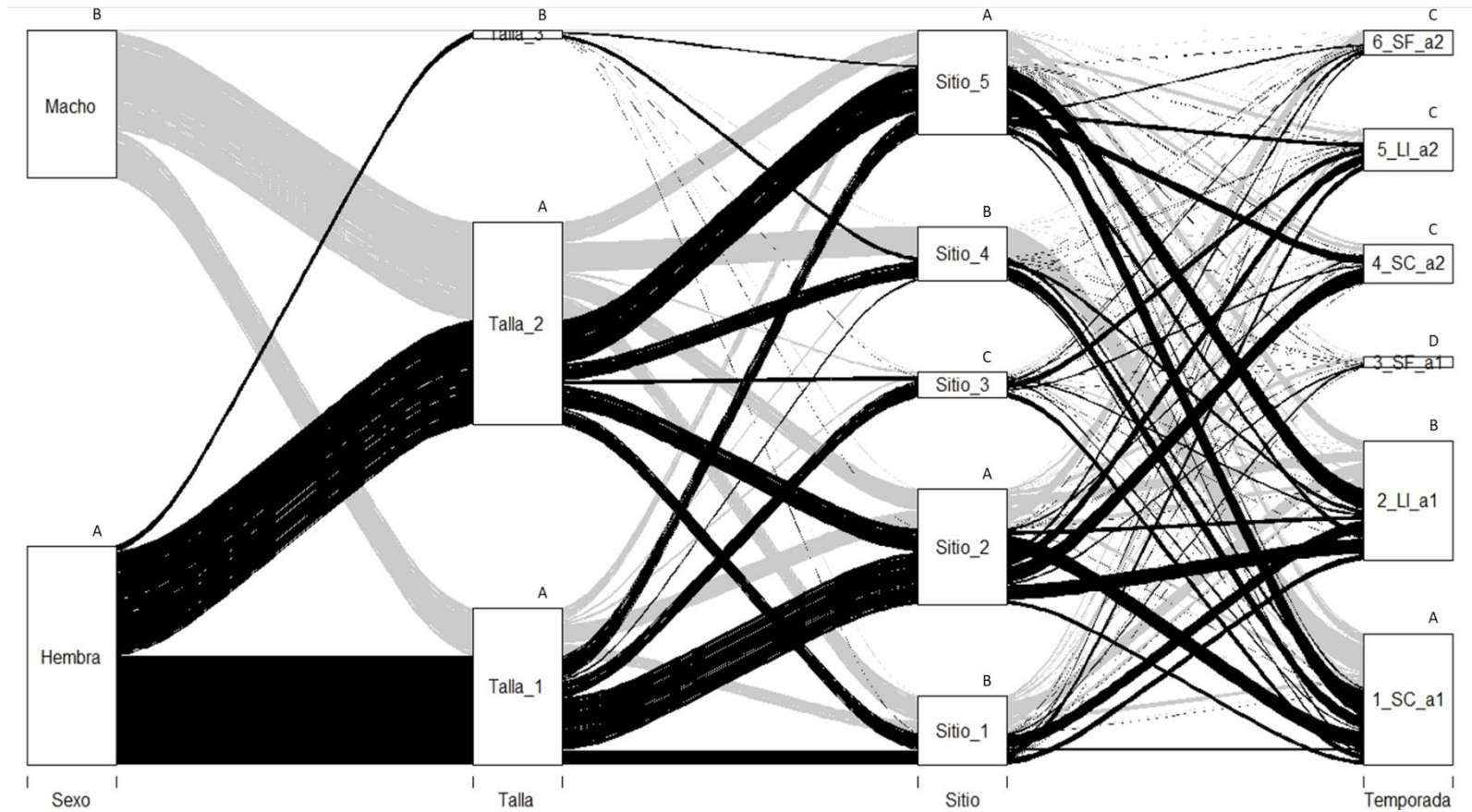


Figura 3. Diagrama de flujo de abundancia para *G. atripinnis* por a) sexo, b) talla, c) sitio y d) temporada, en el río Teuchitlán, Jalisco. El conjunto de los recuadros de cada columna representa todos los organismos colectados, el grosor de los recuadros y las barras que conectan entre factores representan la abundancia de organismos que comparten esa característica. Las letras sobre los recuadros indican la diferencia o similitud entre cada respuesta de las variables ($P < 0.05$).

Zoogoneticus purhepechus

Existe una diferencia significativa al aplicar la prueba de Chi cuadrada en la abundancia de sexo, siendo las hembras más numerosas que los machos en una proporción de 1.7:1 ($X^2= 41.57$, $gl= 1$, $P= <0.0001$) (Figura 4a).

Las tres clases de talla obtenidas para *Z. purhepechus* por sexo fueron las siguientes.

Tabla 2. Intervalos de tallas con límites inferior y superior, empleando longitud patrón (Lp) en milímetros, para *Z. purhepechus* por sexo.

| Talla | Hembra | Macho |
|-------|-------------|-------------|
| 1 | 16.1 – 24.2 | 17.6 – 27.3 |
| 2 | 24.3 – 40.6 | 27.4 – 46.9 |
| 3 | 40.7 – 57.0 | 47.0 – 61.5 |

Al analizar la distribución de los organismos en las tres tallas establecidas obtuvimos una diferencia entre las tallas 2 y 1 con respecto a la talla 3 (GENMOD, $X^2= 330.05$, $gl= 2$, $P= <0.0001$). Las proporciones sexuales para las tres tallas fue diferente a la esperada de 1:1 (prueba de Chi cuadrada), para la talla 1 la proporción fue de 0.7:1, siendo la única donde los machos fueron más abundantes que las hembras, para la talla 2 fue de 3.5:1 y 2.4:1 para la talla 3 (Figura 4b).

La distribución de *Z. purhepechus* en los cinco sitios de muestreo presentaron diferencias significativas (GENMOD, $X^2= 698.7$, $gl= 4$, $P= <0.0001$). El S3 fue el de mayor abundancia, con una probabilidad de encuentro del 100%, seguido de S2, S1, S4 y S5 en ese orden (96.3%, 79%, 46.8% 15.9% respectivamente). AL aplicar la prueba de Chi cuadrada, los sitios que presentaron diferencia significativa con respecto a la proporción 1:1 fueron el S3 con 2.2:1 ($X^2= 50.1$, $gl= 1$, $P= <0.001$) y S4 de 3:1 ($X^2= 4$, $gl= 1$, $P= 0.045$) (Figura 4c).

La distribución temporal presentó diferencias significativas (GENMOD, $X^2= 86.79$, $gl= 5$, $P= <0.0001$). Las temporadas fueron diferentes entre sí, con excepción de las

SC de ambos años las cuales fueron muy similares. Las restantes, se ordenaron de la siguiente forma, SF_a1, LI_a1, LI_a2, SF_a2 y por ultimo las SC de ambos años (todas con una probabilidad de encuentro superior al 99%). La prueba de Chi cuadrada nos muestra que para las proporciones sexuales, las temporadas fue diferente de 1:1 para SF_a1 de 2.7:1 ($X^2= 26.6$, $gl= 1$, $P= <0.001$), LI_a1 de 1.6:1 ($X^2= 7.5$, $gl= 1$, $P= 0.006$), SF_a2 1.6:1 ($X^2= 5.5$, $gl= 1$, $P= 0.018$) y SC_a2 1.9:1 ($X^2= 4.7$, $gl= 1$, $P= 0.028$) (Figura 4d).

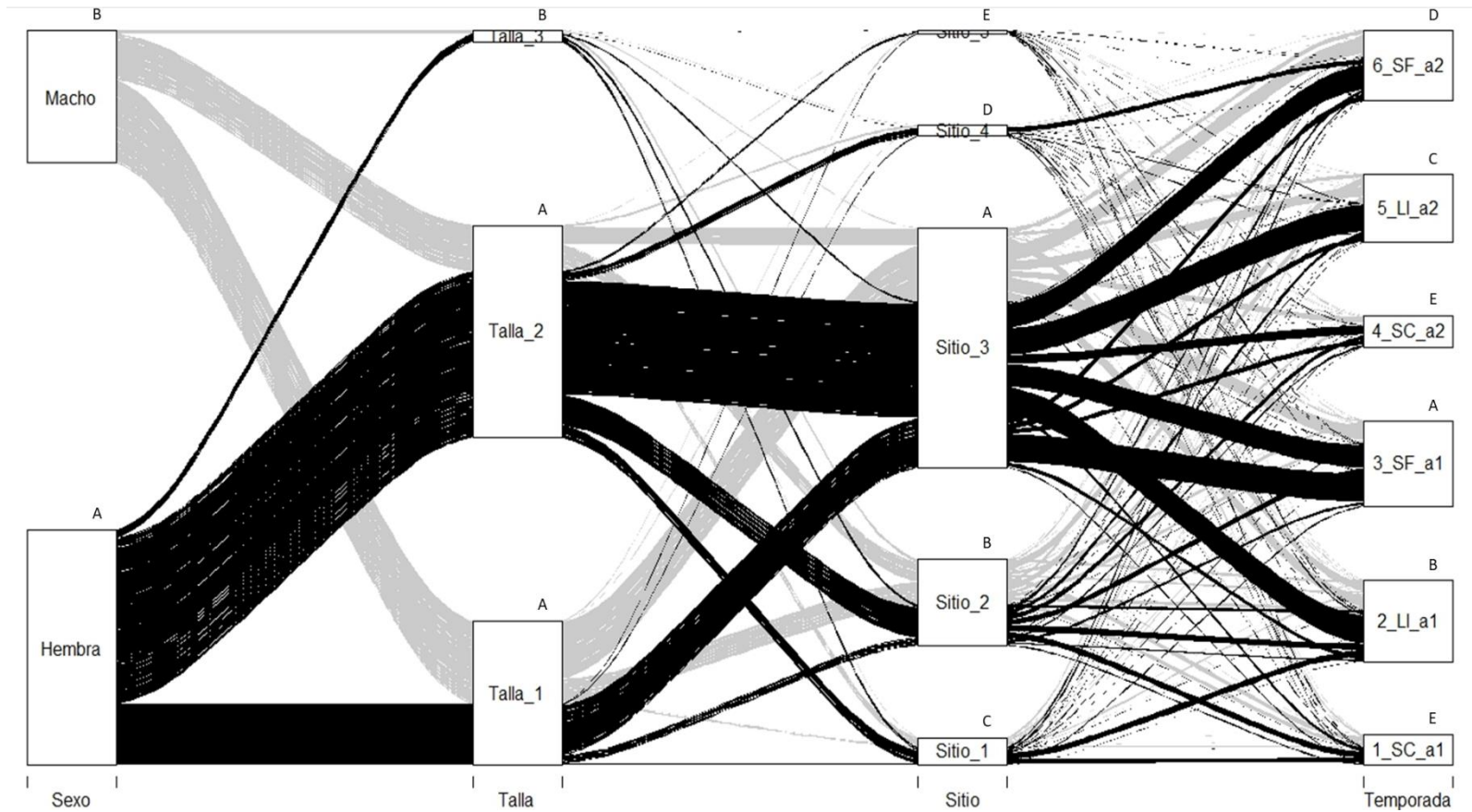


Figura 4. Diagrama de flujo de abundancia para *Z. purhepechus* por a) sexo, b) talla, c) sitio y d) temporada, en el río Teuchitlán, Jalisco. El conjunto de los recuadros de cada columna representa todos los organismos colectados, el grosor de los recuadros y las barras que conectan entre factores representan la abundancia de organismos que comparten esa característica. Las letras sobre los recuadros indican la diferencia o similitud entre cada respuesta de las variables ($P < 0.05$).

4. Discusión

Este estudio documenta la estructura poblacional de dos especies nativas distribuidas en un río antropizado en Jalisco. Se encontrando que la proporción sexual favorece a las hembras, y las tallas más abundantes son los organismos juveniles y los maduros jóvenes. *Goodea atripinnis* se encuentra bien establecida a lo largo del río con mayores abundancias en uno de los manantiales y en la parte final del río, mientras que para *Zoogoneticus purhepechus* decrece su abundancia en las partes bajas del río.

Proporción sexual

Para ambas especies, *G. atripinnis* y *Z. purhepechus*, las proporciones sexuales observadas favorecen más a las hembras que a los machos, este resultado obtenido es semejante a lo encontrado por Ramírez-García y colaboradores (2020) quienes evaluaron las mismas especies en el mismo río, y reportaron mayor abundancia de hembras. Aunque una población estable se describe como aquellas en la que la proporción sexual es 1:1, esto debido a que otorga a cada uno de los organismos de la población la misma oportunidad de tener un evento reproductivo y dejar descendencia (Fisher, 1930, Valenzuela et al., 2003). En poblaciones de peces vivíparos comúnmente se reporta una proporción mayor de hembras, tal es el caso de *Girardinichthys multiradiatus* (Cruz-Gómez et al., 2010; Cruz-Gómez et al., 2011; 2013; Navarrete-Salgado et al., 2007), *Hubbsina turneri* (Moncayo-Estrada, 2012), *Zoogoneticus tequila* (Medina-Nava et al., 2016). Por lo que podemos decir que las poblaciones de *G. atripinnis* y *Z. purhepechus* en el río Teuchitlán se encuentran estables.

Estructura de tallas

El mayor número de organismos recolectados fueron de las tallas uno y dos, existiendo diferencia significativa con la talla tres. La presencia de un mayor número en tallas reproductivas y pre-reproductivas también demuestran una estabilidad en las poblaciones de *G. atripinnis* y *Z. purhepechus*, ya que estas tallas aportan individuos que se incorporan en la población y estos a su vez tienen la oportunidad

de pasar a la siguiente etapa (Morlans, 2004), siendo esto una tendencia en diversas poblaciones (todas) de peces estudiadas, incluyendo Goodeidos (Ramírez-García et al., 2020).

Distribución espacial

Goodea atripinnis se encuentra distribuida a lo largo del río en proporciones elevadas, siendo más abundante en el sitio dos (sección de manantiales), donde hay mayor probabilidad de captura, y el sitio cinco (parte final del río). *Goodea atripinnis* es descrita como una especie generalista, con alta capacidad de resistencia a estresores ambientales, tolerante a la perturbación humana (López-López y Paulo-Maya, 2001), lo que le permite habitar y desarrollarse en todos los sitios del río, independientemente de sus condiciones ambientales. La mayor abundancia de la especie en el sitio 2 y 5 puede deberse aunado a esto, las características del sitio dos, le permiten mantener sus abundancias, puesto que es un sitio con vegetación acuática, la mitad de las riberas se encuentran de manera natural y es un sitio que da el aporte de agua puesto que es un manantial, el fondo es arcilloso con rocas, estas características han sido reportadas por varios autores como hábitat asociados a la distribución de los goodeidos (Lyones et al., 2019).

Zoogoneticus purhepechus presenta su mayor abundancia en el sitio tres, con una probabilidad de captura del 100%. Se conoce que *Zogoneticus purepechus* y las especies hermanas del género tienen preferencia por hábitats con vegetación, tanto con fines de alimentación, como reproductivos y de protección (Domínguez-Domínguez et al. 2008; Lyones et al., 2019; Moncayo-Estrada 1996). Por lo que el sitio 3, que presenta condiciones de calidad de agua aceptables y una vegetación abundante, pueden estar favoreciendo la mayor presencia de esta especie.

Distribución temporal

Las abundancias a lo largo del ciclo de muestreo presentaron un patrón similar en los dos años de colecta para ambas especies. *Goodea atripinnis* aumenta su abundancia de febrero a septiembre y *Z. purhepechus* de octubre a enero. Debido a que este aumento de abundancia se relacion con un mayor número de individuos

de la talla 1 estos ciclos de mayores abundancias parecen estar relacionados con los periodos reproductivos reportados para estas especies en Teuchitlán, ya que *G. atripinnis* tiene un periodo reproductivo en los meses de enero a julio y *Z. purhepechus* en los meses de septiembre a noviembre (Domínguez-Domínguez, Pérez-Rodríguez y Doadrio, 2008; Koeck y Maiz-Tome, 2019).

5. Conclusión

A continuación, se presentan las conclusiones alcanzadas para cada especie.

G. atripinnis

- Las hembras presentan mayor número de organismos a comparación de los machos y las tallas 2 y 1 son las más abundantes, esto refleja una población estable.
- *G. atripinnis* se encuentra preferentemente en sitios con mayor carga de materia orgánica como es el S2 y S5.
- La mayor abundancia para la especie se encuentra presente en Secas Cálidas (SC) en los meses de febrero a mayo y Lluvias (LI) de junio a septiembre, comprendiendo el periodo de mayor actividad reproductiva.

Z. purhepechus

- Presenta un mayor número de hembras y menor número de machos, así como organismos más abundantes en tallas 2 y 1, reflejando una población estable.
- La preferencia de *Z. purhepechus* por el S3, se debe a su alimentación ya que al ser carnívoro este sitio lo provee de ítems alimentarios suficientes.
- Dentro de la temporada de Secas Frías (SF) que comprende de octubre a enero, correspondiente a la época reproductiva se presenta mayor abundancia de organismos.

Bibliografía

- Álvarez-Grzybowska, E. (2016). Inventario de los anfibios y reptiles del sitio arqueológico Guachimontones y sus alrededores en Teuchitlán, Jalisco, México (Tesis de Licenciatura). Universidad De Guadalajara, Jalisco, México.
- Bain, M. B., Finn, J. T., Booke, H. E. (1988). Streamflow regulation and fish community structure. *Ecology*, 69(2), 382-392.
- Cotler, H., Gutiérrez, S., (2005). Inventario y evaluación de presas de la Cuenca Lerma-Chapala. Instituto Nacional de Ecología, México.
- Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A., Vázquez-López H. 2013. Reproductive aspects of yellow fish *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) (Pisces:Goodeidae) in the Huapango Reservoir, State of México, México. *American Journal of life Sciences*. 1(5): 189-194. Doi: 10.11648/j.ajls.20130105.11
- Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A.C., Vázquez-López H. 2010. Madurez sexual y reproducción de *Girardinichthys multiradiatus* (Meek, 1904) en un embalse del poblado de San Martín, Querétaro, México. *BIOCYT: Biología, Ciencia y Tecnología*. 3(9): 94-106.
- Cruz-Gómez A., Rodríguez-Varela A.C., Vázquez-López H. 2011. Reproductive aspects of *Girardinichthys multiradiatus*, meek 1904 (Pisces: Goodeidae), *BIOCYT: Biología, Ciencia y Tecnología*. 4(13): 215-228.
- De la Vega-Salazar M. Y. 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Revista de Biología Tropical*. 54:163-177.
- De La Vega-Salazar MY, Ávila-Luna E, Macías-García C, 2003. Ecological evaluation of local extinction: the case of two genera of endemic Mexican fish, *Zoogoneticus* and *Skiffia*. *Biodiversity and Conservation* 12(10): 2043-2056
- Domínguez-Domínguez O, Pérez-Rodríguez R, Doadrio I. 2008. Morphological and genetic comparative analyses of populations of *Zoogoneticus quitzeoensis*

- (Cyprinodontiformes: Goodeidae) from Central Mexico, with description of a new species. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79: 373-383.
- Dzul-Caamal R, Olivares-Rubio HF, Medina-Segura CG, Vega-López A. 2013. Endangered Mexican fish under special protection: Diagnosis of habitat fragmentation, protection, and future—a review. En Lucas-Borja M. E. (Ed.) *Endangered species: habitat, protection and ecological significance*. Nova Science Publishers, New York, 109-130.
- Fisher, I. (1930). *Theory of interest: as determined by impatience to spend income and opportunity to invest it*. Augustusm Kelly Publishers, Clifton.
- Gilvear, D. J., Spray C. J., Casas-Mulet R. 2013. River rehabilitation for the delivery of multiple ecosystem services at the river network scale. *Journal of environmental management* 126: 30-43.
- Knutson M., Sauer J. R., Olsen D. A., Mossman M. J., Hemesath L. M., Lannoo M. J. 1999. Effects of landscape composition & wetland fragmentation on frog & toad abundance & species richness in Iowa & Wisconsin, E.U.A. *Conserv. Biol.* 13 (6): 1437-1446.
- Koeck, M. 2019. *Zoogoneticus purhepechus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T82627914A82627918. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T82627914A82627918.en>. Downloaded on 30 January 2020.
- Koeck, M., Maiz-Tome, L. 2019. *Goodea atripinnis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T133768576A1276740. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T133768576A1276740.en>. Downloaded on 30 January 2020.
- López López E, Paulo-Maya J. 2001. Changes in the fish assemblages in the upper río Ameca, México. *Journal of Freshwater Ecology* 16(2): 179-187.
- Lyons, J., Piller K. R., Artigas-Azas J. M., Dominguez-Dominguez O., Gesundheit P., Köck M., Medina-Nava M., Mercado-Silva N., Ramírez-García A., Findley

- K. M. 2019. Distribution and current conservation status of the Mexican Goodeidae (Actinopterygii, Cyprinodontiformes). *ZooKeys*, 885, 115.
- Miller RR, Minckley WL, Norris SM. 2005. *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press.
- Moncayo-Estrada R. 2012. Análisis histórico de la biología de la cherehuita (*Hubbsina turneri*) (Pisces:Goodeidae), especie endémica y en peligro de extinción de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 18(1): 101-110. Doi: 10.5154/r.rchscfa.2011.02.020
- Moncayo-Estrada, R. (1996). Estructura y función de la comunidad de peces de la laguna de Zacapu, Michoacán, México (Tesis de maestría). Instituto Politécnico Nacional, Centro Interdisciplinario De Ciencias Marinas, La Paz, Baja California Sur, México.
- Morláns, M.C. 2004. Introducción a la ecología de poblaciones. Área Ecología. Editorial Científica Universitaria - Universidad Nacional de Catamarca ISSN: 1852-3013
- Navarrete-Salgado N.A., Cedillo-Díaz B.E., Contreras-Rivero G., Elías-Fernández G. 2007. Crecimiento, reproducción y supervivencia de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse San Miguel Arco, Estado de México. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. 13(1): 15-21.
- Pintor-Anguiano, E. 2014. Diagnóstico y plan municipal de desarrollo rural sustentable de Teuchitlán, Jalisco, Gobierno del Estado de Jalisco, 59 pp.
- Ramírez-García A., Piller K. R., Ramírez-Herrejón J. P., Medina-Nava M., Hernández-Morales R., Domínguez-Domínguez O. 2020. Reproductive biology of three native viviparous species in Teuchitlán River, México. *Neotropical Ichthyology*.
- Romano, L. A. (2016). Bioindicadores de contaminación acuática en peces. *Revista AquaTIC*, (7).

- SEMADET Jalisco. 2014. Programa de conservación y manejo presa de la Vega. Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco.
- SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Diario Oficial de la Federación (DOF), jueves 30 de diciembre de 2010.
- Silva-Santos, J. R., Martínez-Saldaña, M. C., Rico-Martínez, R., Luis, J. 2016. REPRODUCTIVE BIOLOGY OF *Goodea atripinnis* (JORDAN, 1880) (CYPRINODONTIFORMES: GOODEIDAE) UNDER CONTROLLED CONDITIONS. *Journal of Experimental Biology*, 4, 2.
- Silvertown, J., Lovett-Doust J. 1993. Introduction to Plant Population Biology. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Sturges H.A. 1926. The choice of a class interval. *Journal of the America Statistical Association*. 1926; 21:65-66.
- Tagliafico, A., González, L. W., Eslava, N. (2008). Estimación de los parámetros de crecimiento y reproducción de la sardina (*Sardinella aurita*) del Sureste de la Isla de Margarita, Venezuela.
- Toledo, A., Bozada, L. (2002). El delta del río Balsas. Medio ambiente, pesquerías y sociedad.
- Valenzuela N, Adams DC, Janzen FJ. 2003. Pattern does not equal process: exactly when is sex environmentally determined? *The American Naturalist*. 161(4):676-683. Doi:10.1086/368292