

**Informe final\* del Proyecto NE002**  
**Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: Primera Fase\***

**Responsable:** Dr. Omar Domínguez Domínguez  
**Institución:** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Facultad de Biología  
**Dirección:** Edificio R Planta Baja, Morelia, Mich, 58030, México  
**Teléfono/Fax:** Tel:045 (443) 3 95 15 00, Fax: 443 3167412  
**Fecha de inicio:** Agosto 15, 2016.  
**Fecha de término:** Septiembre 23, 2020.  
**Principales resultados:** Base de datos, Hojas de cálculo, fotografías, informe final.  
**Forma de citar\*\* el informe final y otros resultados:** Hernández-Morales, R., Medina-Nava, M., Tafolla-Venegas, D., Herrerías-Diego, Y., Escalante-Jiménez, L., Escalera-Vázquez, L. H, Hernández-Valencia, F. y O. Domínguez-Domínguez. 2020. Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: primera fase. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. **Informe final SNIB-CONABIO. Proyecto No. NE002.** Ciudad de México.

**Resumen:**

El presente proyecto surge del programa de conservación de Goodeidos en peligro de extinción que se ha venido desarrollando en las instalaciones de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo desde el año 1998. En este proyecto, con apoyo de organizaciones internacionales, principalmente de Estados Unidos y Europa, se han mantenido 36 especies de Goodeidos por más de 10 años, algunos de los cuales se mantienen en condiciones de semicautiverio desde hace cinco años. El programa de conservación surgió de la urgente necesidad de resguardar de la extinción a este grupo de peces endémico del centro de México, sin embargo, el mantenimiento de estas especies en cautiverio es una solución parcial que debe ser acompañada con acciones en campo. En este proceso, al menos cinco especies han desaparecido de su medio natural, por lo que se ha planteado la posibilidad de reintroducirla a su región de origen a una de las que se tenían resguardada, *Zoogoneticus tequila*. Por lo que el presente proyecto surge con el apoyo del Zoológico de Chester, el Grupo de Trabajo en Godeidos de Europa y la asociación Zoológica de Alemania, los cuales han impulsado este proyecto con fondos parciales.

- 
- \* El presente documento no necesariamente contiene los principales resultados del proyecto correspondiente o la descripción de los mismos. Los proyectos apoyados por la CONABIO así como información adicional sobre ellos, pueden consultarse en [www.conabio.gob.mx](http://www.conabio.gob.mx)
  - \*\* El usuario tiene la obligación, de conformidad con el artículo 57 de la LFDA, de citar a los autores de obras individuales, así como a los compiladores. De manera que deberán citarse todos los responsables de los proyectos, que proveyeron datos, así como a la CONABIO como depositaria, compiladora y proveedora de la información. En su caso, el usuario deberá obtener del proveedor la información complementaria sobre la autoría específica de los datos.



## INFORME TÉCNICO

PROYECTO:

NE002

Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales del Río  
Teuchitlán, Jalisco: Primera fase



صندوق محمد بن زايد  
للمحافظة على  
الكائنات الحية

The Mohamed bin Zayed  
SPECIES CONSERVATION FUND





## INFORME TÉCNICO DEL PROYECTO NE002

### Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: primera fase

**Responsable:** Dr. Omar Domínguez Domínguez

**Institución:** Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo  
Facultad de Biología

**Dirección:** Edificio "R" Planta Baja, Ciudad Universitaria, Avenida  
Francisco J. Mújica S/N. Colonia Felicitas del Río, C.P.  
58040, Morelia, Michoacán

**Teléfono / Fax:** (443) 3 16 7412

**Fecha de inicio del  
período del informe:** 15 de agosto de 2016

**Fecha de término del  
período del informe:** 15 de agosto de 2018

**Principales  
resultados:**

- 1 informe técnico
- 4 archivos de Excel con bases de datos
- 6 archivos de Excel con metadatos de fotografías
- 4 videos en formato mp4
- 60 fotografías de peces
- 59 fotografías de organismos parásitos de peces
- 50 fotografías de organismos del fitoplancton
- 9 fotografías de organismos del zooplancton
- 10 fotografías del proceso de reintroducción
- 2 videos del proceso de reintroducción
- 14 fotografías de sitios de colecta
- 3 programas técnicos vigentes



**Forma de citar el informe final y otros resultados:** Hernández-Morales, R., M. Medina-Nava, D. Tafolla-Venegas, Y. Herrerías-Diego, L. Escalante-Jiménez, L. H. Escalera-Vázquez, F. Hernández-Valencia y O. Domínguez-Domínguez. 2018. Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: primera fase. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. Informe CONABIO proyecto NE002. Morelia, Michoacán, México.

**Forma de citar hoja de cálculo:** Hernández-Morales, R., M. Medina-Nava, D. Tafolla-Venegas, Y. Herrerías-Diego, L. Escalante-Jiménez, L. H. Escalera-Vázquez, F. Hernández-Valencia y O. Domínguez-Domínguez. 2018. Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: primera fase. Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología. Hoja de cálculo CONABIO proyecto NE002. Morelia, Michoacán, México.





## PROYECTO NE002

### Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: primera fase

#### INFORME TÉCNICO

*Responsable:*

Dr. Omar Domínguez Domínguez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Facultad de Biología,  
Laboratorio de Biología Acuática "J. Javier Alvarado Díaz"

*Corresponsable:*

M.C. Rubén Hernández Morales

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología.

*Colaboradores:*

Dra. Martina Medina Nava

Biól. David Tafolla Venegas

Dra. Yvonne Herrerías Diego

M.C. Leticia Escalante Jiménez

Dr. Luis Humberto Escalera Vázquez

Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. Facultad de Biología



## CONTENIDO GENERAL

Numeral		Pág
1	Introducción general y antecedentes	5
2	Objetivos	9
3	Descripción del área	10
4	Caracterización ambiental	15
5	Caracterización de las comunidades planctónicas y macroinvertebrados	54
6	Caracterización de la ictiofauna y sus interacciones.	102
7	Pre-introducción de <i>Zoogoneticus tequila</i>	182
8	Reintroducción	212
9	Programa de educación ambiental	233
10	Conclusiones generales del proyecto	262
11	Referencias	263

## RESUMEN

El presente documento, incluye el informe técnico del proyecto NE002: Reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán, Jalisco: primera fase (pre-reintroducción), el cual se desarrolló del 15 de agosto de 2016 al 15 de agosto del 2018. En este tiempo se han implementado: el programa de monitoreo de la calidad del agua y comunidades bióticas, el plan de monitoreo de especies exóticas y las estrategias de mitigación de estas, la elección de los sitios mas idóneos para la reintroducción de la especie, así como la estrategia de Educación Ambiental, y aunque no estaba comprometido en la primera fase del proyecto, se logro la reintroducción de la especie *Zoogoneticus tequila*. Como productos de la implementación de dichos programas, se dan a conocer los resultados en: 1) caracterización ambiental, 2) caracterización de las comunidades planctónicas y macroinvertebrados, 3) Caracterización de la ictiofauna y sus interacciones, 4) Pre-introducción de *zoogoneticus tequila*, 5) Reintroducción y 6) Programa de Educación ambiental. Debido a que este proyecto contemplo una primera fase, y por ende hace falta más tiempo de monitoreos y trabajo en la comunidad para poder dar una conclusión definitiva del proyecto, la reintroducción se puede considerar exitosa, pues las poblaciones de la especie reintroducida *Zoogoneticus tequila* se estableció y al parecer su población va en crecimiento. Por lo que la aproximación que se siguió en el presente proyecto se considera adecuada para la reintroducción de especies de peces de la familia Goodeidae extintas en su medio natural y que serán reintroducidas a la naturaleza. Los estudios realizados previos a la reintroducción ayudaron a entender el funcionamiento del sistema acuático, las posibles amenazas para la especie a reintroducir, los sitios mas adecuados para la reintroducción y tomar las medidas necesarias para asegurar el éxito de la reintroducción. Sin embargo, la segunda fase del proyecto, que es el seguimiento de las poblaciones de *Z. tequila* son muy importates para asegurar que la población se estableció y que presenta una tendencia a la estabilidad, asegurando su permanencia en el largo plazo. En la parte de Educación Ambiental se observo un incremento en el conocimiento y la conciencia de los pobladores en

relación a la conservación de los recursos acuáticos, de igual forma se dejaron grupos organizados que estarán trabajando en este proyecto a largo plazo y se observó un interés por parte del ayuntamiento en relación a los temas ambientales.

Palabras clave: *Zoogoneticus tequila*, Goodeidae, reintroducción, Teuchitlán, Jalisco.

## 1. Introducción general y antecedentes

La cuenca del río Ameca, en el centro de México, es de gran importancia biológica debido a que se ha identificado como un centro de endemismo para la ictiofauna (Miller y Smith, 1986), esta región alberga una cantidad importante de especies endémicas no compartidas con otros cuerpos de agua del centro de México (Domínguez-Domínguez et al., 2008a). La microcuenca del río Teuchitlán se encuentra dentro de la cuenca Presa de la Vega-Colula, en la porción alta de la cuenca del Ameca, se han descrito por lo menos cuatro especies de peces cuya distribución está restringida solo a este río y manantiales aledaños, *Notropis amecae*, *Skiffia francesae*, *Ameca splendens* y *Zoogoneticus tequila*. Dentro de estos endemismos, una de las especies de mayor interés es *Zoogoneticus tequila* endémica a los manantiales de la cabecera del río Teuchitlán, a los alrededores del poblado del mismo nombre, en el estado de Jalisco (Webb y Miller, 1998). Fue considerada extinta en la naturaleza en la NOM-059-ECOL-2002, sin embargo De la Vega-Salazar et al., (2003) reporta el descubrimiento de una muy reducida población en un manantial de cuatro metros de diámetro en la cabecera del río Teuchitlán, Jalisco. Sin embargo; desde entonces, diversas jornadas de campo realizadas por diferentes grupos de investigación en dicho manantial han fallado en encontrar ejemplares de esta especie. Aunado a ello, se ha realizado una intensa búsqueda en otros 23 manantiales aledaños al poblado de Teuchitlán sin que se tengan resultados satisfactorios, por lo que algunos autores los siguen considerando como extinto en la naturaleza (Domínguez-Domínguez et al., 2008a). Las causas de extinción de la especie son en realidad desconocidas. Diversos autores han argumentado sobre dichas causas, identificando factores como la eutroficación (De La Vega-Salazar et al., 2003), introducción de especies exóticas y su ámbito geográfico restringido (Webb y Miller, 1998; Domínguez-Domínguez et al., 2008a), la baja calidad ambiental e integridad biótica de la zona (Mercado-Silva et al., 2002) y la recolecta por acuaristas y científicos insensibles (De La Vega Salazar et al. 2003). Sin embargo, estudios recientes no han encontrado indicios de que las especies introducidas afecten de manera significativa la sobrevivencia de *Z. tequila* (Escalera-Vázquez et al., 2016; De La Vega Salazar et al., 2003) e incluso

se ha reportado una calidad de agua óptima para la vida acuática en los manantiales en los cuales se tiene registro histórico de la presencia de esta especie (De La Vega Salazar *et al.*, 2003; López-López *et al.*, 2004), por lo que, los datos contradictorios encontrados en los diferentes trabajos y el no conocer las condiciones ambientales y ecológicas de los manantiales de Teuchitlán y la situación de *Z. tequila* previo a su extinción, hace difícil saber con certeza las causas de la pérdida de ésta especie (De La Vega Salazar *et al.*, 2003) y por ende es complicado plantear un trabajo con bases sólidas sobre el cual se sustente una reintroducción exitosa, teniendo necesariamente que partir de un estudio de la condición ambiental y del hábitat del lugar donde se pretende reintroducir la especie y sus alrededores.

Muchos son los trabajos que hablan de la reintroducción de especies cautivas, del éxito de reintroducción de especies en localidades con afectaciones ambientales e incluso de las posibilidades de éxito en especies genéticamente deprimidas (Beck *et al.*, 1994; Shute *et al.*, 2005; Bearlin *et al.*, 2002; Huff *et al.*, 2011). En estudios realizados en torno a trastornos patológicos en *Z. tequila* no se han encontrado enfermedades infecciosas, y un bajo porcentaje de problemas como escoliosis, opacidad de los ojo o flacidez abdominal han sido reportadas, por lo que se considera que las poblaciones cautivas no presentan rasgos que hagan pensar un mal manejo de las poblaciones en cautiverio (Arbuatti *et al.*, 2013). En relación a la diversidad genética, Boto y Doadrio (2003) reportan una diversidad genética baja para *Z. tequila* al compararla con su especie hermana *Z. quitzeoensis*. Mientras que Bailey *et al.* (2007) reportan que la diversidad genética de la población silvestre de *Z. tequila* reportada por De La Vega-Salazar *et al.* (2003) no es significativamente diferente que aquellas que se encuentran en cautiverio, sugiriendo fuerte reducción de su población y de su variación genética de forma natural. Estos autores no consideran que una baja diversidad genética sea una causa directa de extinción, incluso reportan que las poblaciones que se mantienen en cautiverio no han mostrado indicios claros de problemas asociados a la pérdida de diversidad genética. Por lo que, una de las condiciones más importantes es la capacidad de la especie objeto de la reintroducción a adaptarse y sobrevivir a diferentes condiciones ambientales, en este sentido, *Z. tequila* se ha identificado como una especie con

alta resiliencia, pues ha logrado sobrevivir durante al menos 12 años en condiciones de cuellos de botella poblacionales y la destrucción de su hábitat (De La Vega-Salazar *et al.*, 2003).

En el laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología-UMSNH se han realizado diversas investigaciones y acciones en torno a la conservación y manejo de las especies de Goodeidos: Desde 1998 se han mantenido en cautiverio 39 especies de Goodeidos, incluyendo un lote de la especie *Z. tequila* donados por el Zoológico de Chester, Inglaterra y traídos a México por el acuarista Ivan Dibble. Dentro del programa de conservación y desde hace cinco años, se mantienen en condiciones de semi-cautiverio varias especies de Goodeidos, entre ellos *Z. tequila*. En los estanques rústicos donde son mantenidos se ha adaptado a conseguir su alimento, a sortear depredadores y a sobrevivir en condiciones semi-naturales, lo que da una mayor certidumbre a la adaptación de las poblaciones a las condiciones naturales al momento de la reintroducción. Incluso en las poblaciones en estanques rústicos mantenidas en el Laboratorio de Biología Acuática, *Zoogoneticus tequila*, en comparación con las otras especies mantenidas en dicho estanque (*Allotoca goslinae*, *Neotoca bilineata*, *Ataeniobuis toweri* y *Characodon lateralis*), ha sido registrada como la especie más exitosa, con un mayor número de individuos en la población, así como una mayor tasa de reproducción y reclutamiento (datos no publicados).

A pesar de ello, el éxito de las estrategias de conservación, reducción de los impactos y restauración de los ecosistemas depende de la disponibilidad de métodos de evaluación ambiental adecuados y su aplicación, más aún cuando no se tienen datos precisos del hábitat y las poblaciones antes de su desaparición en la naturaleza.

En este sentido, se reconoce que la mejor manera de estimar los efectos del impacto de las actividades humanas sobre los ecosistemas acuáticos es evaluando la calidad ambiental, esto a través de la estimación de la integridad de sus componentes biológicos y la valoración de la calidad del hábitat, en conjunto con la determinación de la calidad del agua. De esta manera, es posible: i) caracterizar la existencia y severidad de daños en los recursos acuáticos, ii) detectar y cuantificar

las fuentes y causas de degradación ambiental, iii) establecer la significancia de la acumulación y combinación de los efectos de las alteraciones humanas sobre los ecosistemas acuáticos, iv) evaluar la efectividad de las acciones de control de la contaminación y restauración en ambientes acuáticos y v) caracterizar los atributos bióticos de las condiciones de referencia, es decir, de hábitats en buen estado de conservación (Lyons *et al.*, 1995; 2000; Mercado-Silva *et al.*, 2002; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2012). La caracterización del hábitat donde habitan las especies de peces endémicas y en grave riesgo del centro de México es un aspecto fundamental en la comprensión de la interacción de las especies y su ambiente, ya que algunos de los factores que rigen la presencia y permanencia de las poblaciones biológicas están estrechamente ligados al nicho fundamental y al nicho realizado.

De igual forma, los programas de conservación de la vida silvestre, como es el caso de la reintroducción de especies nativas en medios naturales, requieren de la participación y apropiación de las propuestas desde una perspectiva horizontal; es decir, a través de la colaboración conjunta con los pobladores de la zona.

Por lo que el presente informe presenta los resultados obtenidos en estos dos años de investigación en torno a: 1) calidad del agua, 2) calidad ambiental a través de la valoración de la calidad del hábitat, 3) riqueza y abundancia del zooplancton y macroinvertebrados, 4) grado de contaminación de los ecosistemas de agua dulce con base en el sistema de saprobios (bioindicadores), 5) estructura de la comunidad de peces en cuanto a sus atributos así como de las posibles interacciones bióticas, 6) índice de integridad biótica (IBI) en los sistemas acuáticos de la subcuenca, 7) interacciones biológicas entre la especie que se pretende reintroducir y las especies que se encuentran en las zonas tanto nativas como introducidas, incluyendo los parásitos, 8) plan de monitoreo de especies exóticas y medidas de mitigación, 9) el programa de educación ambiental y 10) los resultados preliminares del proceso de reintroducción de *Z. tequila* en el río Teuchitlán, Jalisco.



## **2. Objetivos**

### **General**

Lograr la reintroducción exitosa de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán.

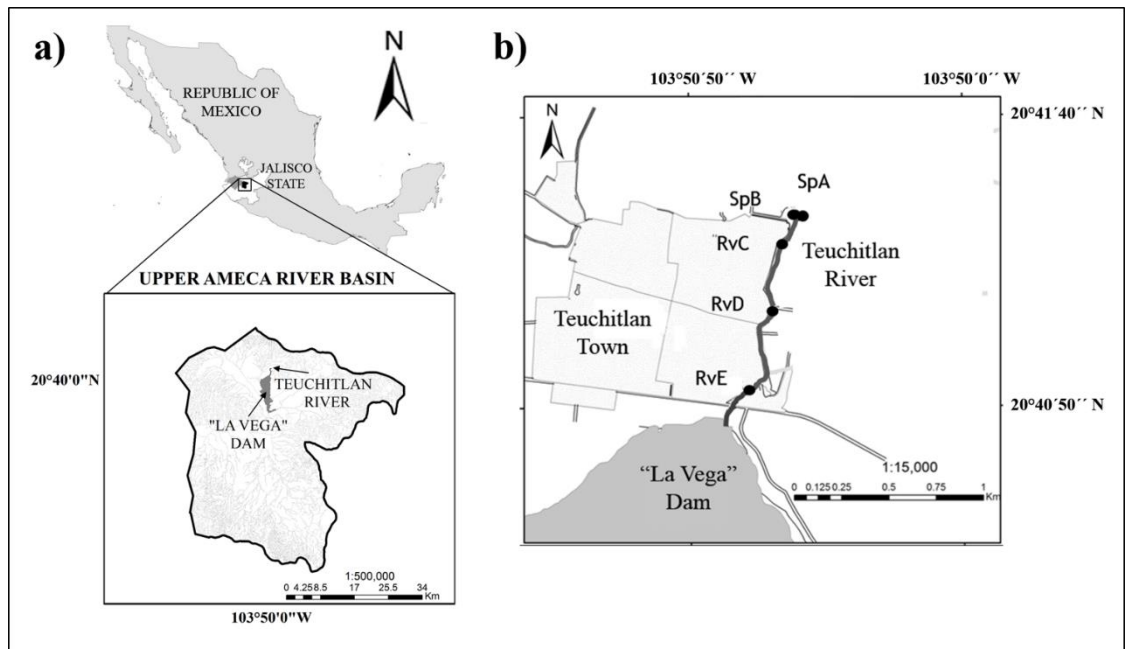
### **Particulares**

1. Delimitar la configuración electroquímica de los sistemas acuáticos a estudiar, evaluando la calidad del agua con base en el índice ICA de la Comisión Nacional del Agua.
2. Evaluar la calidad ambiental a través de la valoración de la calidad del hábitat.
3. Evaluar la riqueza y abundancia del Zooplancton.
4. Evaluar mediante bioindicadores de la comunidad del zooplancton el grado de contaminación de los ecosistemas de agua dulce, con base en el sistema de saprobios.
5. Evaluar la estructura de la comunidad de peces en cuanto a sus atributos así como, de las posibles interacciones bióticas.
6. Aplicar el Índice de Integridad biótica (IBI) en los diferentes sistemas acuáticos de la subcuenca.
7. Evaluar las interacciones biológicas entre la especie que se pretende reintroducir y las especies que se encuentran en la zona, tanto nativas como introducidas.
8. Establecer poblaciones viables de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales de Teuchitlán.
9. Establecer un programa de educación ambiental en torno a los ambientes acuáticos de la zona en el centro interpretativo Guachimontones.

### 3. Descripción del área

#### 3.1. Ubicación

El proyecto se desarrolló en el municipio de Teuchitlán ubicado en la Región Hidrológica número 14 Ameca, entre los paralelos 20°34' y 20°28' latitud norte y entre los meridianos 103°44' y 103° 55' de longitud oeste (Fig. 3.1). La altitud en la que se encuentra el municipio es entre los 1300 y 2100 msnm. Teuchitlán colinda en la parte norte con los municipios de Ahualulco de Mercado y Amatitán, en la parte este con los municipios de El Arenal, Tala y Amatitán; la parte sur con los municipios de Tala, Ameca y San Martín Hidalgo y en la parte oeste con Ameca y Ahualulco de Mercado.



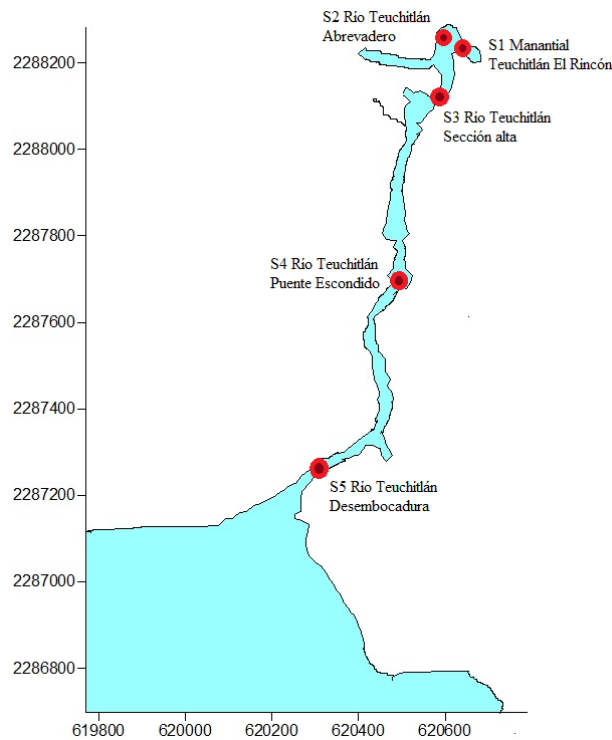
**Figura 3.1.** Ubicación geográfica de la zona de estudio.

El sitio de estudio abarca el río Teuchitlán, desde su nacimiento en los manantiales del rincón, hasta su desembocadura con el reservorio de La Vega. Se eligieron cinco sitios, dentro de un transecto que abarca 1.08 km lineales (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2), los cuales corresponden a topofomas hidrológicas tipo manantial y un río de primer orden. Los primeros tres sitios se ubican en la cabecera del río Teuchitlán, mientras que los subsecuentes se localizan a lo largo de la porción central del cauce principal,

hasta la sección alta de la presa de La Vega. Estos sitios fueron elegidos para incluir la variación ambiental visual presente en el río.

**Cuadro 3.1.** Sitios de muestreo.

Topoforma Hidrológica	Sitios	Coordenadas geográficas		Altitud msnm
		Latitud Norte	Longitud Oeste	
Manantial Aluvial	S1 Manantial Teuchitlán; El Rincón	20° 41' 22.0"	-103° 50' 29.82"	1266
	S2 Río Teuchitlán; Abrevadero	20° 41' 23.88"	-103° 50' 30.84"	1266
Río Teuchitlán	S3 Río Teuchitlán; Sección alta	20° 41' 19.20"	-103° 50. 31.40"	1265
	S4 Río Teuchitlán; Puente Escondido	20° 41' 6.66"	-103° 50' 34.86"	1265
	S5 Río Teuchitlán; Desembocadura	20° 40' 50.88"	-103° 50' 38.22"	1265



**Figura 3.2.** Ubicación geográfica de los sitios de colecta en Teuchitlán, Jalisco

### 3.2. Características de los sitios de muestreo

El sitio 1 es el manantial Teuchitlán, dentro del balneario El Rincón, este sitio está totalmente modificado para uso recreativo (Fig. 3.3), siendo estanques de concreto en forma de piscinas, es utilizado por los pobladores de la región como balneario. Es alimentado por manantiales permanentes que mantienen un flujo continuo. El fondo es pedregoso con piedras y rocas de diversos tamaños, carece de vegetación acuática



**Figura 3.3.** Manantial Teuchitlán, dentro del balneario El Rincón

El sitio 2 es el abrevadero, ubicado a un costado de los manantiales del balneario El Rincón, es alimentado por algunos manantiales y es usado como abrevadero para ganado. La turbidez del agua depende de la época del año. Presenta vegetación flotante, enraizada emergente y árboles de higuera en su margen (Fig. 3.4). El nivel del agua es mantenido por una compuerta. El fondo está compuesto principalmente por limo.



**Figura 3.4.** Sitio 2, abrevadero.

El Sitio 3 es la sección alta del río Teuchitlán, la mayor parte del año está cubierta de vegetación flotante y en sus orillas se encuentran arboles de sauce y vegetación enraizada emergente (Fig. 3.5). El fondo está compuesto principalmente por limo.



**Figura 3.5.** Sitio 3, sección alta del río Teuchitlán.

El sitio 4, está ubicado en la parte media del río, es utilizado para actividades recreativas como la pesca, así como recorridos en lancha. Presenta pequeños manchones de vegetación acuática conformada por pasto principalmente (Fig. 3.6). El fondo es principalmente limoso.



**Figura 3.6.** Sitio 4, sección media del río, utilizada con fines recreativos.



Sitio 5, está ubicado en la parte final del río Teuchitlán, justo antes de su desembocadura con el reservorio de La Vega (Fig. 3.7). Se caracteriza por presentar materia orgánica visible por la descarga aguas residuales domésticas. Presenta pequeños manchones de vegetación acuática conformada por pasto principalmente. El fondo es principalmente limoso.



**Figura 3.7.** Sitio 5, parte final del río Teuchitlán, justo antes de su desembocadura al reservorio de La Vega.

## **4. Caracterización ambiental**

### **4.1. Introducción**

La zona de estudio se encuentra inmersa en un área de la cuenca del Río Ameca, donde se llevan a cabo diversas actividades del sector primario como es la agricultura, actividad que directa o indirectamente causa impacto al sistema acuático. Otra consideración es el crecimiento de la zona urbana, dado el riesgo latente de la presencia de descargas de agua residual sin tratamiento, además de la escorrentía que transporta material particulado, debido a los procesos de erosión en la cuenca. Por lo cual, en la presente sección, se presenta la descripción geomorfológica, fisicoquímica y microbiológica de los posibles sitios para la repoblación de *Zoogoneticus tequila* en el medio natural.

Por un lado, la caracterización fisicoquímica y microbiológica involucra el uso del índice de calidad del agua adaptado para México por León (1991). En cuanto a la

caracterización física es una herramienta que se utiliza para conocer la condición en que se encuentran los cuerpos de agua. Estos proveen de información reciente e histórica de los sitios bajo estudio, ayudando a interpretar el pasado y el presente de los sucesos biológicos. Esta evaluación se toma con la finalidad de reconocer las alteraciones físicas del ecosistema acuático y la condición de la vegetación riparia y acuática, la disponibilidad de refugio para los peces, o las modificaciones estructurales en la línea de costa de los lagos y el grado de canalización en los ríos. En su conjunto (geomorfológica, fisicoquímica y microbiológica), aportarán información de la naturaleza de los disturbios a lo largo del río.

Para efectos de presentar los resultados se presenta una primera parte que es la configuración electroquímica y calidad del agua y posteriormente la descripción geomorfológica y la valoración de la calidad ambiental visual. En su conjunto dará una diagnosis del estado actual de las condiciones ambientales de los manantiales y río Teuchitlán.

## **4.2. Configuración electroquímica de los sistemas acuáticos e índice de calidad del agua**

### **4.2.1. Objetivo**

Delimitar la configuración electroquímica de los manantiales y el río Teuchitlán, evaluando la calidad del agua con base en el índice ICA de la Comisión Nacional del Agua.

### **4.2.2 Métodos**

#### **4.2.2.1 Eventos de recolección**

Se asistió al campo en los meses de septiembre y noviembre del 2016; enero, marzo, mayo, julio, septiembre y noviembre del 2017; enero, marzo, mayo y julio de 2018, en los cuales se registraron variables ambientales y se tomaron muestras para análisis en el laboratorio en salidas sistemáticas con una duración de ocho días cada una de ellas.

#### **4.2.2.2 Técnicas de campo**

En campo se trabajó con base en lo estipulado en el programa de monitoreo de la calidad del agua (Anexo 2), particularmente en los puntos 6.1.2, tomando en consideración las recomendaciones de los puntos 7.1, 7.2, 7.3 y 7.4.

#### **4.2.2.3 Técnicas de laboratorio**

El análisis de laboratorio se condujo en el Área de Análisis de Aguas del Laboratorio de Biología Acuática, de la Facultad de Biología, con base en lo establecido en el programa de monitoreo de la calidad del agua (Anexo 2), particularmente en los puntos 6.1.2 y 8.

#### **4.2.2.4. Obtención del índice de calidad del agua**

El Índice de Calidad del Agua (ICA), indica el grado de contaminación del agua en la fecha del muestreo y está expresado como un porcentaje del agua pura, por lo cual el agua altamente contaminada tendrá un ICA cercano o igual a cero por ciento, en tanto que, en el agua con excelente condición, el valor del índice será cercano a 100% (Semamat, 2007).

Los parámetros con los cuales se calculó el índice de calidad del agua son los siguientes: oxígeno disuelto (mg/L), demanda bioquímica de oxígeno (mg/L), pH, sólidos suspendidos (mg/L), sólidos disueltos (mg/L), conductividad eléctrica (mg/L), alcalinidad (mg/L), nitrógeno amoniacal (mg/L), fósforo total (mg/L), cloruros (mg/L), coliformes totales (NMP/100mL) y coliformes fecales (NMP/100 mL) con el peso indicativo ajustado al número de parámetros de la propuesta de León (1991), para el agua en México.

Para determinar la calidad del agua de los sitios de muestreo se realizó una comparación del promedio general obtenido por parámetro y sitio, contra lo establecido en el índice de calidad del agua (ICA), propuesto para México (SEMARNAT 2007), utilizando los estándares considerados en el cuadro 4, para comparar los resultados obtenidos de la siguiente ecuación:

$$ICA = \frac{\sum_{i=1}^n I_i W_i}{\sum_{i=1}^n W_i}$$

En donde:

ICA = Índice de calidad del agua



$I_i$  = Índice de calidad para el parámetro  $i$   
 $W_i$  = Coeficiente de ponderación del parámetro  $i$   
 $n$  = Número total de parámetros

**Cuadro 3.2.** Estándares del Índice de Calidad del Agua (ICA).

VALOR ICA	Clasificación	Color
85 – 100	Excelente No contaminada	Azul
70 – 84	Aceptable Aguas superficiales con bajo contenido de materia orgánica biodegradable	Verde
50- 69	Poco Contaminada Con indicio de contaminación, aguas superficiales con capacidad de autodepuración con descargas de aguas residuales tratadas biológicamente	Amarillo
30 – 49	Contaminada Aguas superficiales con descargas residuales crudas	Rojo
0 - 29	Altamente contaminada Aguas superficiales con fuerte impacto de descargas de aguas municipales y no municipales	Negro

SEMARNAT, (2001).

## 4.2.3 Resultados

### 4.2.3.1 Configuración electroquímica

(Caracterización fisicoquímica y microbiológica)

El sitio 1 (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2), corresponde a la topografía de manantial, confinado por una estructura sólida de 16.39 metros de diámetro, la cual tiene forma semicircular (Fig. 3.3). Es sistema perenne, que abastece de agua al centro recreativo “Balneario El Rincón”, en Teuchitlán, Jalisco, además de contribuir al aforo del río Teuchitlán.

Es un sistema somero, transparente, con una concentración de oxígeno óptima para la protección de la vida acuática. La carga de iones y sustancias inorgánicas disueltas, indican un agua poco mineralizada, la cual alberga una baja reserva alcalina permitiendo que el pH alcance un valor ligeramente ácido.

La carga de sustancias asociadas a cationes de calcio y magnesio permite catalogar al agua del sitio como blanda, esta categoría considera una concentración de carbonatos de 0 a 60 mg/L, dominado por el magnesio en los semestres I y III, y una ligera dominancia de calcio en el semestre II y IV, la cual posee una baja carga nutricional característica de ambientes mesotróficos de acuerdo con la escala de

Carlson. Con limitación por fósforo, inducida por la concentración de nitrógeno (Cuadros 4.1 y 4.2).

La concentración de sustancias sulfatadas es baja y decrece del semestre I al semestre II, incrementándose en el semestre III, decreciendo al semestre IV, al igual que la concentración de cloruros, característica de manantiales filonianos de tipo volcánico. La constitución química del agua contenida en el manantial indica la ausencia de contaminantes derivados de pesticidas y herbicidas de origen inorgánico (Cuadros 4.1 y 4.2).

La demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), indica que el sistema presenta una baja carga de materia orgánica hidrolizable, la cual alcanza una mineralización completa, catalogando al sistema como un manantial de agua aceptable, en cuanto a su calidad. Mientras que la concentración de clorofila "a" ratifica el bajo potencial productivo de su columna del agua, el cual decrece del semestre I al semestre III, con un incremento considerable en el semestre IV, mientras que la clorofila "b" incrementa en el semestre II, por un incremento de algas verdes, así como la clorofila "c", característica de diatomeas, la cual exhibe la máxima concentración en el semestre IV (Cuadros 4.1 y 4.2).

La turbidez del agua indica la presencia de aguas transparentes (100 %), la cual ha incrementado paulatinamente del semestre III al IV, asociado al incremento de material orgánico, como lo exhibe la concentración de sólidos volátiles y los sólidos totales.

El análisis microbiológico determina la presencia de organismos coliformes del tipo total y fecal en altas concentraciones para un manantial natural, atribuido a la presencia de materia fecal por contribución de la ictiofauna retenida en dicho manantial de forma circunstancial y temporal, con un incremento considerable en la carga bacteriana patógena del semestre I al semestre II, decreciendo en los semestres III y IV, particularmente en los coliformes de origen fecal (Cuadros 4.1 y 4.2).

**Cuadro 4.1.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 1.

S1 Manantial Teuchitlán El Rincón				
Variable	SEMESTRE I		SEMESTRE II	
	Desviación		Desviación	
	Promedio	estándar	Promedio	estándar
Temperatura del aire (°C)	25.17	12.6	27.13	1.75
Temperatura del agua (°C)	27.33	13.67	26.5	1.91
Profundidad (cm)	94.67	47.57	95.25	11.18
Transparencia (cm)	94.67	47.57	95.25	11.18
Oxígeno disuelto (mg/L)	5.93	2.97	5.96	0.49
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	188.97	98.85	144.25	4.85
Salinidad (‰)	0.1	0.05	0.1	0
Alcalinidad Total (mg/L)	99.33	49.68	83.75	22.87
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.47	3.23	6.45	0.13
Dureza Total (mg/L)	50.83	26.36	70.42	34.49
Dureza de Calcio (mg/L)	23	11.95	36.25	20.16
Dureza de Magnesio (mg/L)	27.83	16.36	34.17	18.18
Fosforo Total (mg/L)	0.18	0.15	0.16	0.12
Fosforo reactivo (mg/L)	0.07	0.04	0.07	0
Fosforo orgánico (mg/L)	0.11	0.14	0.09	0.12
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	0.67	0.57	1.36	0.26
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	0.25	0.31	0.1	0.32
Sulfatos (mg/L)	1.25	1.49	0.18	0.52
Cloruros (mg/L)	16.24	8.68	15.72	4.93
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2.37	1.71	2.54	1.47

Clorofila a (µg/L)	0.94	0.58	0.37	0.53
Clorofila b (µg/L)	0.79	0.72	22	18.07
Clorofila c (µg/L)	2.6	2.15	8.87	6.15
Sólidos Suspendidos (mg/L)	0.53	0.37	7.75	8.61
Sólidos Totales (mg/L)	86	86.14	201.45	15.95
Sólidos Volátiles (mg/L)	0	0	125	14.49
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.1	0.05	0	0
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	90.3	47.31	68.7	2.29
Turbidez (NTU)	0.42	0.4	0.33	0.38
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	2738.61	2371.71	3080.94	2053.96
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	2738.61	2371.71	3080.94	2053.96

**Cuadro 4.2.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 1.

S1 Manantial Teuchitlán El Rincón				
Variable	SEMESTRE III		SEMESTRE IV	
	Desviación		Desviación	
	Promedio	estándar	Promedio	estándar
Temperatura del aire (°C)	21.17	5.01	28.17	0.76
Temperatura del agua (°C)	26.67	0.58	27.00	0.00
Profundidad (cm)	97	2.65	91.50	10.48
Transparencia (cm)	94	5	91.50	10.48
Oxígeno disuelto (mg/L)	5.11	1.65	6.32	0.52
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	156.2	6.06	171.17	25.88

Salinidad (‰)	0.1	0	0.10	0
Alcalinidad Total (mg/L)	51.67	43.15	95.17	7.25
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.48	0.38	6.98	0.53
Dureza Total (mg/L)	51.17	43.89	50.22	2.36
Dureza de Calcio (mg/L)	26.03	22.9	26.67	5.77
Dureza de Magnesio (mg/L)	31.67	16.07	23.56	3.42
Fosforo Total (mg/L)	0.23	0.21	0.25	0.24
Fosforo reactivo (mg/L)	0.04	0.03	0.07	0.01
Fosforo orgánico (mg/L)	0.19	0.23	0.18	0.25
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	1.79	0.3	2.38	0.88
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	9.88	16.63	0.09	0.15
Sulfatos (mg/L)	30.8	38.58	0.77	0.33
Cloruros (mg/L)	18.33	2.89	13.33	3.82
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1.52	1.39	2.23	0.18
Clorofila a (µg/L)	0.12	0.1	6.92	11.94
Clorofila b (µg/L)	0	0	0	0
Clorofila c (µg/L)	6.82	1.06	115.10	193.29
Sólidos Suspendidos (mg/L)	0.8	0.53	0.40	0.40
Sólidos Totales (mg/L)	171.33	16.04	225.33	18.90
Sólidos Volátiles (mg/L)	96.03	13.81	143.20	14.90
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.03	0.06	0.33	0.58
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	74.5	3.03	81.73	12.55
Turbidez (NTU)	0.41	0.32	0.70	0.84

Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	2738.61	2371.71	1403.33	2342.80
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	1456.26	2300.1	41.33	38.64

El sitio 2, corresponde al inicio del río Teuchitlán (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2), utilizado de forma intermitente como abrevadero de ganado equino y vacuno, el agua se encuentra confinada por un pequeño bordo de 1 metro de altura (Fig. 3.4).

Es un sistema somero, trasparente en el semestre I y moderadamente transparente en los semestres II, III y IV, con una concentración de oxígeno disuelto óptima para la protección de la vida acuática, aunque la concentración de dicho gas decrece considerablemente en los semestres II, III y IV. La presencia de sustancias inorgánicas disueltas, indican un agua poco mineralizada, aunque la conductividad eléctrica registra un incremento en comparación con el agua que vierte el manantial, la cual alberga una baja reserva alcalina, con un pH ligeramente ácido (Cuadros 4.3 y 4.4).

La dureza total, permite catalogar al agua del sitio como blanda, con dominancia de magnesio en los semestres I y III y calcio en el semestre II y IV, la cual posee una baja carga nutrimental, ligeramente mayor a la del manantial, aunque dentro de la característica de ambientes mesotróficos de acuerdo con la escala de Carlson. Al respecto es importante destacar que en este sitio la concentración de nitrógeno aumenta significativamente, acentuando la limitación por fósforo (Cuadros 4.3 y 4.4).

La concentración de las formas reactivas del sulfato y cloruro es baja, la cual se incrementa del semestre I al semestre II, decreciendo al semestre IV. En dicho sector del río Teuchitlán no es evidente la presencia de contaminación inorgánica derivada de la actividad agrícola (Cuadros 4.3 y 4.4).

La demanda bioquímica de oxígeno, indica que el sistema presenta materia orgánica hidrolizable, la cual alcanza una mineralización completa, sin embargo, duplica su concentración del semestre I al semestre II, disminuyendo en el semestre

III, con un ligero aumento al semestre IV, atribuida a la frecuencia del uso pecuario (Cuadros 4.3 y 4.4).

En dicho sitio la concentración de pigmentos fotosintéticos se incrementa de forma considerable por el sistema nutrimental de pulso tras la resuspensión de terrígenos y el ingreso de nutrimentos por la actividad pecuaria en los semestres II y IV, con un registro máximo de clorofila “c” en el semestre IV, característico de ambientes eutróficos (Cuadros 4.3 y 4.4).

La turbidez del agua, indica la presencia de material en suspensión, el cual se incrementó del semestre I al semestre II, decreciendo en el semestre III, para aumentar finalmente en el semestre IV, sin embargo, no afecta drásticamente a la transparencia del sistema, aunque se percibe el incremento de los sólidos totales y los volátiles (Cuadros 4.3 y 4.4).

El análisis microbiológico determina organismos coliformes del tipo total y fecal en altas concentraciones. Cabe resaltar que el aporte de materia fecal por la actividad pecuaria permite la cuantificación de una concentración elevada de coliformes fecales, los cuales ocupan el total de los coliformes totales en el semestre II, contrario a lo reportado para los semestres I, III y IV, donde la concentración de coliformes fecales es menor a la de coliformes totales (Cuadros 4.3 y 4.4).

**Cuadro 4.3.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 2.

S2 Río Teuchitlán Abrevadero				
Variable	SEMESTRE I		SEMESTRE II	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Temperatura del aire (°C)	24.83	12.42	26.50	2.27
Temperatura del agua (°C)	26.67	13.34	26.00	2.94
Profundidad (cm)	43.67	21.84	46.50	9.81
Transparencia (cm)	43.67	21.84	32.75	7.93

Oxígeno disuelto (mg/L)	6.15	3.07	4.75	1.93
Conductividad Eléctrica ( $\mu$ S/cm)	191.60	100.93	155.55	6.05
Salinidad (‰)	0.10	0.05	0.10	0
Alcalinidad Total (mg/L)	98.50	49.26	95.63	5.15
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.40	3.20	6.27	0.08
Dureza Total (mg/L)	46.67	23.45	61.25	25.94
Dureza de Calcio (mg/L)	21.00	10.59	36.04	20.85
Dureza de Magnesio (mg/L)	25.67	13.25	25.21	8.18
Fosforo Total (mg/L)	0.14	0.09	0.21	0.16
Fosforo reactivo (mg/L)	0.08	0.05	0.12	0.08
Fosforo orgánico (mg/L)	0.06	0.06	0.10	0.22
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	0.72	0.36	1.27	0.41
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	0.26	0.23	1.01	1.19
Sulfatos (mg/L)	1.49	1.74	2.07	1.32
Cloruros (mg/L)	15.91	8.21	27.91	23.34
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2.42	2.02	4.38	1.73
Clorofila a ( $\mu$ g/L)	7.44	5.70	8.84	11.34
Clorofila b ( $\mu$ g/L)	4.70	5.77	27.00	18.07
Clorofila c ( $\mu$ g/L)	14.02	17.76	45.36	43.98



Sólidos Suspendidos (mg/L)	7.47	5.49	23.40	20.71
Sólidos Totales (mg/L)	90.00	91.63	244.50	15.00
Sólidos Volátiles (mg/L)	0.00	0	72.42	26.02
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.10	0.05	0.28	0.28
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	91.67	48.34	74.20	2.91
Turbidez (NTU)	5.62	5.63	62.28	57.34
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	4107.92	2053.96	3205.94	1803.96
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	1774.12	1875.59	3205.94	1803.96

**Cuadro 4.4.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 2.

S2 Río Teuchitlán Abrevadero				
Variable	SEMESTRE III		SEMESTRE IV	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
		estándar		estándar
Temperatura del aire (°C)	25.33	0.58	28.17	0.76
Temperatura del agua (°C)	26.00	1.73	27.50	0.50
Profundidad (cm)	67.00	51.97	46.50	12.76
Transparencia (cm)	36.00	2.00	39.67	24.50
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.87	1.25	4.75	0.34
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	173.83	28.05	179.47	37.85
Salinidad (‰)	0.10	0	0.10	0

Alcalinidad Total (mg/L)	100.50	14.26	83.33	24.66
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.36	0.28	6.70	0.52
Dureza Total (mg/L)	81.67	29.30	48.33	5.77
Dureza de Calcio (mg/L)	27.50	4.33	26.94	3.94
Dureza de Magnesio (mg/L)	54.17	25.04	21.39	4.28
Fosforo Total (mg/L)	0.14	0.03	0.19	0.12
Fosforo reactivo (mg/L)	0.08	0.01	0.08	0.02
Fosforo orgánico (mg/L)	0.06	0.03	0.11	0.10
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	1.38	0.53	1.85	0.55
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	0.87	0.66	0.59	0.63
Sulfatos (mg/L)	8.89	7.53	1.30	0.58
Cloruros (mg/L)	19.16	1.44	13.33	6.29
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1.96	1.71	2.90	1.06
Clorofila a (µg/L)	0.46	0.25	12.37	20.90
Clorofila b (µg/L)	0	0	0	0
Clorofila c (µg/L)	10.82	2.61	209.79	330.25
Sólidos Suspendidos (mg/L)	11.33	8.64	28.64	33.45
Sólidos Totales (mg/L)	185.33	69.12	307.33	78.62
Sólidos Volátiles (mg/L)	91.87	50.20	192.86	49.23

Sol. Sedimentables (mL/L)	0.07	0.06	0.40	0.52
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	82.13	12.02	85.83	18.40
Turbidez (NTU)	6.33	7.36	25.27	35.03
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	2910.75	2073.57	1541.44	2237.58
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	191.15	153.19	58.37	31.49

Los sitios que corresponden a la sección media (sitio 3 y 4), así como a la desembocadura del río Teuchitlán (sitio 5) (Cuadro 3.1 y Figs. 3.2, 3.5, 3.6 y 3.7) presentan una configuración electroquímica similar, derivado del período de residencia del agua en el cauce principal, el cual es moderado, por efecto de las compuertas que se instalaron en el sistema (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10). El río Teuchitlán se cataloga como un sistema somero, transparente, con una concentración de oxígeno óptima para la protección de la vida acuática en el semestre I, ya que la concentración de dicho gas decrece en todos los sitios en los semestres II, III y IV, en un valor por debajo de lo establecido en los criterios ecológicos de la calidad del agua en el rubro de protección de la vida acuática, esto a causa de un incremento en la carga orgánica expuesto por la concentración de los sólidos volátiles, aunado al aumento de sales en disolución, tal y como lo indica la concentración de nitritos en el semestre III en los sitios cuatro y cinco, atribuido a la presencia de agua residual sin tratamiento (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10). La presencia de sustancias inorgánicas disueltas, indican un agua poco mineralizada, la cual se acentúa en el sitio cinco de forma considerable, particularmente en el semestre II, como lo exhibe la conductividad eléctrica. Sin embargo, la reserva alcalina es baja con un pH ligeramente ácido (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

La dureza total, permite catalogar al agua del río Teuchitlán como blanda, con dominancia de magnesio en el sitio tres, cuatro y cinco, con excepción de los sitios

tres y cuatro en los semestres IV y III respectivamente en donde dominó el calcio. La carga nutrimental en dicho sistema es baja, ligeramente mayor a la de la sección alta del río y con un incremento considerable en el sitio cinco, lo que indica una clara eutrofización del sistema en la parte baja de acuerdo a la escala de Carlson (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

La concentración de nitrógeno en el río Teuchitlán se incrementa a partir del sitio cuatro, en sus formas inorgánicas de nitratos y nitritos, con énfasis en el sitio cuatro en el semestre III, donde se registra una carga importante de nitritos, característica de aguas con presencia de descargas residuales domésticas (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

La concentración de sulfatos presenta una carga menor a la carga de cloruros en el semestre I, atribuido a la ausencia de contaminantes de origen inorgánico, comunes en la actividad agrícola, la cual aumenta en el sitio cinco hasta alcanzar un valor recíproco en el semestre II, a causa de la acumulación de agua residual sin tratamiento en dicho sitio (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

La concentración de la demanda bioquímica de oxígeno, indica que el sistema presenta materia orgánica hidrolizable, la cual alcanza una mineralización completa a excepción del sitio cinco en el semestre II, en el cual la carga orgánica supera a la concentración de oxígeno disuelto, generando anoxias en el sistema. Cabe resaltar que la concentración de pigmentos fotosintéticos es un poco menor a la registrada en el sitio dos, con excepción de la clorofila "c", la cual registró aportes mayores en los sitios tres, cuatro y cinco, en el semestre IV, favoreciendo un incremento de las partículas en suspensión del río Teuchitlán, sin embargo el sitio tres en el semestre II, registra un aumento considerable en la concentración de sólidos volátiles y totales, la cual se cataloga como alóctona (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

La turbidez del agua, indica la presencia de material en suspensión, en una cantidad ligeramente mayor a la aportada por los sitios de la sección alta del río Teuchitlán, excepto para el sitio dos (Cuadro 3a) durante el semestre II en el cual la turbidez (62.28 NTU) registró el segundo valor más alto de todo el período de muestreo,

favorecida por la resuspensión del sedimento por la presencia de ganado vacuno (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

El análisis microbiológico determina organismos coliformes del tipo total y fecal en altas concentraciones, las cuales fluctúan entre los sitios de la sección baja del río Teuchitlán, atribuido a la presencia de materia fecal por contribución de la defecación al aire libre y la presencia de descargas residuales del tipo doméstico (Cuadros 4.5, 4.6, 4.7, 4.8, 4.9 y 4.10).

**Cuadro 4.5.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 3.

S3 Río Teuchitlán Sección Alta				
Variable	SEMESTRE I		SEMESTRE II	
	Desviación		Desviación	
	Promedio	estándar	Promedio	estándar
Temperatura del aire (°C)	24.67	12.45	26.88	2.32
Temperatura del agua (°C)	24.67	12.50	24.63	3.77
Profundidad (cm)	49.33	30.53	58.50	14.84
Transparencia (cm)	49.33	30.53	44.25	15.80
Oxígeno disuelto (mg/L)	5.06	2.66	4.33	1.06
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	194.60	101.93	170.20	24.15
Salinidad (‰)	0.10	0.05	0.10	0
Alcalinidad Total (mg/L)	102.50	51.53	101.63	2.36
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.33	3.17	6.20	0.13
Dureza Total (mg/L)	48.33	24.96	65.42	36.75
Dureza de Calcio (mg/L)	21.67	11.09	29.79	13.13
Dureza de Magnesio (mg/L)	26.67	14.72	35.63	23.64

Fosforo Total (mg/L)	0.26	0.17	0.45	0.29
Fosforo reactivo (mg/L)	0.09	0.04	0.19	0.16
Fosforo orgánico (mg/L)	0.17	0.14	0.26	0.32
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	0.76	0.38	1.29	0.73
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	0.29	0.32	0.72	0.52
Sulfatos (mg/L)	0.44	0.38	1.60	1.14
Cloruros (mg/L)	17.91	9.32	15.83	6.34
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	3.28	1.90	3.17	0.49
Clorofila a (µg/L)	3.03	2.89	1.77	0.70
Clorofila b (µg/L)	2.79	3.73	29.00	18.07
Clorofila c (µg/L)	10.04	12.68	18.48	11.52
Sólidos Suspendidos (mg/L)	8.40	6.00	21.20	29.47
Sólidos Totales (mg/L)	116.67	103.41	20342.50	39916.09
Sólidos Volátiles (mg/L)	0	0	20146.56	39937.33
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.17	0.13	1.83	3.00
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	92.97	48.72	81.30	11.78
Turbidez (NTU)	11.27	10.68	17.66	21.32
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	4107.92	2053.96	3111.04	1993.77
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	4107.92	2053.96	3099.78	2016.27

**Cuadro 4.6.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 3.

S3 Río Teuchitlán Sección Alta

Variable	SEMESTRE III	SEMESTRE IV
----------	--------------	-------------

	Desviación		Desviación	
	Promedio	estándar	Promedio	estándar
Temperatura del aire (°C)	27.67	5.51	29.17	0.76
Temperatura del agua (°C)	25.33	1.15	26.33	2.08
Profundidad (cm)	65.00	6.08	65.83	13.16
Transparencia (cm)	55.33	10.69	28.17	14.75
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.43	0.68	3.44	1.02
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	174.27	22.48	178.60	31.16
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	84.57	10.49	85.37	15.08
Salinidad (‰)	0.10	0.00	0.10	0.00
Alcalinidad Total (mg/L)	105.50	5.77	82.50	23.85
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
pH	6.10	0.15	6.44	0.53
Dureza Total (mg/L)	63.33	12.58	47.50	6.61
Dureza de Calcio (mg/L)	28.33	2.89	32.50	6.61
Dureza de Magnesio (mg/L)	35.00	13.23	15.00	0.00
Fosforo Total (mg/L)	0.21	0.28	0.12	0.06
Fosforo reactivo (mg/L)	0.07	0.02	0.09	0.07
Fosforo orgánico (mg/L)	0.17	0.28	0.03	0.01
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	2.04	1.14	1.86	1.46
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	1.39	1.19	0.82	0.81
Sulfatos (mg/L)	4.99	3.53	1.14	0.32
Cloruros (mg/L)	19.16	3.82	12.16	2.02

DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2.20	1.98	2.60	0.15
Clorofila a (µg/L)	1.89	1.46	14.92	24.18
Clorofila b (µg/L)	0.00	0.00	0.00	0.00
Clorofila c (µg/L)	47.01	38.52	268.39	369.70
Sólidos Suspendidos (mg/L)	51.80	51.40	12.93	10.78
Sólidos Totales (mg/L)	291.33	134.90	242.00	107.63
Sólidos Volátiles (mg/L)	155.87	155.87	143.70	84.84
Sol. Sedimentables (mL/L)	1.53	2.15	0.13	0.06
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	84.57	10.49	85.37	15.08
Turbidez (NTU)	35.14	28.20	7.06	6.39
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	1599.17	2179.40	2738.61	2371.71
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	238.64	185.96	58.84	30.68

**Cuadro 4.7.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 4.

S4 Río Teuchitlán Puente Escondido				
Variable	SEMESTRE I		SEMESTRE II	
	Promedio	Desviación	Promedio	Desviación
		estándar		estándar
Temperatura del aire (°C)	26.00	13.10	27.13	2.78
Temperatura del agua (°C)	24.33	12.34	24.25	3.30
Profundidad (cm)	67.33	34.18	52.75	15.15
Transparencia (cm)	67.33	34.18	52.75	15.15
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.21	2.61	4.71	1.58
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	234.93	123.25	171.50	14.30



Salinidad (‰)	0.10	0.05	0.10	0.00
Alcalinidad Total (mg/L)	113.00	56.77	101.88	9.44
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.23	3.12	6.26	0.13
Dureza Total (mg/L)	51.67	26.58	67.88	31.57
Dureza de Calcio (mg/L)	25.00	14.36	39.38	19.19
Dureza de Magnesio (mg/L)	26.67	14.14	28.50	23.78
Fosforo Total (mg/L)	0.12	0.06	0.48	0.39
Fosforo reactivo (mg/L)	0.08	0.04	0.21	0.25
Fosforo orgánico (mg/L)	0.04	0.03	0.27	0.41
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	1.55	0.82	1.98	0.70
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	0.79	0.57	0.80	1.05
Sulfatos (mg/L)	1.76	1.52	2.82	0.89
Cloruros (mg/L)	20.41	10.27	16.40	2.06
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	3.25	2.38	3.24	2.09
Clorofila a (µg/L)	2.29	1.64	0.95	0.49
Clorofila b (µg/L)	2.06	2.45	30.00	18.07
Clorofila c (µg/L)	5.71	6.52	15.47	5.04
Sólidos Suspendidos (mg/L)	6.40	3.35	10.15	3.23
Sólidos Totales (mg/L)	105.33	99.28	233.00	30.66
Sólidos Volátiles (mg/L)	0	0	35.08	16.60
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.10	0.05	0.10	0.05
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	112.57	59.09	85.55	3.65
Turbidez (NTU)	6.12	3.80	10.64	4.00
Coliformes Totales	2905.28	2236.70	2178.96	2236.70

(NMP / 100 mL)

Coliformes Fecales

(NMP / 100 mL)                      2905.28      2236.70      2178.96      2236.70

**Cuadro 4.8.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 4.

S4 Río Teuchitlán Puente Escondido				
Variable	SEMESTRE III		SEMESTRE IV	
	Promedio	Desviación estándar	Promedio	Desviación estándar
Temperatura del aire (°C)	27.00	2.65	30.50	2.60
Temperatura del agua (°C)	27.00	3.00	26.00	1.50
Profundidad (cm)	49.00	2.65	56.00	10.82
Transparencia (cm)	53.00	3.46	54.33	13.05
Oxígeno disuelto (mg/L)	4.06	1.16	3.60	0.79
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	273.10	120.09	201.13	32.52
Salinidad (‰)	0.13	0.06	0.10	0.00
Alcalinidad Total (mg/L)	107.67	15.53	88.33	28.87
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0.00	0.00	3.33	5.77
pH	6.23	0.07	6.55	0.41
Dureza Total (mg/L)	66.00	67.55	60.83	8.04
Dureza de Calcio (mg/L)	44.17	5.20	27.22	2.55
Dureza de Magnesio (mg/L)	46.83	39.56	33.61	8.51
Fosforo Total (mg/L)	0.13	0.03	0.25	0.17
Fosforo reactivo (mg/L)	0.07	0.05	0.10	0.05
Fosforo orgánico (mg/L)	0.06	0.05	0.15	0.20
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	3.86	1.08	2.22	0.37

Nitrógeno de Nitritos				
(mg/L)	36.81	63.24	1.74	0.57
Sulfatos (mg/L)	3.25	2.36	1.72	0.79
Cloruros (mg/L)	19.99	0.00	14.16	2.89
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	1.72	1.49	2.74	1.69
Clorofila a (µg/L)	0.16	0.05	16.17	25.84
Clorofila b (µg/L)	0	0	0	0
Clorofila c (µg/L)	8.01	2.85	287.51	396.71
Sólidos Suspendidos				
(mg/L)	2.73	2.37	5.00	6.32
Sólidos Totales (mg/L)	152.67	133.30	363.33	98.68
Sólidos Volátiles (mg/L)	47.57	73.48	262.20	91.37
Sol. Sedimentables				
(mL/L)	2.20	3.72	0.70	0.52
Sólidos Disueltos Totales				
(mg/L)	131.37	58.23	96.13	15.69
Turbidez (NTU)	9.23	5.49	4.78	3.75
Coliformes Totales				
(NMP / 100 mL)	2910.75	2073.57	2738.61	2371.71
Coliformes Fecales				
(NMP / 100 mL)	615.73	467.15	67.78	15.18

**Cuadro 4.9.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 5.

S5 Río Teuchitlán Desembocadura				
Variable	SEMESTRE I		SEMESTRE II	
	Desviación		Desviación	
	Promedio	estándar	Promedio	estándar
Temperatura del aire (°C)	27.00	13.52	27.25	1.26
Temperatura del agua (°C)	24.33	12.50	25.38	4.03
Profundidad (cm)	67.00	37.83	41.25	19.28
Transparencia (cm)	67.00	37.83	41.25	19.28

Oxígeno disuelto (mg/L)	5.44	2.79	2.70	1.93
Conductividad Eléctrica ( $\mu$ S/cm)	229.53	119.87	362.63	212.14
Salinidad (‰)	0.10	0.05	0.18	0.10
Alcalinidad Total (mg/L)	113.83	57.15	171.42	78.88
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	6.27	3.14	5.97	0.23
Dureza Total (mg/L)	58.33	30.38	131.67	98.82
Dureza de Calcio (mg/L)	28.33	14.36	60.83	33.04
Dureza de Magnesio (mg/L)	30.00	16.58	70.83	67.80
Fosforo Total (mg/L)	0.17	0.09	0.90	0.94
Fosforo reactivo (mg/L)	0.10	0.05	0.85	0.99
Fosforo orgánico (mg/L)	0.07	0.05	0.05	0.06
Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	1.09	0.64	1.72	0.97
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	5.13	4.40	3.35	4.79
Sulfatos (mg/L)	1.46	1.26	33.87	36.83
Cloruros (mg/L)	17.49	9.65	33.11	15.59
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2.32	1.97	4.89	4.30
Clorofila a ( $\mu$ g/L)	4.37	2.22	1.74	1.13
Clorofila b ( $\mu$ g/L)	0.95	0.76	31.00	18.07
Clorofila c ( $\mu$ g/L)	3.62	2.51	36.73	6.42
Sólidos Suspendidos (mg/L)	6.73	3.50	10.50	3.44
Sólidos Totales (mg/L)	99.33	99.40	309.00	131.36
Sólidos Volátiles (mg/L)	0	0	97.71	140.23
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.10	0.05	10.68	20.88
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	110.00	57.50	175.25	103.55

Turbidez (NTU)	6.65	3.97	212.89	405.42
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	1611.28	1943.75	3205.94	1803.96
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	1611.28	1943.75	3205.94	1803.96

**Cuadro 4.10.** Caracterización fisicoquímica y microbiológica del sitio 5.

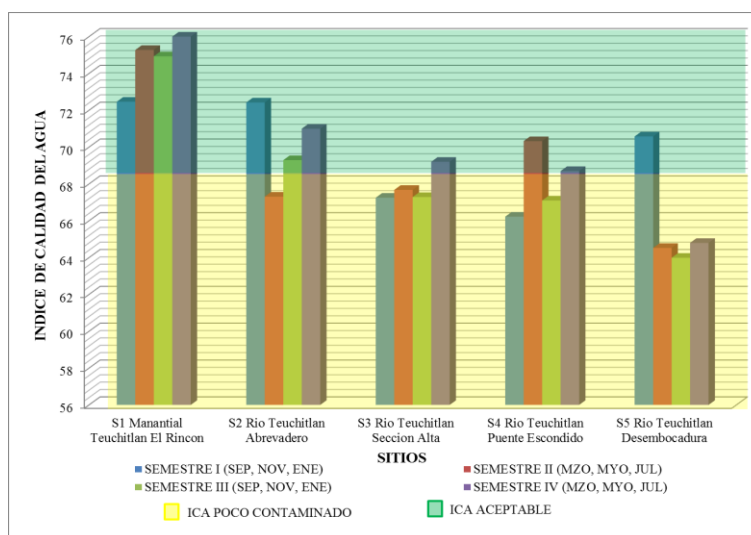
S5 Río Teuchitlán Desembocadura				
Variable	SEMESTRE III		SEMESTRE IV	
	Desviación		Desviación	
	Promedio	estándar	Promedio	estándar
Temperatura del aire (°C)	26.33	1.15	29.33	0.94
Temperatura del agua (°C)	24.83	2.93	26.67	1.89
Profundidad (cm)	43.67	8.96	31.50	22.39
Transparencia (cm)	52.67	9.07	25.50	13.97
Oxígeno disuelto (mg/L)	3.28	1.39	2.65	1.01
Conductividad Eléctrica (µS/cm)	217.63	43.19	208.10	35.06
Salinidad (‰)	0.10	0	0.10	0
Alcalinidad Total (mg/L)	189.17	146.12	85.83	22.39
Alcalinidad Parcial (mg/L)	0	0	0	0
pH	5.90	0.34	6.38	0.31
Dureza Total (mg/L)	90.00	52.92	55.00	0
Dureza de Calcio (mg/L)	39.17	13.77	26.67	2.36
Dureza de Magnesio (mg/L)	50.83	40.49	28.33	2.36
Fosforo Total (mg/L)	0.20	0.05	0.20	0.08
Fosforo reactivo (mg/L)	0.13	0.09	0.09	0.06
Fosforo orgánico (mg/L)	0.08	0.05	0.12	0.02

Nitrógeno de Nitratos (mg/L)	2.92	0.68	1.44	0.10
Nitrógeno de Nitritos (mg/L)	4.92	4.14	3.74	2.09
Sulfatos (mg/L)	10.78	3.27	10.63	6.11
Cloruros (mg/L)	21.66	3.82	13.33	1.18
DBO <sub>5</sub> (mg/L)	2.84	2.62	3.48	2.09
Clorofila a (µg/L)	1.75	0.75	19.15	21.22
Clorofila b (µg/L)	0	0	0	0
Clorofila c (µg/L)	40.47	18.13	367.75	301.25
Sólidos Suspendidos (mg/L)	38.47	53.30	24.17	7.24
Sólidos Totales (mg/L)	264.00	150.64	317.33	69.17
Sólidos Volátiles (mg/L)	121.03	86.64	193.53	55.11
Sol. Sedimentables (mL/L)	0.60	0.78	0.23	0.05
Sólidos Disueltos Totales (mg/L)	104.50	20.73	99.63	16.96
Turbidez (NTU)	30.30	43.89	6.01	1.91
Coliformes Totales (NMP / 100 mL)	2779.64	2300.64	2754.22	1914.42
Coliformes Fecales (NMP / 100 mL)	1516.54	2248.84	76.55	0

#### 4.2.3.2 Índice de Calidad del Agua

El índice de calidad del agua exhibe variación durante el periodo de estudio, alcanzando la categoría de aceptable por lo menos en alguno de los periodos de muestreo (Fig. 4.1). Categorización que permite calificar a dichos sitios en condiciones óptimas para el desarrollo de la vida acuática, sin embargo, por las características físicas, químicas y microbiológicas, se establece que los sitios circundantes a la cabecera del río Teuchitlán, son los adecuados para el proceso de reintroducción y repoblamiento de *Zoogoneticus tequila* (Fig. 4.2).

En lo que respecta a los sitios tres y cuatro en el semestre I, los sitios dos, tres y cinco del semestre II y los sitios tres, cuatro y cinco del semestre III y IV, el índice de calidad del agua indica que el agua que albergan se encuentra ligeramente contaminada, con algunas características restrictivas para el uso por contacto primario y el abastecimiento de agua potable, por la presencia de contaminación moderada por descargas de agua residual sin tratamiento previo. Dicha clasificación permite delimitar a una columna del agua con capacidad de autodepuración (Fig. 4.1).

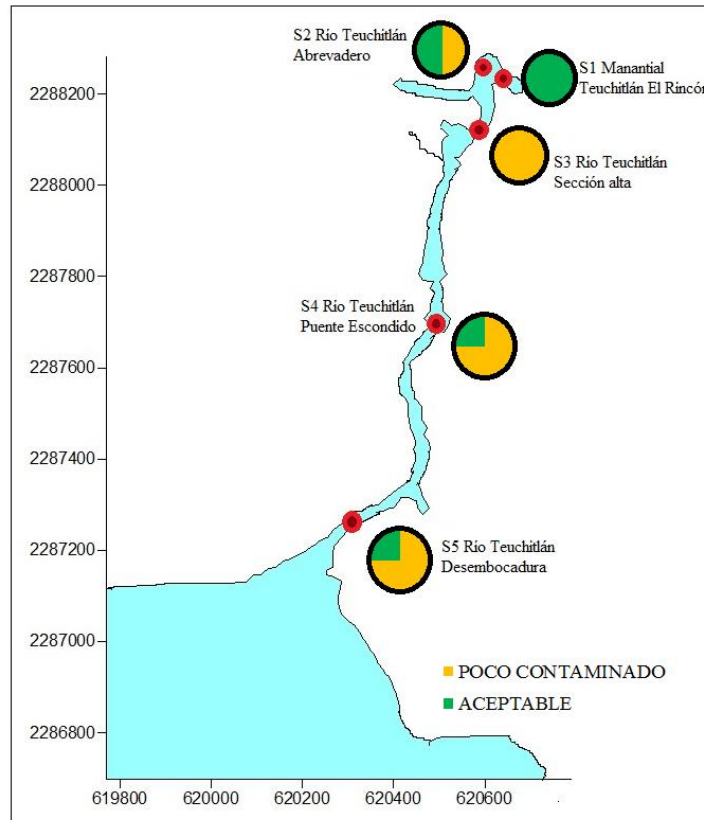


**Figura 4.1.** Valoración del Índice de Calidad del Agua en los semestres I, II, III y IV.

En el sitio cinco, es notable una disminución en la calidad del agua en los semestres II, III y IV (Fig. 4.1), alcanzando el valor más bajo durante todo el período de estudio, lo cual indica que dicho sitio es altamente variable en cuanto a su calidad del agua, particularmente por el manejo hidráulico del sistema, ya que en los semestres II, III y IV, se incrementó la carga orgánica y la comunidad bacteriana termoestable, particularmente en el semestre II, las cuales son provistas constantemente por descargas de agua residual sin tratamiento que desembocan al sistema.

Un análisis espacio temporal del índice de calidad del agua, demuestra que el sitio uno (S1) (Tabla 3.1 y Fig. 3.2), presenta una calidad del agua aceptable, propia para el desarrollo de poblaciones de vertebrados acuáticos, categoría que es modificada por el impacto de las actividades recreativas y pecuarias a lo largo del río Teuchitlán,

motivo por el cual es más frecuente la presencia de aguas con indicios de contaminación a partir del sitio dos, acentuándose hasta el sitio cinco (Fig. 4.2).



**Figura 4.2.** Categorización espacial del Índice de calidad del agua.

#### 4.2.4 Conclusiones

Se establece que el agua de los manantiales al ingresar al cauce natural del río Teuchitlán presenta una disminución en su calidad del agua, por la resuspensión de sedimento y el ingreso de materia fecal, atribuido a la presencia de ganado vacuno y equino.

El análisis fisicoquímico y microbiológico del agua indica que el ICA (índice de calidad del agua) es altamente variable en el cauce del río Teuchitlán de forma temporal y espacial, con una tendencia a un decremento de la calidad del agua del sitio uno al sitio cinco, así como del semestre II al III, con una ligera recuperación en el semestre IV.



Los sitios con menor vulnerabilidad y aptos para la reintroducción de *Zoogoneticus tequila*, desde el punto de vista fisicoquímico, corresponden a los manantiales del Balneario “El Rincón” (S1) y el abrevadero (S2), el cual da inicio al río Teuchitlán. Se documenta que los parámetros que afectan directamente al ICA son la alcalinidad total, el fósforo total y la comunidad microbiológica patógena que conforma al grupo de bacterias coliformes del tipo total. Además del incremento en turbidez, la disminución en la concentración del oxígeno disuelto y la acumulación de sólidos suspendidos, cloruros y nitratos.

### **4.3 Calidad ambiental por medio de la valoración de la calidad del hábitat y geomorfología del cauce.**

#### **4.3.1 Objetivo**

Evaluar la calidad ambiental a través de la valoración de la calidad del hábitat y geomorfológica a lo largo del cauce del río Teuchitlán.

#### **4.3.2 Metodología**

##### **Calidad ambiental visual**

La valoración de la calidad visual se desarrolló en los cinco sitios propuestos para el presente proyecto (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2). Este método es propuesto por Barbour et al., (1999) para su uso por la “Agencia de protección ambiental” (EPA) de los Estados Unidos, sirve de referencia para caracterizar distintas condiciones que infieren en los mecanismos, procesos de protección y colonización de las especies biológicas. La valoración estima la condición ambiental del sitio con base en la condición de las riberas, de los substratos y del caudal. Reconociendo que la mejor circunstancia es aquella en la que se expresa la heterogeneidad espacial propia del estado más probable. Fue diseñada para ríos y arroyos, consta de dos criterios principales, los cuales se diferencian por la pendiente, si esta es mayor del 3% se considera como gradiente alto y si es menor del 3% de gradiente bajo. Cada criterio posee diez variables a evaluar, de las cuales algunas se evalúan en ambos criterios, y cada una de ellas se califica de manera independiente. Sabiendo que esta

evaluación responde a las características físicas, se utilizó el criterio de gradiente bajo en el cauce del río Teuchitlán.

Aunque esta evaluación de la calidad ambiental visual se aplica a arroyos o ríos, se utilizó para el caso de los manantiales (S1 y S2), ya que cumplen con condiciones como son pendientes menores del 3% y dominada por estanques. Se aplicó aquellas variables que pudieran caracterizar a los manantiales, que conforman el origen o parte alta del río, información resultante de estas variables para la caracterización de posibles impactos o modificaciones de estos sitios.

De las 10 variables utilizadas para valorar la calidad ambiental de los sitios, seis de ellas se emplean para ambos gradientes (AG); en su conjunto estas variables son una forma de medir la heterogeneidad espacial, considerando que los sitios menos homogéneos, son de mayor calidad ambiental, estas variables son:

1. Substrato disponible para la epifauna. Se refiere a la cantidad y variabilidad de substratos disponibles para el asentamiento de macroinvertebrados. Se califica para ambos gradientes (AG).
2. Embebimiento. Se refiere a la cantidad de los substratos para la colonización de la epifauna que se encuentran cubiertos de sedimentos finos, tales como cieno o arcilla, o bien por algas filamentosas. Se califica para gradiente alto (GA).
3. Caracterización del substrato de los estanques. Califica la heterogeneidad del fondo de los estanques. Se califica para gradiente bajo (GB).
4. Patrones de velocidad/profundidad. Esta variable califica la forma como la corriente se encuentra en el cauce, toma en cuenta la presencia de cuatro patrones: Rápido/profundo, Lento/profundo, Rápido/somero y lento/somero; debido a que se califica para el gradiente alto, se considera profundo si la columna tiene una altura mayor a 0.5 m y rápido si la velocidad es mayor a 0.3 m/s. (GA).
5. Variabilidad de los estanques. Considera la variabilidad en el tamaño y profundidad de los estanques. Con cuatro patrones: estanques pequeños y someros, estanques pequeños y profundos, estanques grandes y someros y estanques grandes y profundos. (GB).

6. Gradiente de sedimentación. Califica la acumulación anómala de sedimentos. (AG).
7. Status del flujo. Considera la forma como la corriente toca las riberas. (AG).
8. Alteraciones del canal. Se consideran aquellas evidencias de modificaciones y/o alteraciones en el canal, como resultado de obras construidas por el hombre. (AG).
9. Frecuencia de rabiones. Toma en cuenta la frecuencia de los rabiones considerando el ancho del cauce y la distancia promedio que separa a los rabiones. (GA).
10. Sinuosidad del canal. Califica la tasa entre la longitud de la línea de máxima profundidad y la longitud del canal en línea recta. (GB).
11. Estabilidad de las riberas. Se refiere a la proporción que ocupan en el tramo las evidencias de erosión y/o fallas de las riberas. (AG).
12. Protección vegetal de las riberas. Estima la proporción de las riberas del cauce que se encuentran con vegetación ribereña nativa. (AG).
13. Ancho de la zona de vegetación riparia. Estima el ancho de la zona de amortiguamiento proporcionado por la vegetación nativa de la zona riparia en ambas riberas. (AG).

### **Caracterización del sustrato.**

El método con el que se evaluó fue diseñado por Bunte y Abt (2001), para la caracterización de las partículas que se encuentran cubriendo la parte superficial del fondo del cuerpo de agua. Se evalúa haciendo un recorrido en zigzag, a lo ancho y largo del cuerpo de agua, e introduciendo el dedo índice hasta el fondo, tomando la medida de la primera partícula que toque dicho dedo. Se mide cada una de ellas por la sección más larga, contabilizando un total de 100 partículas, por sitio.

### **Geomorfología.**

La evaluación de la geomorfología se realizó mediante el método propuesto por Rosgen (1996). Este método se basa en la caracterización del tipo de cauce esperado para el tipo de valle. Esto se refiere a que, de acuerdo a las condiciones

físicas del valle, se van a formar tipos específicos de cauces, con características específicas. Los cuales se forman de acuerdo a la pendiente y erosión del valle. Para este caso se realizaron tres caracterizaciones geomorfológicas, que corresponden a tres de los sitios de monitoreo en el cauce del río Teuchitlan que son S3, S4 y S5. Para los S1 y S2 solo se tomaron los datos del tipo de sustrato, debido a que el cauce está completamente modificado en este tramo del río (Fig. 3.2, 3.4 y 3.5).

### 4.3.3 Resultados

En el cuadro 4.11 se muestra la categoría ambiental visual obtenida por cada uno de los sitios que se monitorean dentro del proyecto de reintroducción de *Zoogoneticus tequila*, de los cuales, por su naturaleza geomorfológica, el que alcanza el mayor puntaje es el sitio 3 en la categoría de sub-óptimo. En el mismo contexto el cuadro 4.12, permite distinguir las diferencias morfológicas de forma espacial en el río Teuchitlán, indicando una mayor conservación del caudal original en la sección oriente del sitio 3.

**Cuadro 4.11.** Calificación y categoría evaluada mediante el Índice de calidad ambiental visual, en cada sitio de monitoreo.

<b>VARIABLES</b>	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>
<b>Substrato disponible para la epifauna</b>	4	20	14	9	11
<b>Embebimiento</b>	20	11	0	0	0
<b>Caracterización del sustrato de los estanques</b>	3	18	13	8	9
<b>Patrones de velocidad</b>	0	0	0	0	0
<b>profundidad</b>					
<b>Variabilidad de estanques</b>	0	0	12	7	6
<b>Gradiente de sedimentación</b>	0	0	13	8	16

Estatus del flujo	0	0	14	13	14
Alteraciones del canal	2	7	8	2	3
Frecuencia de rápidos	0	0	0	0	0
sinuosidad del canal	0	0	8	4	2
Estabilidad ribera izquierda	10	13	5	7	8
Estabilidad ribera derecha	10	0	7	7	7
Protección vegetal de la ribera izquierda	0	15	9	2	1
Protección vegetal de la ribera derecha	0	0	7	0	1
Ancho de la zona de vegetación riparia izquierda	0	2	7	1	1
Ancho de la zona de vegetación riparia derecha	0	0	4	0	2
<b>PUNTAJE TOTAL</b>	49	86	121	68	81
<b>CATEGORÍA</b>	marginal	marginal	Sub- óptimo	marginal	marginal

**Cuadro 4.12.** Variables geomorfológicas evaluadas en cada sitio de monitoreo

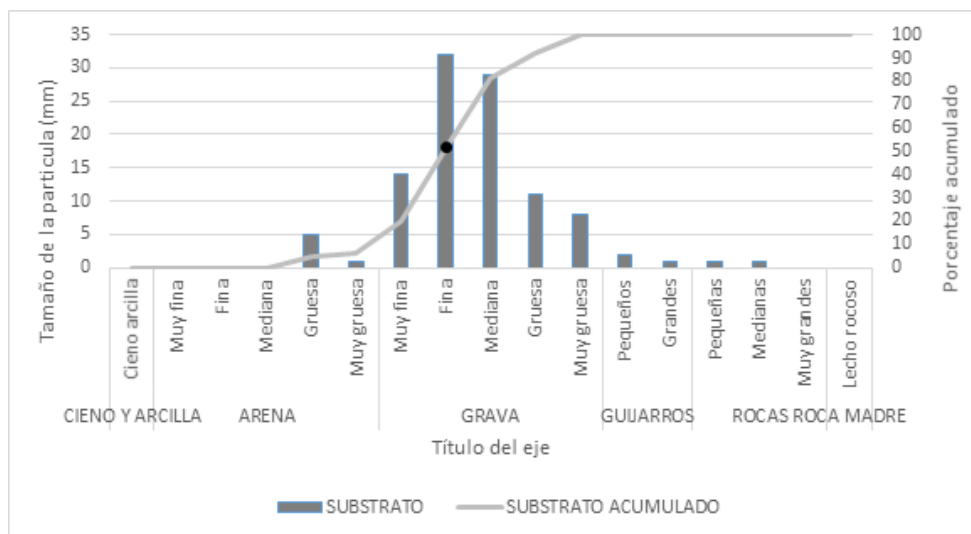
<b>VARIABLES</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>
<b>Ancho de la Máxima ribera</b>	52.4	12.16	24.25
<b>Profundidad media</b>	0.4011	1.04	182.78
<b>Proporción ancho de profundidad</b>	130.640738	11.69230769	0.132673159
<b>Profundidad máxima</b>	1.11	1.11m	1.43
<b>Ancho del área de inundación</b>	No confinado	No confinado	No confinado

<b>Confinamiento</b>	No confinado	No confinado	No confinado
<b>Diámetro promedio partículas de fondo</b>	< 0.062 mm	< 0.062 mm	< 0.062 mm
<b>Pendiente</b>	-0.0001	-0.0001	-0.0001
<b>Sinuosidad</b>	0.95	0.98	0.84
<b>Tipo de corriente</b>	<b>C6c-</b>	<b>E6</b>	<b>E6</b>

**Sitio 1. Manantial Teuchitlán El Rincón.**

Este lugar se encuentra altamente impactado por las actividades antrópicas que han modificado el manantial convirtiéndolo en una alberca, el cual carece de vegetación emergente o flotante (Fig. 3.3), así como de materia orgánica en descomposición que pueda servir de hábitat o refugio para la epifauna.

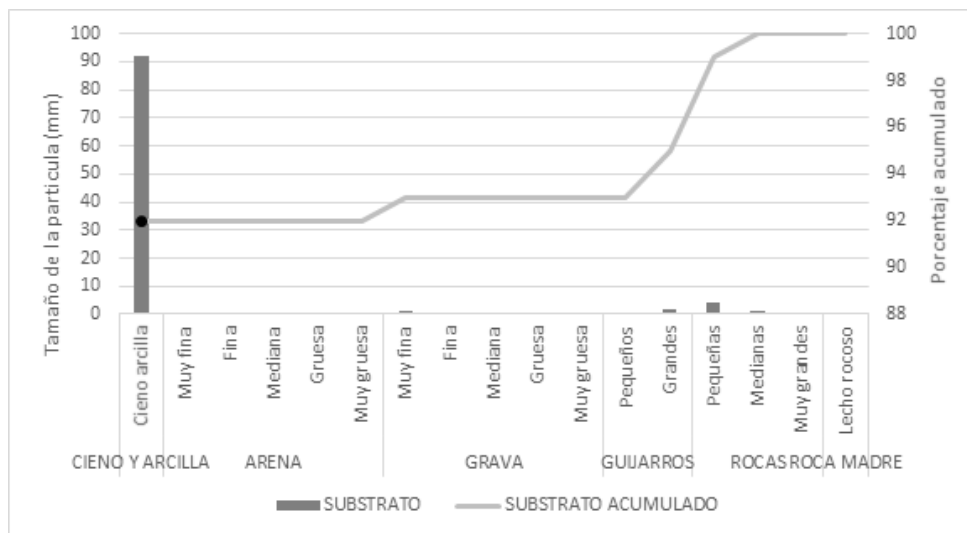
Sin embargo, es el sitio que presenta la mayor variación en el tamaño de partículas del fondo, predominado de acuerdo al D50 (Fig. 4.3) por grava fina. No se encuentran embebidas, lo cual puede favorecer el establecimiento de epifauna tanto en el fondo, como en las estructuras de las paredes, ya que estas se encuentran construidas por roca volcánica, porosa, el cual puede proveer de refugio para las especies tanto de macroinvertebrados como especies de peces (Fig. 4.3). Solo posee un árbol el cual sirve de refugio y sombra para las especies de peces que habitan este manantial.



**Figura 4.3.** Tamaño de partículas del sustrato presentes en el sitio 1, el punto en color negro ubica la partícula con el valor del 50% acumulado (D50).

## Sitio 2. Río Teuchitlán abrevadero.

En este sitio se puede observar una gran variedad de hábitats para la colonización de la epifauna, ya que contiene hojarasca en distintos niveles de degradación, troncos sumergidos, vegetación emergente y flotante. Es un sitio que se encuentra represado con mampostería y es usado como abrevadero de ganado, lo cual provoca el ablandamiento de las riberas e incremento de agentes terrígenos producto de la erosión, aumentando la re-suspensión de las partículas del fondo (Fig. 3.4). Es muy probable que por esta razón el sustrato dominante en este sitio este compuesto por cieno y arcillas, resultando, como se muestra en el grafico correspondiente, que casi el 100% corresponde a este tipo de sustrato, no siendo necesario indicar el valor de la D50 acumulado (Fig. 4.4). En la sección este de éste sitio se localiza el manantial, formando una gran poza, cuyas riberas se encuentran medianamente protegidas por pastos y algunos árboles, los cuales proveen de estructuras de retención de las partículas finas, además de proveer de sombra al manantial, diversificando los hábitats para la colonización de la epifauna. Sin embargo, esta protección en las riberas (orillas) es somera o pobre debido a que la vegetación no es muy abundante, ya que el espacio está ocupado por la construcción de brechas y además de que la loma en la zona norte de este manantial se encuentra deforestada para cultivo (Cuadro 4.11).



**Figura 4.4.** Tamaño de partículas del substrato presentes en el Sitio 2, río Teuchitlán abrevadero.

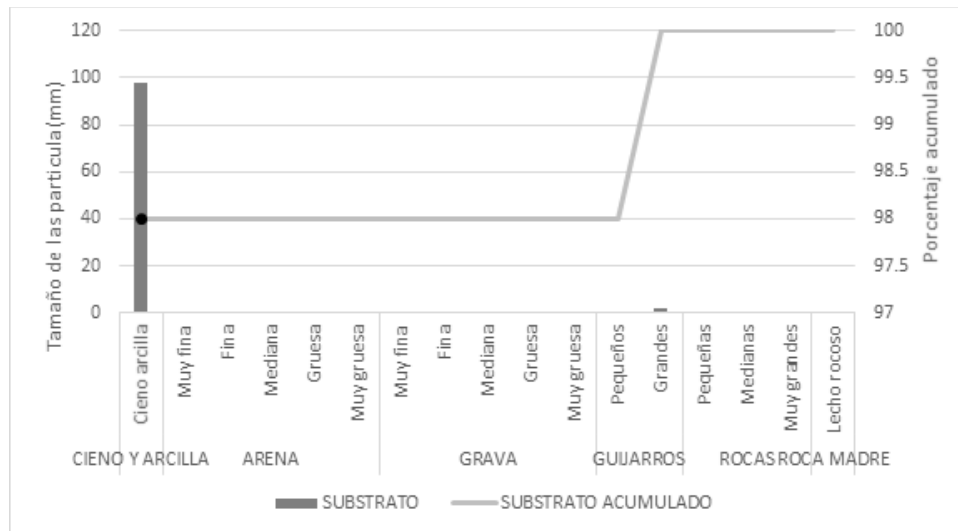
### **Sitio 3. Río Teuchitlán sección alta.**

Este sitio se ubica en el inicio del cauce del río Teuchitlán. El perfil fue tomado justo antes de terminar el balneario (Fig. 3.2), debido a la abundante vegetación que cubre la ribera izquierda (Fig. 3.5). Esta vegetación provee de trampa de sedimentos y elementos terrígenos antes de entrar al cauce. No siendo de igual manera en la ribera derecha, la cual se encuentra impactada por la construcción de un bordo de tierra y el comienzo del asentamiento de la población de Teuchitlán.

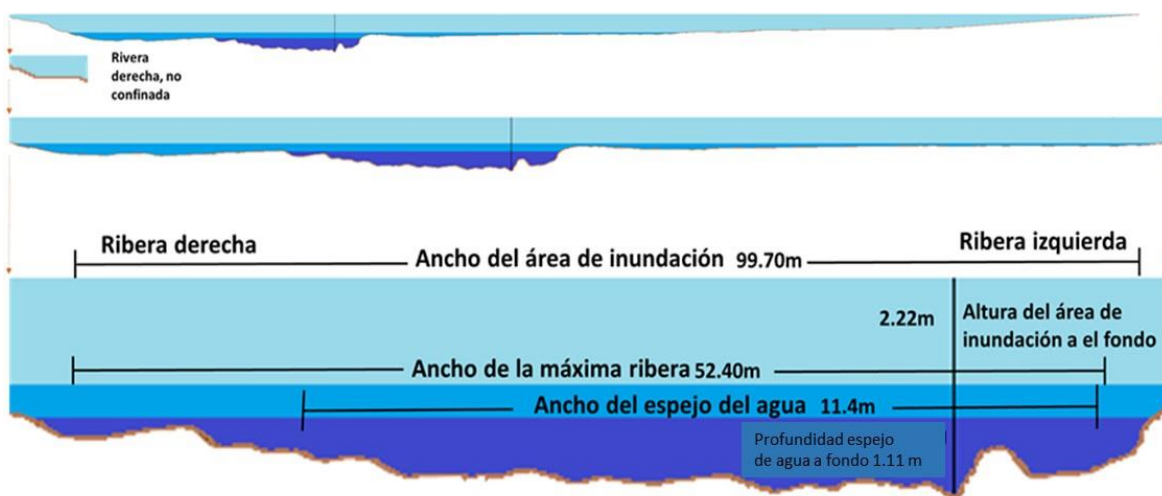
La valoración de la calidad ambiental visual lo caracterizó como un sitio sub-óptimo (Cuadro 4.11), debido a que posee una mezcla de vegetación emergente troncos, hojarasca y raíces proveyendo de hábitats para la colonización de la epifauna. Existiendo también muy abundante vegetación flotante, que cubre casi en su totalidad la superficie del agua en esta sección del cauce. Habrá que tener cuidado en el manejo de este sitio ya que el exceso de vegetación podría provocar la eutrofización del cauce, aunado a que el fondo se encuentra principalmente representado por cieno y arcillas (Fig. 4.5).

Es de considerar que en este sitio no se observan rápidos y se observa una baja diferenciación de estanques. Bajo estas condiciones el agua se mueve por empuje y variación de la pendiente, lo que puede estar provocando que la sedimentación del cauce no sea de manera ordenada, al modificarse las fuerzas de sedimentación y depósito naturales del río. Una de las causas puede ser la construcción del bordo de tierra donde se asienta la ciclopista, la cual canaliza el cauce evitando que este comience a tomar forma y erosione sus costados. El hecho de que no erosione de manera natural a los costados favorece la pérdida de sinuosidad siendo esta la principal causa de degradación geomorfológica observada en el sitio (Cuadro 4.12 y Fig. 4.6).





**Figura 4.5.** Tamaño de partículas del sustrato presentes en el sitio tres. El punto en color negro ubica la partícula con el valor del 50% acumulado (D50).



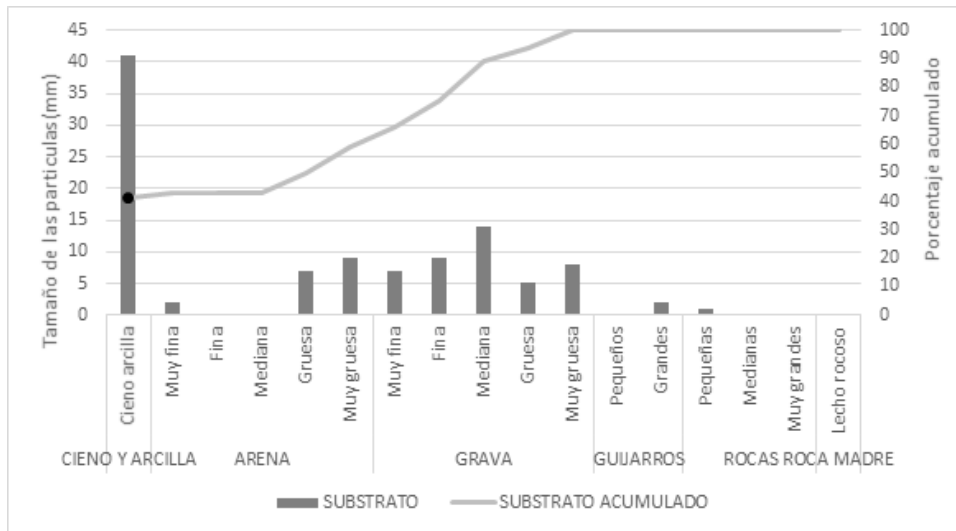
**Figura 4.6.** Perfil del sitio tres, correspondiente al río Teuchitlán sección alta.

#### Sitio 4. Río Teuchitlán Puente Escondido

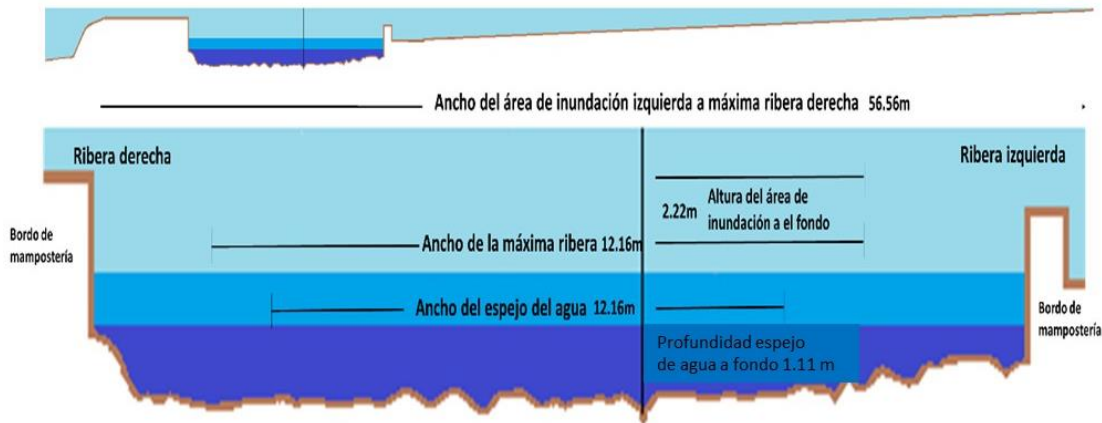
La evaluación de la calidad ambiental visual caracteriza este sitio como marginal debido a que el sustrato disponible para la epifauna es más homogéneo y se caracteriza por un sustrato de cieno y arcilla, que se encuentra cubriendo el fondo (Fig. 4.7). En este sitio ya se observan rápidos, sin embargo, los estanques son muy extensos, de más de 40 metros lo que puede provocar una menor oxigenación en el agua en comparación a los rápidos. El proceso de sedimentación aún no se ordena, lo cual es probable que sea una consecuencia de la reciente construcción

de los bordos de mampostería construidos para el parque lineal, lo que provoca una delimitación el cauce (afectación en su geometría) (Fig. 3.6). Este tipo de construcción limita la forma natural de erosionar hacia los costados, haciendo menos sinuoso el cauce e incorporado una menor cantidad de material. La protección vegetal de las riberas en este punto es casi ausente y sin vegetación riparia.

El tipo de cauce coincide con el tipo de valle de la zona al encontrarse en la sección de deposición, con una pendiente menor del 3%, con un área de inundación no confinada (Cuadro 4.12 y Fig. 4.8). El área de máxima ribera actualmente se encuentra modificada por la construcción de mampostería, en los costados que se encuentran canalizando (más lineal) el cauce, perdiendo claramente sinuosidad.



**Figura 4.7.** Tamaño de partículas del sustrato presentes en el sitio 4. El punto en color negro ubica la partícula con el valor del 50% acumulado (D50).



**Figura 4.8.** Perfil del sitio cuatro, correspondiente al río Teuchitlán Sitio 4.

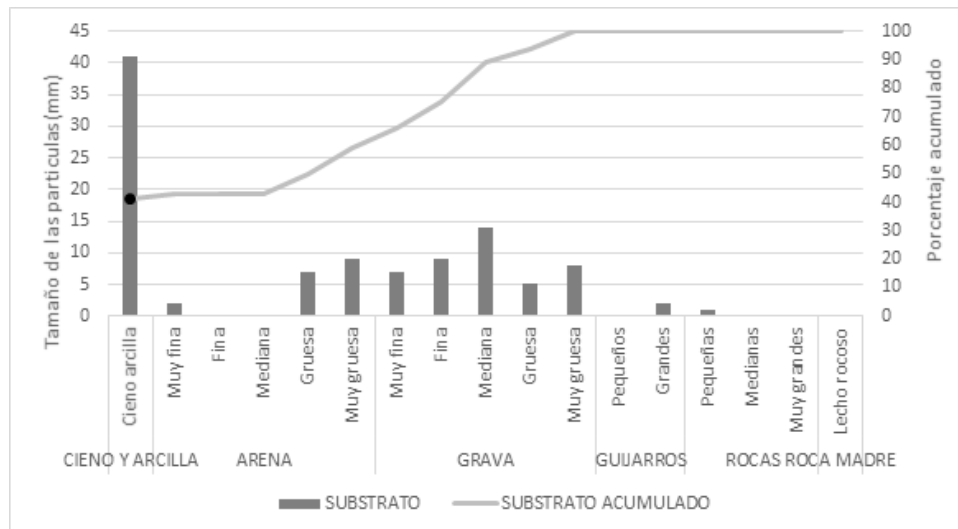
### **Sitio 5. Rio Teuchitlán Desembocadura**

La valoración de la calidad ambiental visual caracteriza a este sitio como marginal, debido a las alteraciones antrópicas del canal que en este sitio se hacen más evidentes (Fig. 3.7). Como se ha mencionado en el sitio anterior, la canalización ha modificado la memoria del cauce y el ordenamiento del depósito y transporte de sedimentos, encontrando como partícula principal el cieno y la arcilla (Fig. 4.9).

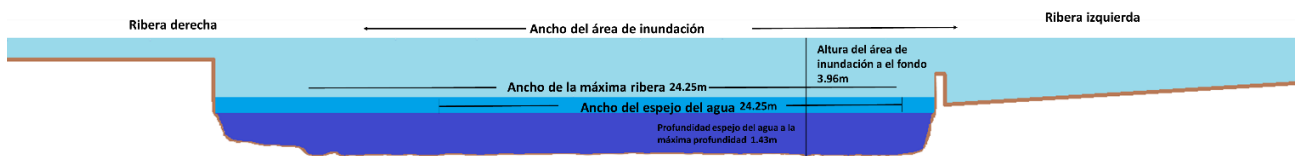
Sin embargo, en este punto la ribera izquierda se encuentra ya no solo delimitada por un muro de mampostería, también se observan casas habitación, cuyos muros se encuentran afectados por la erosión del cauce. Además, se encuentra la compuerta que comunica el río con la presa de la Vega, cuya construcción es la principal contribución a la disminución de la velocidad en esta sección del río, lo que promueve cambio en el estatus de flujo, generando una condición de tipo lentic y aumento en el tamaño de los estanques. Todas estas construcciones han sustituido a la vegetación de la ribera, impidiendo el aporte de material al cauce, como troncos y hojarasca, para el establecimiento de la epifauna.

Esta sección del río no se encuentra confinada en el área de inundación de manera natural, sin embargo con la obra de represamiento, en algún tiempo puede generar una mayor probabilidad de superar el área de represamiento e inundar hacia los costados. La pendiente asociada para este tipo de cauce es menor del 2%, siendo congruente con la encontrada en este sitio. La variable evaluada que no coincide es

la sinuosidad, que como se ha hablado anteriormente, ha sido afectada por la canalización y construcción en sus riberas (Cuadro 4.12 y Fig. 4.10).



**Figura 4.9.** Tamaño de partículas del sustrato presentes en el sitio 5. El punto en color negro ubica la partícula con el valor del 50% acumulado (D50).



**Figura 4.10.** Perfil del sitio cinco, correspondiente al río Teuchitlán Desembocadura

#### 4.3.4. Conclusiones

El río Teuchitlán presenta una degradación importante, alcanzando un puntaje de sub-óptimo a marginal en su condición lítica. A pesar de pertenecer a un gradiente bajo, presenta estanques muy grandes, con pocos rápidos, mala sedimentación y composición homogénea del sustrato del fondo.

La vegetación acuática arraigada es escasa, y por tanto se favorece la erosión y el arrastre de las partículas aledañas al cauce.

Los hábitats dentro del cauce se encuentran degradados principalmente en los sitios cuatro y cinco, particularmente por la pérdida de sinuosidad por acciones antrópicas.

La caracterización geomorfológica indica que el cauce principal presenta una extensa área de inundación, la cual incrementa con la modificación del litoral y la presencia de compuertas, acciones que dividen al sistema y perjudican la calidad del hábitat.

Es importante evaluar los cauces aledaños que no han sido perturbados (otros sitios en la cuenca), ya que servirán como referencia para establecer el desarrollo de condiciones naturales en el cauce, con vías de ejecutar un programa de restauración.

#### **4.3.4. Conclusiones generales**

El río Teuchitlán presenta una degradación importante, alcanzando un puntaje de sub-óptimo a marginal en su condición lítica. A pesar de pertenecer a un gradiente bajo, presenta estanques muy grandes, con pocos rápidos, mala sedimentación, composición homogénea del substrato del fondo y calidad del agua que se deteriora conforme avanza el cauce. Los hábitats dentro del cauce se encuentran degradados principalmente en los sitios cuatro y cinco, particularmente por la pérdida de sinuosidad por acciones antrópicas, la incorporación de materia orgánica por la descarga de aguas domésticas y agropecuarias, además de la modificación del cauce y el flujo del arroyo.

De acuerdo a los resultados de calidad del hábitat aquí presentado, los sitios 1 (manantial) y 2 (abrevadero) son los recomendados para hacer la liberación de los organismos que serán reintroducidos.

## **5. Caracterización de las comunidades planctónicas y macroinvertebrados.**

### **5.1 Introducción**

La caracterización de la estructura de la comunidad del fitoplancton, zooplancton y macroinvertebrados en el río Teuchitlán, Jalisco, tiene dos objetivos, conocer la riqueza y estructura y con ello definir los artículos alimenticios potenciales para *Z. tequila*, especie objetivo de la presente investigación. Además estas comunidades tienen papeles importantes dentro de los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos; controlan la productividad primaria; sirven como alimento para animales terrestres, como arañas, aves y murciélagos e incluso pueden afectar su distribución. Aunado a lo anterior los datos de las comunidades analizadas serán utilizados para determinar el grado de contaminación orgánica del sistema, utilizando el índice de Nygaard, el de Saprobiedad y el IBAMA.

Los organismos que integran a la comunidad del fitoplancton tienen un papel trascendental en los sistemas acuáticos, ya que regulan procesos internos de la columna del agua, como la dinámica nutrimental, la óptica del sistema léntico y variación de la irradianza de luz en el espectro visible, ultravioleta e infrarojo, la recirculación energética del material orgánico, el control de poblaciones bacterianas y el sistema de amortiguamiento que permite alcanzar en algunos momentos el equilibrio químico de la columna del agua. Este grupo está conformado en el agua dulce por algas verdes, carofíceas, diatomeas, cianobacterias, dinoflagelados, euglenoideos y crisofíceas, como grupos comunes, imprescindibles junto con las macrófitas en la generación de oxígeno disuelto en la columna del agua y en la producción primaria de compuestos orgánicos, sostén de eslabones tróficos superiores.

En lo que respecta al zooplancton, dicha comunidad está integrada por organismos pertenecientes a los gremios de los protozoarios, rotíferos, cladóceros, copépodos, ostrácodos, estadios larvarios de peces e insectos. Su papel en el ecosistema es vital para sostener las redes tróficas, ya que controlan la densidad poblacional de las bacterias y el fitoplancton, además de ramonear al perifiton, transfiriendo energía en material orgánico a la columna del agua, cuando ésta no es capaz de sostener a la micro y macrofauna acuática. Además de participar en el control poblacional de

otras comunidades microscópicas, son alimento de invertebrados y vertebrados acuáticos, participando en el ciclo de vida de algunos parásitos de vertebrados terrestres y acuáticos. Por su sensibilidad a las condiciones ambientales se utilizan como bioindicadores, particularmente por su participación en la regulación de variables en la columna del agua.

Los macroinvertebrados acuáticos son otra comunidad biológica de alto interés ecológico en la comprensión de los procesos ecosistémicos de un ambiente léntico y un sistema lótico. Este grupo incluye taxones como: Moluscos, Crustáceos (Anfípodos, Isópodos y Decápodos), Turbelarios, Oligoquetos, Hirudineos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros, neurópteros y tricópteros. Los macroinvertebrados dulceacuícolas juegan papeles muy importantes dentro de básicamente todos los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos; controlan la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos; sirven como alimento para animales terrestres, como arañas, aves y murciélagos. Los insectos son componentes importantes en la dieta de las aves y murciélagos e incluso pueden afectar su distribución. Hay que señalar la gran importancia que tienen en los estudios de calidad del agua, evaluación ambiental y biomonitoreo acuático.

## **5.2 Fitoplancton**

### **5.2.1 Listado taxonómico**

#### **5.2.1.1 Objetivos**

Determinar la riqueza de especies y abundancia de la comunidad planctónica en el manantial y el río Teuchitlán, Jalisco.

#### **5.2.1.2 Métodos**

##### **Eventos de recolección**

La colecta del material biológico se basó en salidas al campo en los meses de septiembre, noviembre del 2016, enero, marzo, mayo, julio, septiembre, noviembre

del 2017 y enero, marzo, mayo, julio del 2018. Se tomaron muestras para análisis en el laboratorio en salidas sistemáticas.

### **Técnicas de Campo**

Cada muestra recolectada en cada uno de los sitios de los diferentes ecosistemas se realizó de forma cualitativa, el cual, consistió en arrastres horizontales con redes cónicas de 39  $\mu\text{m}$  durante tres minutos, mientras que la recolecta cuantitativa consistió en tomas directas. El material obtenido fue depositado en frascos de 250 mL y preservado con formol a 4%, para su resguardo y posterior análisis.

### **Técnicas de Laboratorio**

La identificación de las especies se realizó mediante observaciones al microscopio marca AmScope con los objetivos de 40 y 100 X, con los sistemas taxonómicos propuestos Patrick y Reimer (1966, 1975); Prescott y Vinyard (1982); Krammer y Foot 1983; Conforti (1986); Krammer y Lange-Bertalot (1986, 1988, 1991a y 1991b); Round *et al.*, (2000); Dillard (1990); Comas (1996); Krammer (2000 y 2002); Komárek y Anagnostidis (2001, 2002 y 2005) y John *et al.*, (2002).

Con respecto al grupo de las diatomeas, se realizó una limpieza a los frústulos mediante la técnica de Iserentant *et al.*, (1999) para su correcta identificación.

La cuantificación de los organismos se realizó con un microscopio invertido modelo ID03 marca ZEISS con el objetivo de 32 X; con base en una modificación del método de Utermöhl (1958).

### **Riqueza Específica**

La riqueza específica es el número de especies presentes en la comunidad. Un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad es el 'número total de especies' (S).

En el cálculo de la riqueza de especies, se consideró de manera independiente al tamaño de la muestra, considerando la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados (n). Considerando para ello el índice de Margalef (1958).



Para conocer el tamaño mínimo de muestra para el análisis se obtuvo la curva de rarefacción I, con base en el número de especies totales de todos los períodos de muestreo, con base en la propuesta de Chao (1984).

### **Abundancia Relativa**

La abundancia relativa se describe como una fracción de una especie dentro de una comunidad con respecto a su abundancia total. El cuál se determinó mediante la fórmula de Krebs (1985).

### **5.2.1.3 Resultados**

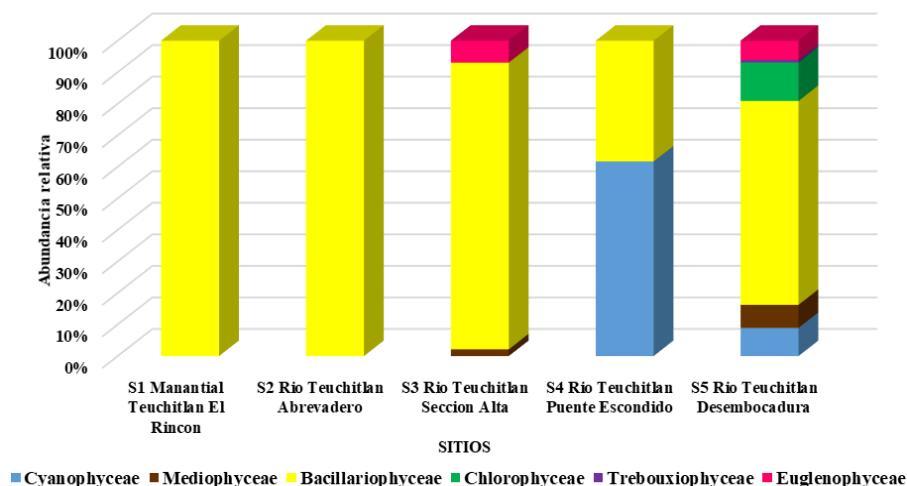
#### **Riqueza del fitoplancton**

Durante la época de estudio la riqueza de especies de la comunidad fitoplanctónica (Anexo 3) fue fluctuante espacial y temporalmente. Del total de muestras analizadas, se registraron siete clases, de las cuales Bacillariophyceae lideró dicho parámetro espacial y temporalmente.

#### **Abundancia del fitoplancton**

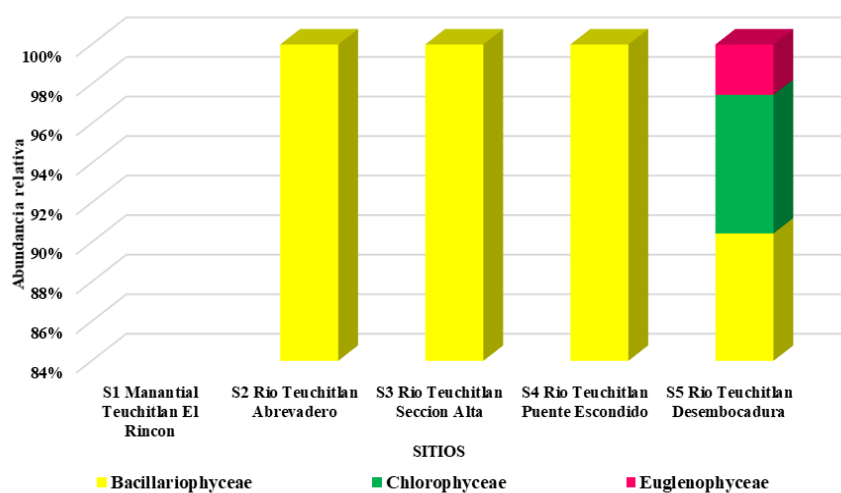
##### *Abundancia del fitoplancton en septiembre 2016*

Durante esta época la comunidad fitoplanctónica estuvo representada por seis clases, de las cuales, las que aportaron mayor porcentaje celular fueron Bacillariophyceae con un máximo valor del 100 % con especies como *Achnantheidium minutissimum* como mejor representante en el sitio 1 y 2, Cyanophyceae en el sitio 4 con el 61.72 % con elevados registros de *Romeria okensis*, Chlorophyceae con el 12 % en el sitio 5 con especies como *Chlamydomonas fusus*, mientras que Mediophyceae con el 7.31 %, Euglenophyceae con el 6.09 % y Euglenophyceae con el 0.08 % presentaron abundancias casi imperceptibles en el sitio 5 (Fig.5.1).



**Figura 5.1.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en septiembre de 2016.  
*Abundancia del fitoplancton en noviembre 2016*

En esta temporada la comunidad planctónica registró una disminución en el número de clases. Del cual, la abundancia relativa estuvo encabezada nuevamente por la clase Bacillariophyceae con valores del 100 % en los sitios 2, 3 y 4 con *Achnantheidium minutissimum* como especie más abundante, mientras que los que aportaron menores porcentajes fueron Chlorophyceae con el 7 % y Euglenophyceae con el 2.54 % en el sitio 5. Es de resaltar que en el Sitio 1 no se obtuvieron aportes de concentraciones celulares del fitoplancton (Fig. 5.2).



**Figura 5.2.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton del en noviembre de 2016

### Abundancia del fitoplancton en enero 2017

El número de clases que representan al fitoplancton en el mes de enero se incrementa con un total de cinco. Una vez más Bacillariophyceae aporta mayores concentraciones con valores del 100 % en el Sitio 1 y 4 con especies como *Nitzschia frustulum* y *Nitzschia palea*, seguido de Chlorophyceae con el 20.17 % en el Sitio 5, con *Chlamydomonas incerta* como una de las mejores representativas, Euglenophyceae con el 9.88% en el Sitio 3 y Mediophyceae con el 9.08 % en el Sitio 2, contra bajos porcentajes de abundancia aportados por Conjugatophyceae con el 1.75 % en el Sitio 5 % (Fig. 5.3).

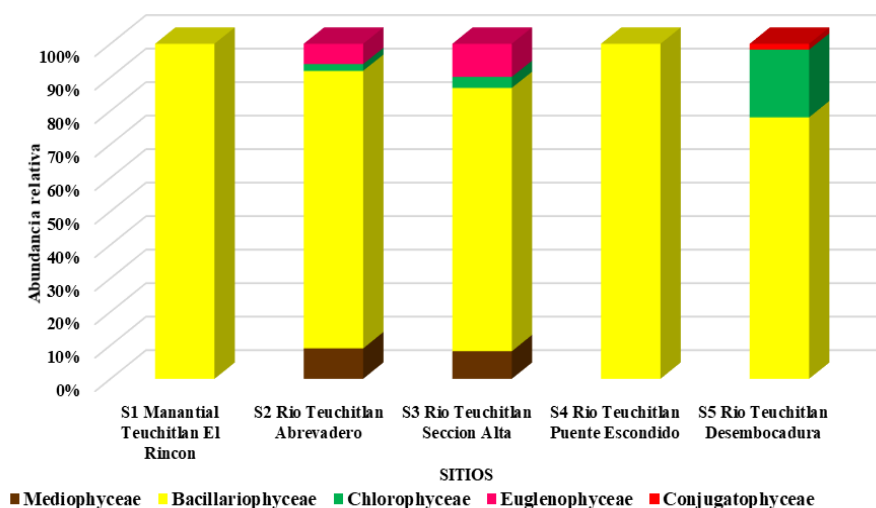
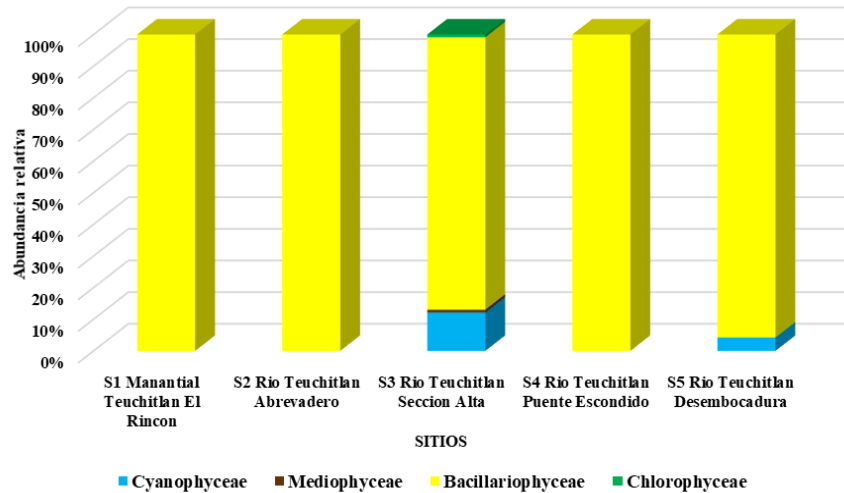


Figura 5.3. Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en enero de 2017.

### Abundancia del fitoplancton en marzo 2017

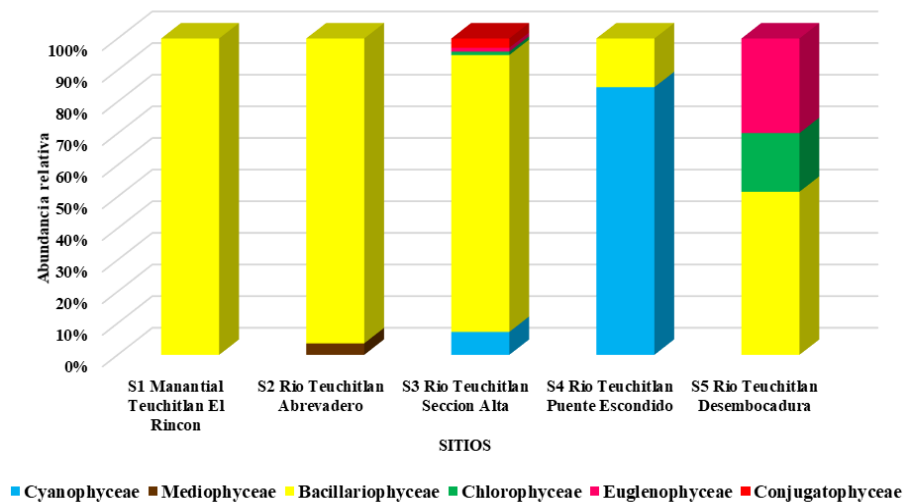
En el mes de marzo la comunidad del fitoplancton se registró cuatro clases. Bacillariophyceae con el 100 % en los Sitios 1, 2 y 4 es la de mayores concentraciones celulares, nuevamente *Achnantheidium minutissimum* es la más abundante. Cyanophyceae con el 12.10 %, Mediophyceae y Chlorophyceae con el 0.89 % en el Sitio 3 aportan valores bajos a este parámetro (Fig. 5.4).



**Figura 5.4.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en marzo de 2017.

### *Abundancia del fitoplancton en mayo 2017*

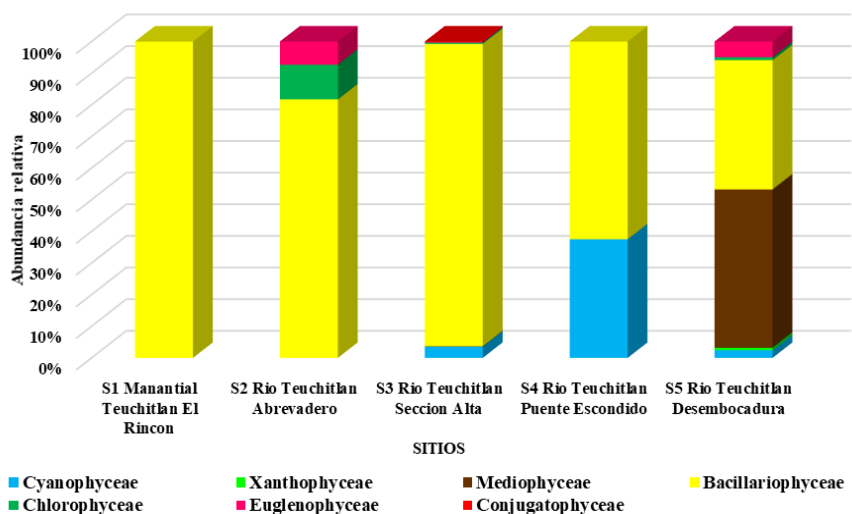
En este mes de estudio la comunidad planctónica registró un incremento en el número de clases. De las cuales las que lideran este parámetro fueron Bacillariophyceae con valores del 100 % en el Sitio 1, nuevamente *Achnantheidium minutissimum* reporta elevados valores de abundancia, precedida de Cyanophyceae con el 84.60 % en el Sitio 4, Euglenophyceae con el 29.89 % y Chlorophyceae con el 18.55 % en el Sitio 5, mientras que Mediophyceae con el 3.63 % en el Sitio 2 y Conjugatophyceae con el 2.95 % en el Sitio 3 registran mínimas concentraciones celulares (Fig. 5.5).



**Figura 5.5.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en mayo de 2017.

### Abundancia del fitoplancton en julio 2017

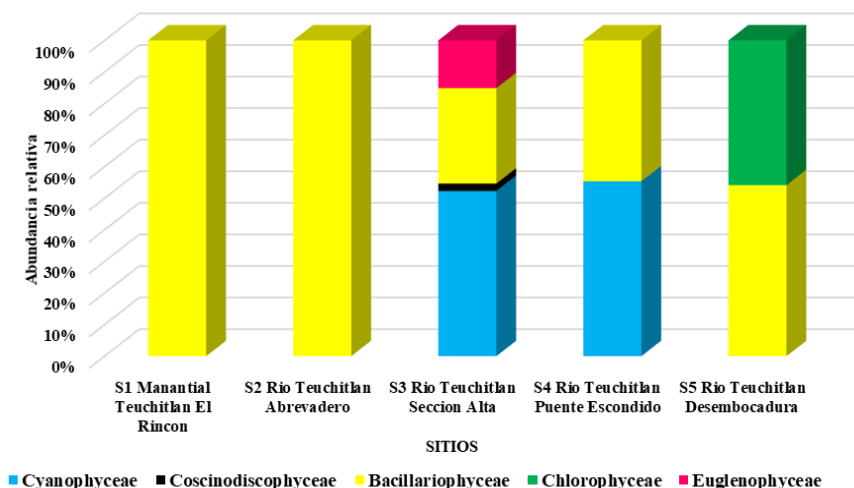
En el mes de julio la comunidad del fitoplancton registró la presencia de siete clases. De las cuales las de mayor porcentaje de abundancia fueron Bacillariophyceae con el 100 % en el Sitio 1, nuevamente con la presencia de *Achnantheidium minutissimum*, Mediophyceae con el 50.04 % en el Sitio 5 con especies como *Cyclotella meneghiniana*, Cyanophyceae con el 37.5 % y Chlorophyceae con el 10.97 %, contra valores mínimos aportados por Euglenophyceae con el 7.31 % en el Sitio 2, Xanthophyceae con el 0.75 % en el Sitio 5 y Conjugatophyceae con el 0.12 % (Fig. 5.6).



**Figura 5.6.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en julio de 2017.

### Abundancia del fitoplancton en septiembre 2017

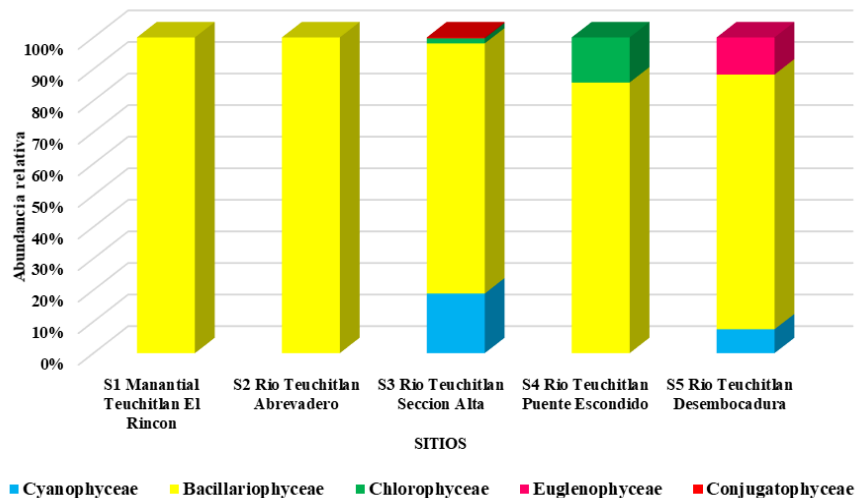
El número de clases en la comunidad del fitoplancton se ve reducida, ya que solo se registraron cinco. Bacillariophyceae con aportes del 100 % en los Sitios 1 y 2 es la que encabeza la abundancia relativa con especies como *Nitzschia frustulum* como una de las de mayor diversidad algal, seguida de Cyanophyceae con el 55.37 % en el Sitio 4 y Chlorophyceae con el 45.83 % en el Sitio 5, mientras que las clases con bajos porcentajes de densidad fueron Euglenophyceae con el 15.11 %, Coscinodiscophyceae con el 2.32 % ambos en el sitio 3 (Fig. 5.7).



**Figura 5.7.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en septiembre de 2017.

#### *Abundancia del fitoplancton en noviembre 2017*

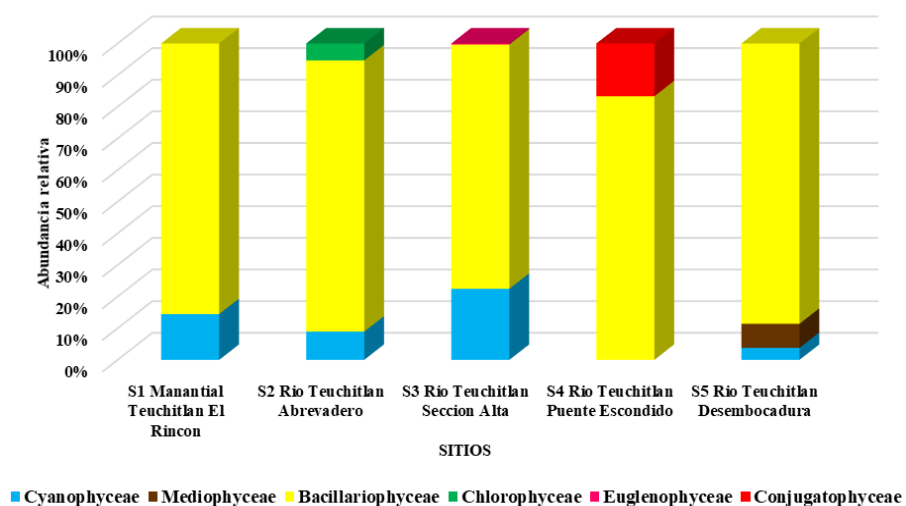
En noviembre se registraron nuevamente cinco clases que constituyeron la comunidad del fitoplancton. De las cuales, Bacillariophyceae con valores del 100 % en los Sitios 1 y 2 una vez más fue la que registró elevadas concentraciones celulares dados por especies como *Nitzschia frustulum* y *Achnantheidium minutissimum*, seguida de Cyanophyceae con el 18.87 % en el Sitio 3, Chlorophyceae con el 14.28 % en el Sitio 4, mientras que los que aportaron niveles bajos de densidad celular fueron Euglenophyceae con el 11.77 % en el Sitio 5 y Conjugatophyceae con el 0.29 % en el Sitio 3 (Fig. 5.8).



**Figura 5.8.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en noviembre de 2017.

### Abundancia del fitoplancton en enero 2018

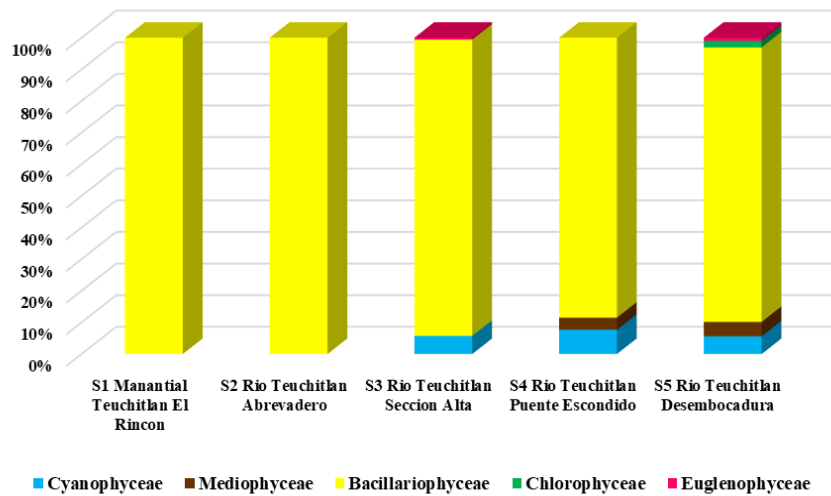
La comunidad planctónica en esta época estuvo representada por seis clases. De las cuales Bacillariophyceae con valores del 88.6 % en el S5 con especies como *Achnantheidium minutissimum* con mayor aporte celular, lidera nuevamente la abundancia relativa en todos los sitios, seguida de Cyanophyceae con el 22.6 % en el Sitio 3 y Conjugatophyceae con el 16.6 % en el Sitio 4, mientras que Mediophyceae con el 7.59 % en el Sitio 5, Chlorophyceae con el 5.36 % en el Sitio 2 y Euglenophyceae con el 0.31 % en el Sitio 3, aportaron bajos porcentajes celulares (Fig. 5.9).



**Figura 5.9.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en enero de 2018.

### Abundancia del fitoplancton en marzo 2018

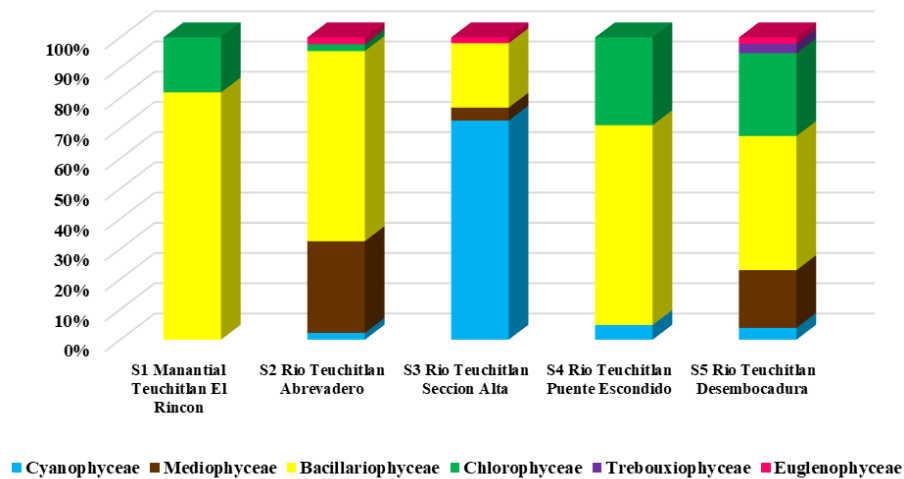
En marzo del 2018 el fitoplancton registró cinco clases. De las cuales, nuevamente Bacillariophyceae lidera los porcentajes de abundancia relativa, con valores del 100% en el Sitio 1 y el Sitio 2, *Achnantheidium minutissimum* registró niveles elevados de concentración celular en todos los sitios y épocas, los siguientes grupos con mayor aporte celular fueron Cyanophyceae con el 7.65 % en el Sitio 4 y Mediophyceae con el 4.56 % en el Sitio 5, mientras que Chlorophyceae con el 2 % en el Sitio 5 y Euglenophyceae con el 1.01 % registraron valores bajos (Fig. 5.10).



**Figura 5.10.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en marzo de 2018.

*Abundancia del fitoplancton en mayo 2018*

En mayo se observó un incremento en el número de clases. Se registraron seis grupos de los cuales Bacillariophyceae lidera este parámetro con el 81.80 % en el Sitio 1, una vez más *Achnantheidium minutissimum* fue una de las especies más representativas, ya que aportó niveles elevados de densidad, le continua la clase Cyanophyceae con el 72.50 % en el Sitio 3, Mediophyceae con el 30.33 % en el Sitio 2 y Chlorophyceae con el 29.03 % en el Sitio 4, por otro lado, las clases con menores porcentajes de abundancia relativa fueron Trebouxiophyceae con el 3.10 % en el Sitio 5 y Euglenophyceae con el 2.24 % en el Sitio 2 (Fig. 5.11).



**Figura 5.11.** Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en mayo de 2018.



### Abundancia del fitoplancton en julio 2018

Finalmente, en el mes de julio se registraron seis clases. Bacillariophyceae registró porcentajes elevados de abundancia relativa, con valores del 100 % en el Sitio 2, con *Achnantheidium minutissimum*, la cual fue la especie con mayor porcentaje de densidad celular en todos los sitios, continua Euglenophyceae con el 28.76 % en el Sitio 4 y Mediophyceae con el 18.87 % en el Sitio 5, mientras que las clases con niveles bajos de concentración celular fueron Cyanophyceae con el 6.29 % y Trebouxiophyceae con el 5.94 % en el Sitio 5 y Chlorophyceae con el 1.99 % en el Sitio 3 (Fig. 5.12).

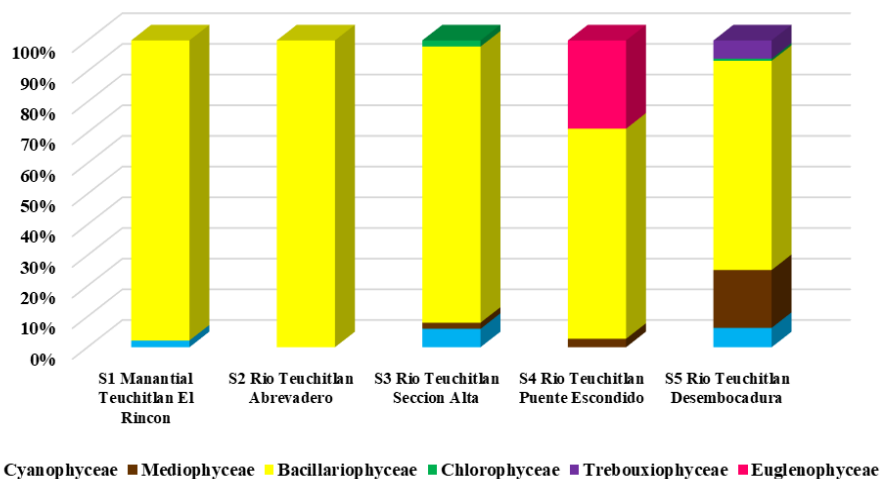


Figura 5.12. Variación espacial de la abundancia del fitoplancton en julio de 2018.

#### 5.2.1.4 Conclusiones

La riqueza de especies de la comunidad del fitoplancton estuvo representada espacial y temporalmente por la clase Bacillariophyceae. Dicho grupo lideró la abundancia relativa en el manantial, en donde a su vez el registro de otros grupos de especies planctónicas es poco frecuente.

En los sitios 2, 3, 4 y 5, se registró el mayor número de clases de la comunidad fitoplanctónica, particularmente en el sitio 5. Sin embargo, en dichos sitios la clase Bacillariophyceae lidera la riqueza y abundancia relativa durante todo el periodo de estudio.

## 5.2.2 Calidad del agua de los manantiales y el río Teuchitlán con base en el sistema de saprobios con base en el fitoplancton.

### 5.2.2.1 Objetivos

Evaluar la calidad ambiental de los ecosistemas de agua dulce mediante especies indicadoras de la comunidad del fitoplancton, con base en el sistema de saprobios.

### 5.2.2.2 Métodos

#### Sistema de Saprobios

La información de la comunidad del fitoplancton, fue utilizada para determinar el grado de contaminación orgánica del sistema, con base en el índice de Saprobiedad (Sládecek 1973), dicho índice establece que los organismos saprobios son plantas y animales que están estrechamente ligados a unas determinadas condiciones de mayor o menor contaminación orgánica, y por ello son adecuados para su uso como organismos indicadores.

El concepto de saprobiedad está relacionado con la contaminación por materia orgánica y los organismos que viven en la zona quimio biótica.

Se considera la saprobiedad (Cuadro 5.1) en zonas L (incluyendo subzonas x, o,  $\beta$ ,  $\alpha$  y p) y E (incluye subzonas i, m, h, u), las cuales evidencian el incremento de la cantidad de materia orgánica que es capaz de ser descompuesta por los degradadores o descomponedores, y la saprobiedad en la zona T (que incluye las subzonas a, r, c) es característica de un ambiente donde los materiales no son degradados por los microorganismos, y C como la zona característica de aguas limpias (Ortega, 1995).

Este índice se determinó mediante el índice de Sládecek

$$S = \frac{\sum (h \cdot si)}{\sum h}$$

Dónde:

S: saprobiedad

h: Abundancia relativa

si: Índice saprobio

Para la obtención del peso indicativo (G) es necesario determinar la DBO<sub>5</sub> de cada muestra; la ocurrencia del organismo se clasifica en las zonas saprobias de acuerdo a la DBO<sub>5</sub> (Cuadro 5.2), el total de ocurrencias se extrapola a 10 y el resultado se multiplica por las ocurrencias presentadas en cada zona. Debido a que en las claves de pesos indicativos (Cuadro 5.2) no manejan decimales, los resultados se redondean.

**Cuadro 5.1.** Sistema de saprobios

<b>Sistema de saprobios</b>	<b>de Abreviación es</b>	<b>el sistema de S</b>	<b>Interpretación</b>
		<b>saprobios</b>	
Katarosaprobiedad	K	-	
		0.5	Agua sin contaminación
Xenosaprobiedad	X	0.5	
Oligosaprobiedad	O	1.5	
Y mesosaprobiedad	Y	2.0	Agua con indicios de contaminación y
β mesosaprobiedad	B	2.5	presencia de aguas de residuo sin
α mesosaprobiedad	α	3.5	tratamiento
Polisaprobiedad	p	4.5	Agua contaminada, exclusiva para
Isosaprobiedad	i	5.5	uso industrial
Metasaprobiedad	m	6.5	Agua contaminada, con agua residual
Hipersaprobiedad	h	7.5	sin tratamiento. Uso restringido
Ultrasaprobiedad	u	8.5	

Los valores del sistema saprobio fluctúan de -0.5 a 8.5, considerando las siguientes categorías: katarosaprobiedad, xenosaprobiedad, oligosaprobiedad, u mesosaprobiedad, β mesosaprobiedad, α mesosaprobiedad, polisaprobiedad, isosaprobiedad, metasaprobiedad, hipersaprobiedad y ultrasaprobiedad, como se distingue en el cuadro 5.1.

El índice saprobio (Si) de cada especie se obtiene graficando el peso indicativo. Colocando en el eje de la X las zonas saprobias y en el eje de la Y el peso indicativo y el número de ocurrencias, (Fig. 5.13). El valor consta de dos partes, la primera es

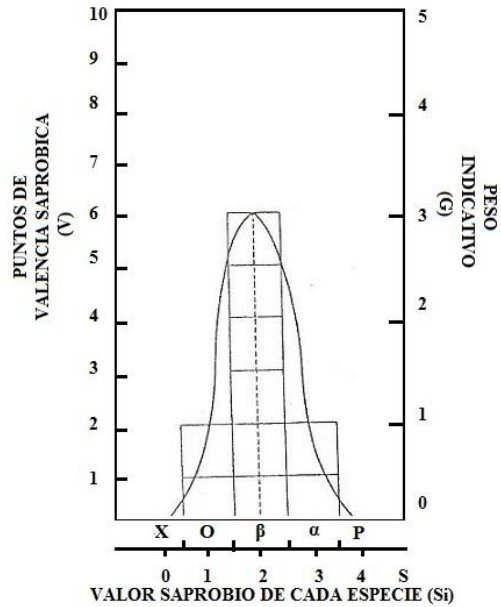
la distancia de una zona con otra (corresponde un valor aproximadamente a uno) y la segunda se obtiene restando de la ocurrencia mayor con la más pequeña. Si el peso indicativo arroja más de 2 columnas se toman los valores más grandes (cuadro 5.3). Este se representa con número (primera parte) y Decimales (segunda parte; Sládecek, 1973).

**Cuadro 5.2.** Relación de las Zonas Saprobias con el DBO<sub>5</sub> (Sládecek, 1973).

Nivel	S	DBO <sub>5</sub> mg/L
X	0.5	1
O	1.5	2.5
B	2.5	5
α	3.5	10
p	4.5	50
i	5.5	400
m	6.5	700
h	7.5	2,000
u	8.5	120,00

**Cuadro 5.3.** Claves del peso indicativo (Sládecek 1973).

G	Tasa de puntos							
5	10	9:1						
4	8:2	7:3	1:8:1					
3	6:4	5:5	1:7:2	1:6:3	2:6:2			
2	1:5:4	2:5:3	2:4:4	3:4:3	1:7:1:1	1:6:2:1		
1	1:2:5.2	1:1:5:3	1:2:4:3	1:4:4:1	1:3:3:3	1:2:3:2:2	1:2:4:2:1	1:2:5:1.1



**Figura 5.13.** Índice Saprobio (Sládecek, 1973).

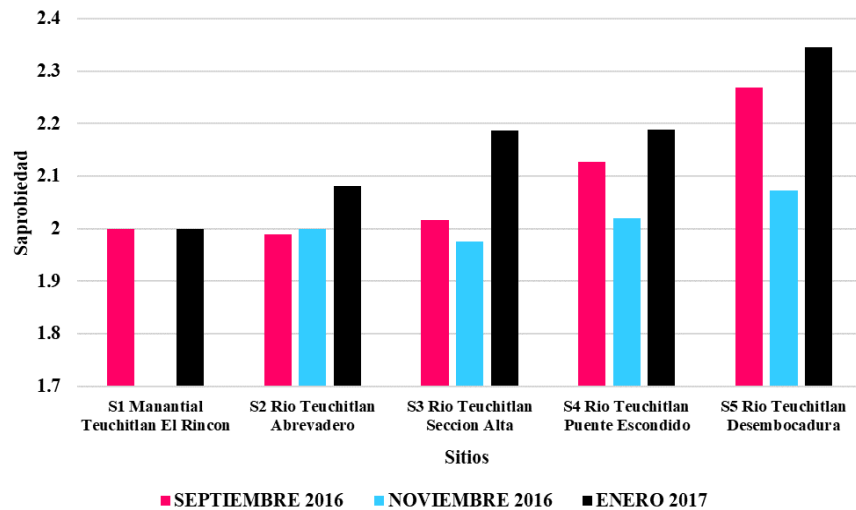
### 5.2.2.3 Resultados

#### Sistema de Saprobios

El Índice de Saprobiidad que determina la expresión de la comunidad planctónica en sistemas acuáticos con carga orgánica exhibida por la demanda bioquímica de oxígeno ( $DBO_5$ ), establece en el periodo septiembre 2016 a enero de 2017, el manantial y los sitios que corresponden al río Teuchitlán (zona alta, media y baja) presentaron variación en la escala de dicho índice (Fig. 5.14).

Por lo que en el Sitio 1 se registra un valor de 0 en el mes de noviembre del 2016 debido a la ausencia de especies fitoplanctónicas, mientras que en septiembre de 2016 y enero de 2017 el valor fue de 2.0, lo cual sugiere un ambiente con aguas y mesosaprobiedad, dicha categoría permite describir que el sistema posee agua limpia a moderadamente contaminada, útil para la protección acuática, el riego y la actividad pesquera.

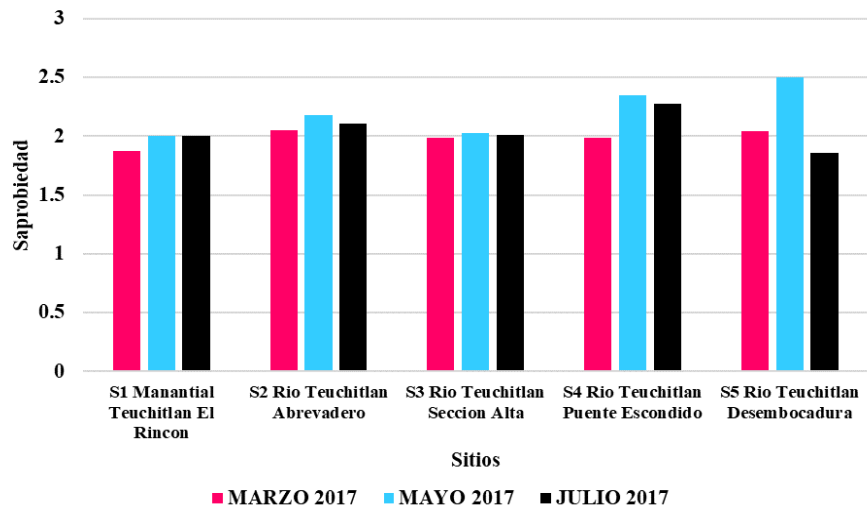
En esta misma época de muestreo, los sitios que corresponden al río Teuchitlán (sitios 2 al 5), dicho índice los clasifica como  $\gamma$  mesosaprobiedad, indicando que poseen aguas con ligera contaminación con presencia de aguas de residuo sin tratamiento (Fig. 4.23).



**Figura 5.14.** Variación espacial del Índice de Saprobios de septiembre 2016 a enero de 2017.

Con respecto a los meses de marzo, mayo y julio del 2017, nuevamente los valores de saprobiedad fueron fluctuantes tanto en el manantial como en las zonas que corresponden al río. Por lo que en el Sitio 1 en marzo de 2017 presentó características de Oligosaprobiedad, mientras que en mayo y julio de 2017 dicho sitio incrementa ligeramente los valores en la escala del índice con registros de 2, catalogándolo como y mesosaprobiedad, indicando que el sistema posee aguas que fluctúan de limpias a ligeramente contaminadas.

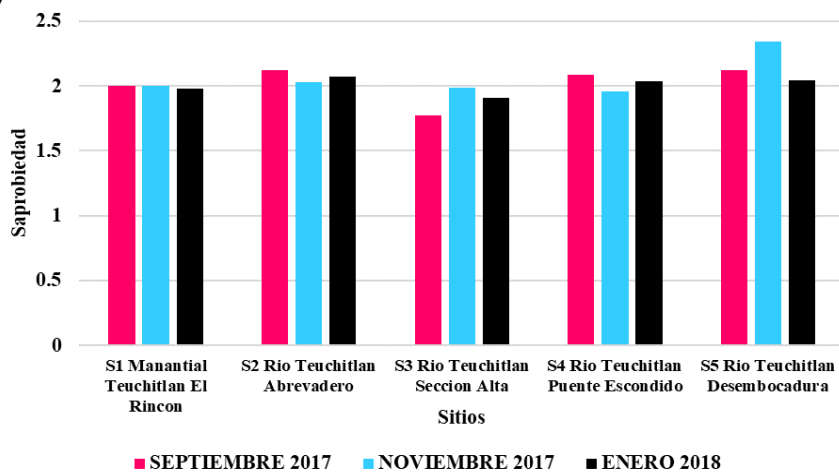
Mientras que la calidad del agua determinada por el índice de saprobiedad sugiere que los sitios que corresponden al río durante esta época permiten catalogarlo como y mesosaprobiedad a  $\beta$  mesosaprobiedad debido a que presentó valores de 2 a 2.4, sin embargo, en el Sitio 5 en el mes de julio registró un ligero cambio sugiriendo que poseía aguas con categoría de Oligosaprobiedad con un valor de 1.8 en la escala propuesta por dicho índice (Fig. 5.15).



**Figura 5.15.** Variación espacial del Índice de Saprobios de marzo a julio de 2017.

Con respecto a los meses de septiembre y noviembre de 2017 y enero de 2018, los valores del índice indicaron que la calidad del agua en el manantial continúa siendo y mesosaprobiedad con un ligero cambio en enero del 2018 al registrar un valor de 1,98.

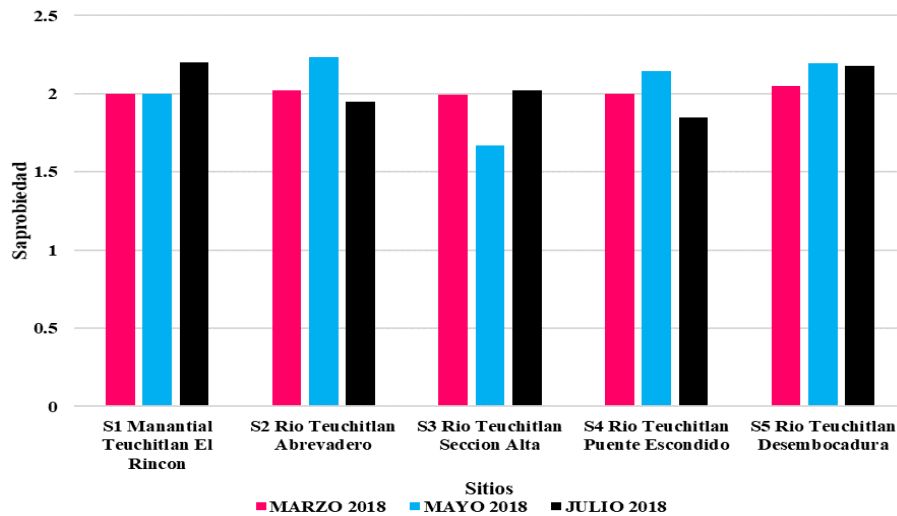
Con respecto al río, en este periodo de muestreo registró ligeras fluctuaciones en la calidad ambiental principalmente en el sitio 3, ya que el índice sugiere que posee aguas con categoría de Oligosaprobiedad con valores que oscilan de 1.7 a 1.9, mientras que la calidad del agua en el resto de los sitios los clasificó como Oligosaprobios con tendencia a la  $\beta$  mesosaprobiedad en los tres meses de estudio (Fig. 5.16).



**Figura 5.16.** Variación espacial del Índice de Saprobios de septiembre 2017 a enero de 2018.

El análisis de la calidad del agua con base al índice de saprobiedad sugiere que en los meses de marzo, mayo y julio del 2018, sugieren que el manantial posee aguas de tipo y mesosaprobiedad, en el mes de julio, en esta sesión del complejo hídrico se registró un valor elevado del 2.19.

Por otro lado, en las secciones que comprenden el río presentan aguas y mesosaprobiedad con ligeras fluctuaciones. Sin embargo, el S3 que corresponde la sección alta del sistema lótico posee los niveles más bajos de saprobiedad, principalmente en los meses de marzo y mayo, clasificándolo en el nivel de Oligosaprobiedad, sin embargo, se incrementa en el mes de julio con un valor del 2.01, lo cual sugiere una tendencia a la y mesosaprobiedad (Fig. 5.17).



**Figura 5.17.** Variación espacial del Índice de Saprobios de marzo 2018 a julio de 2018

#### 5.2.2.4 Conclusiones

El sistema de saprobios con base en la comunidad del fitoplancton sugiere que el manantial alberga agua de buena calidad, ligeramente contaminada, el cual es catalogado como Xenosaprobia con tendencia a la Y mesosaprobia con valores de 1.8 a 2.3.

Los sitios 2, 3, 4 y 5 incrementan la variación del sistema saprobio, clasificándolos como oligomesosaprobio a betamesosaprobio, albergando agua ligeramente contaminada.



## **5.3 Zooplancton**

### **5.3.1 Listado taxonómico**

#### **5.3.1.1 Objetivo**

Evaluar la riqueza y abundancia del zooplancton en el río Teuchitlán.

#### **5.3.1.2 Métodos**

##### **Evento de recolección**

Se asistió al campo en los meses de septiembre y noviembre de 2016, así como en enero, marzo, mayo, julio, septiembre, noviembre del 2017 y enero, marzo, mayo, julio de 2018, en los cuales se tomaron muestras para análisis en el laboratorio en salidas sistemáticas.

##### **Técnicas de Campo**

La recolecta de muestras se llevó a cabo de forma cualitativa por medio de un arrastre horizontal con redes cónicas de 60  $\mu\text{m}$ , mientras que la recolecta de muestras de forma cuantitativa consistió en filtrados de 20 L con una red cónica de 60  $\mu\text{m}$ . El material colectado para identificación y cuantificación se colocó en frascos de plástico y preservado con formol al 4%, para su resguardo y posterior análisis.

##### **Técnicas de Laboratorio**

En la determinación de organismos del zooplancton se utilizó un microscopio óptico marca Amscope con los objetivos de 10, 20 40 y 100 X, destacando estructuras superficiales, reproductoras y aparatos de filtración. Siguiendo los criterios de: Olivier (1965), Elster y Ohle (1974), Koste (1978), Koste y Shiel (1987), Koste y Shiel (1989), Sarma y Elías-Gutiérrez (1999), Nogrady y Segers (2002), Elías-Gutiérrez (2006) y Elías-Gutiérrez *et al.* (2008).

La cuantificación de organismos se realizó con un microscopio invertido modelo ID03 marca ZEISS con el objetivo de 32 X; con base en una modificación del método de Utermöhl (1958).

### **Riqueza específica**

La riqueza específica se relacionó con el número de especies presentes en la comunidad. Un índice apropiado para caracterizar la riqueza de especies de una comunidad es el 'número total de especies' (S).

En el cálculo de la riqueza de especies, se consideró de manera independiente al tamaño de la muestra, considerando la relación entre el número de especies y el número total de individuos observados (n). Considerando para ello el índice de Margalef (1958).

Para determinar el tamaño mínimo de muestra para el análisis se obtuvo la curva de rarefacción I, con base en el número de especies totales de todos los períodos de muestreo, con base en la propuesta de Chao (1984).

### **Abundancia relativa**

La abundancia relativa de una especie dentro de una comunidad se refiere a la fracción con la que contribuye dicha especie a la abundancia total de la comunidad (Franco *et al.*, 1985). Esta se determina mediante la fórmula de Krebs (1985).

## **5.3.1.3 Resultados**

### **Riqueza del zooplancton**

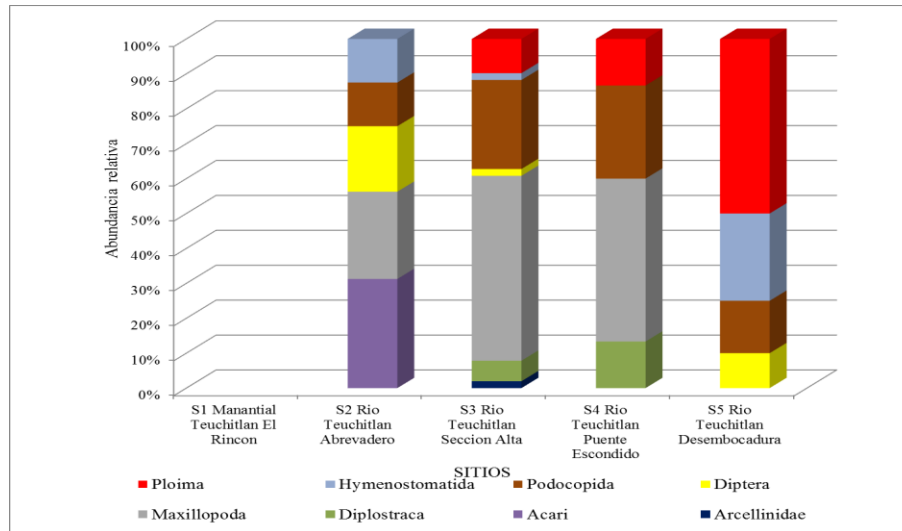
Durante la época de estudio la riqueza de especies de la comunidad zooplanctónica (Anexo 5) fue fluctuante espacial y temporalmente. Del total de muestras analizadas, se identificaron 20 taxa, los cuales pertenecen a trece órdenes, de los cuales Ploima y Aconchinulida lideraron dicho parámetro espacial y temporalmente, en diferentes eventos de muestreo.

### **Abundancia del zooplancton**

#### *Abundancia del zooplancton en septiembre 2016*

En dicho período se registraron ocho grupos del zooplancton de los cuales, los que aportaron mayor porcentaje en abundancia fueron Maxillopoda con 52.94% (96.42 org/L) en el sitio 3 y Ploima con el 50% (35.71 org/L) en el sitio 5. Mientras que los grupos que presentaron valores bajos de abundancia fueron Arcellinidae y Diptera

con un valor del 1.96% (3.51 org/L) en el sitio 3. Es de resaltar que en el sitio 1 no se registraron organismos pertenecientes a la comunidad del zooplancton (Fig. 5.18).



**Figura 5.18.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de septiembre de 2016.

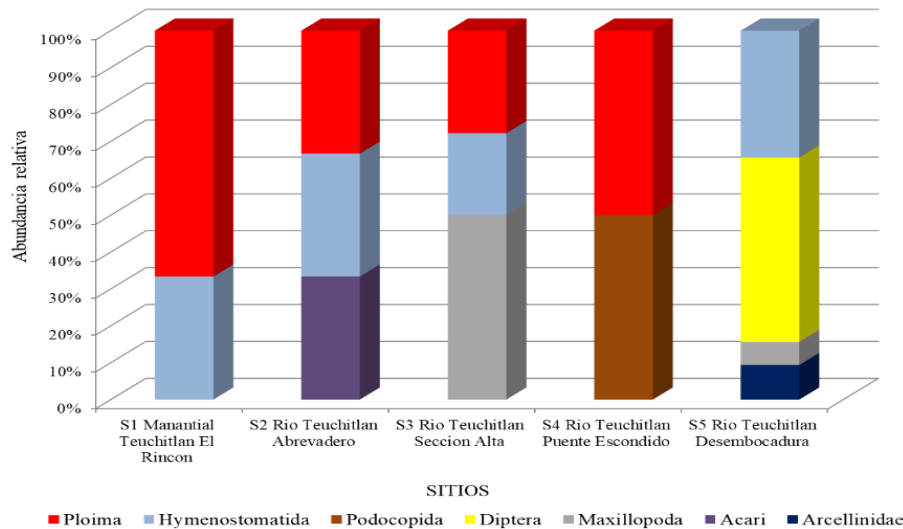
#### *Abundancia del zooplancton en noviembre 2016*

El número de grupos del zooplancton en el mes de noviembre se redujo a siete, de los cuales, los que aportaron mayor densidad fueron Ploima con un valor máximo del 66.6% (7.14 org/L) en el sitio 1, Maxillopoda en el sitio 3 (32.14 org/L), Podocopida en el sitio 4 (3.57 org/L) y Diptera en el sitio 5 (57.14 org/L), los tres con valores del 50%, mientras que los grupos que registraron una baja concentración de organismos fueron Arcellinidae con el 9.37% (10.71 org/L) y Maxillopoda (7.14 org/L) con el 6.25% en el sitio 5 (Fig. 5.19).

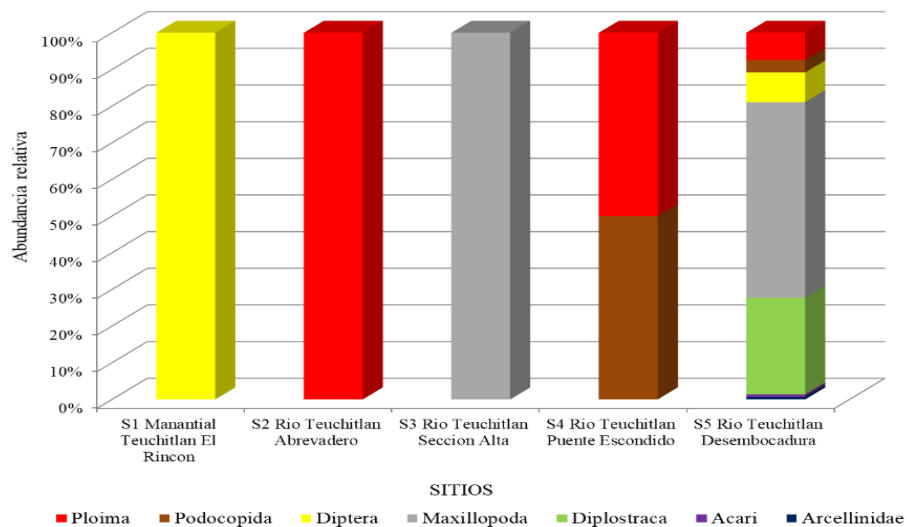
#### *Abundancia del zooplancton en enero 2017*

En este mes se registraron siete grupos (Fig. 5.20), de los cuales los que aportaron porcentajes de 100% en abundancia fueron Diptera (sitio1 con 3.57 org/L), Ploima (sitio 2 con 82.14 org/L) y Maxillopoda (sitio 3 con 14.28 org/L), mientras que Podocopida y Ploima exhiben valores del 50% (3.57 org/L) en el sitio 4. En tanto en el sitio 5 se obtuvieron valores mínimos en abundancia en estos dos grupos, reportándose el mayor número de grupos, en donde Maxillopoda (53.3% con 282

org/L) fue el más representativo, en tanto que Arcellinidae (3.57 org/L) y Acari (3.57 org/L) presentaron porcentajes bajos en la abundancia aportada por la comunidad zooplanctónica (0.67%).



**Figura 5.19.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de noviembre de 2016.

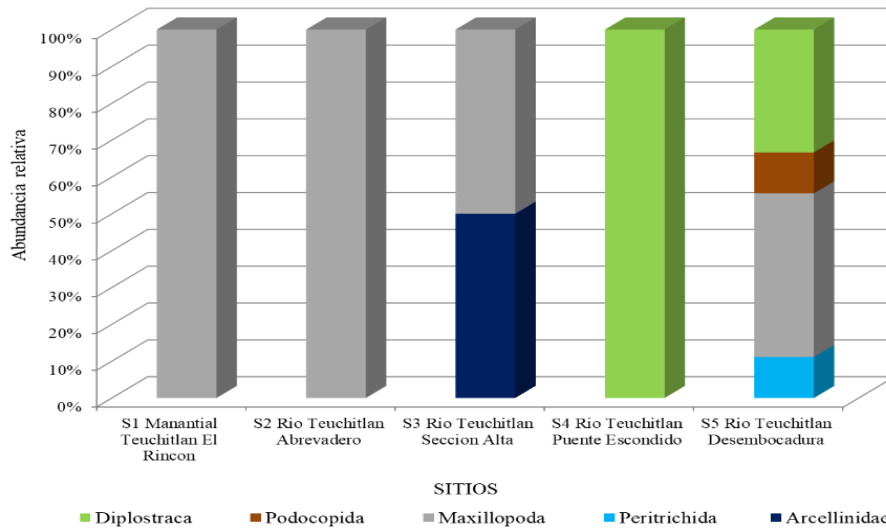


**Figura 5.20.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de enero de 2017.

#### *Abundancia del zooplancton en marzo 2017*

En marzo se registró la presencia de cinco grupos. Maxillopoda encabeza el parámetro con aportes del 100% (3.57 org/L) en los sitios 1 y 2, seguido de

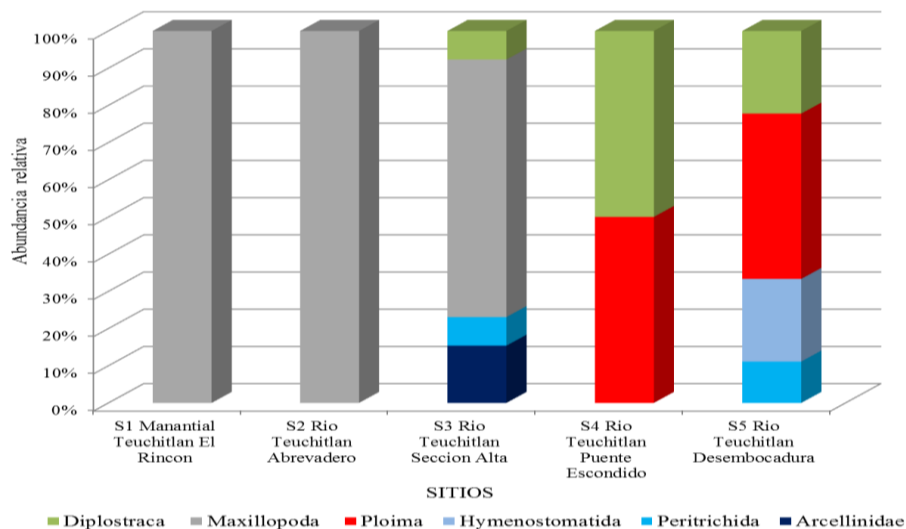
Diplostraca con el mismo porcentaje de abundancia en el sitio 4 (7.14 org/L), mientras que Arcellinidae registra el 50% en el sitio 3 con 3.57 org/L. Cabe resaltar que Peritrichida y Podocopida se presentaron en el sitio 5 con una contribución del 11.1% (3.57 org/L) (Fig. 5.21).



**Figura 5.21.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de marzo de 2017.

#### *Abundancia del zooplancton en mayo 2017*

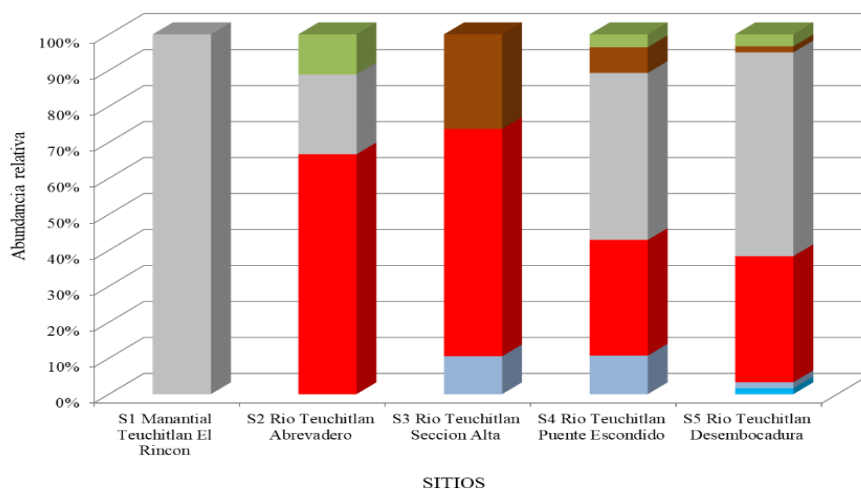
En este mes se identificaron organismos pertenecientes a seis grupos de la comunidad del zooplancton, de los cuales Maxillopoda es uno de los grupos con mayor abundancia relativa, con valores del 100% (7.14 org/L) en los sitios 1 y 2, seguido de Diplostraca y Ploima en el sitio 4 ambos con 50% (7.14 org/L). Los grupos taxonómicos con menor abundancia relativa se presentaron en el sitio cinco, destacando Hymenostomatida con el 22% (7.14 org/L) y Peritrichida con el 18% (3.57 org/L) en el sitio 5, así como Arcellinidae con el 15% (7.14 org/L) en el sitio 3 (Fig. 5.22).



**Figura 5.22.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de mayo de 2017.

*Abundancia del zooplancton en julio 2017*

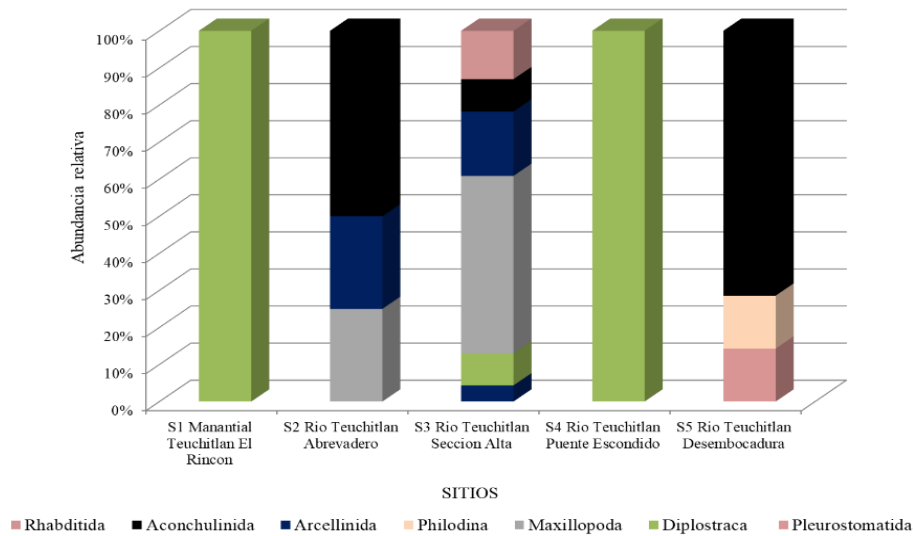
La abundancia del zooplancton en el mes de julio estuvo representada por seis grupos. Una vez más Maxillopoda aporta el mayor valor en el parámetro, con el 100 % de la abundancia relativa en el sitio 1 (7.14 org/L), seguido de Ploima con el 66.7 % (21.42 org/L) en el sitio 2. Mientras que los grupos con aportes bajos en la abundancia relativa fueron Podocopida con el 1.6 % (3.57 org/L) en el sitio 5, Diplostraca con el 3.3 % (7.14 org/mL) en el sitio 5, Hymenostomatida con el 1.6 % (3.5 org/L) en el sitio 5 y Peritrichida con el 1.7% (3.5 org/L) en el sitio 5 (Fig. 5.23).



**Figura 5.23.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de julio de 2017.

### Abundancia del zooplancton en septiembre 2017

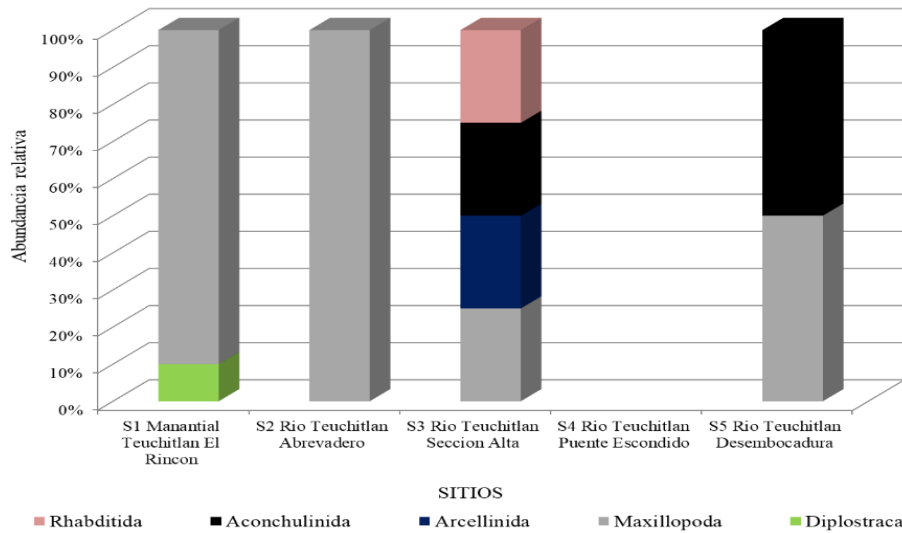
En este mes, la abundancia de la comunidad del zooplancton fue aportada por siete grupos taxonómicos (Fig. 5.24), de los cuales Diplostraca, aporta el 100 % de la abundancia relativa en los sitios 1 y 4 con 3.57 org/L en cada sitio. Es relevante en dicho mes la presencia de Aconchulinida en los sitios 2 y 5 con 50 % (7.14 org/L) y 71.42 % (17.85 org/L) respectivamente, así como el registro de Maxillopoda en el sitio 3 con 47.82 % (39.28 org/L).



**Figura 5.24.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de septiembre de 2017.

### Abundancia del zooplancton en noviembre 2017

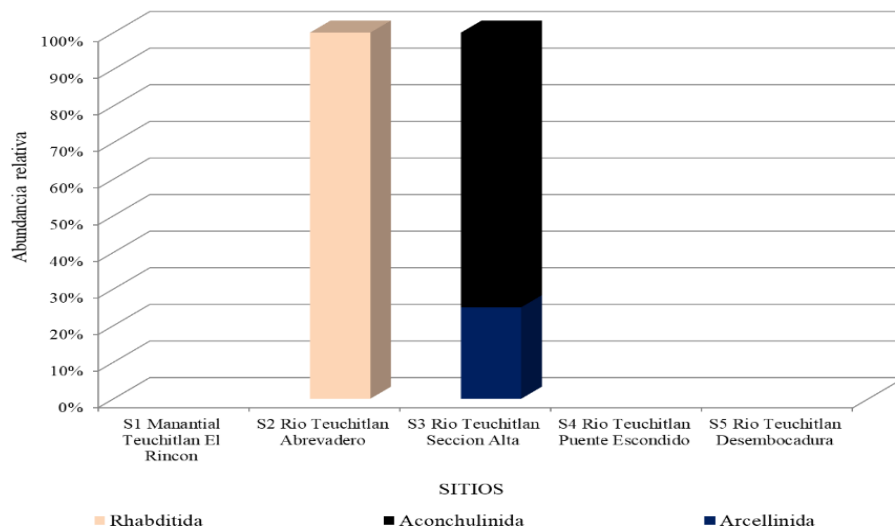
En noviembre la abundancia del zooplancton estuvo representada por cinco grupos (Fig. 5.25), de los cuales el grupo Maxillopoda alcanzó un 100 % (3.5 org/L) en el sitio 2 y un 90 % (32.14 org/L) en el sitio 1. El segundo grupo con un aporte porcentual relevante es Aconchulinida con 50 % (3.57 org/L) para el sitio 5 y 25 % (3.57 org/L) para el sitio 3. El grupo con menor proporción en la abundancia relativa corresponde a Diplostraca con 10 % (3.57 org/L) en el sitio 1. Cabe resaltar que el sitio cuatro no presentó organismos heterótrofos en la columna del agua.



**Figura 5.25.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de noviembre de 2017.

*Abundancia del zooplancton en enero 2018*

La comunidad del zooplancton estuvo representada en el mes de enero por tres grupos (Fig. 5.26), de los cuales sobresale Rhabditida con el 100 % (10.7 org/L) de la abundancia en el sitio 2, seguidos de Aconchulinida con el 75 % (21.4 org/L) y Arcellinida con el 25 % (7.14 org/L) en el sitio 3. Es relevante mencionar que los sitios 1, 4 y 5 no aportaron organismos de dicha comunidad a la columna del agua durante este mes.

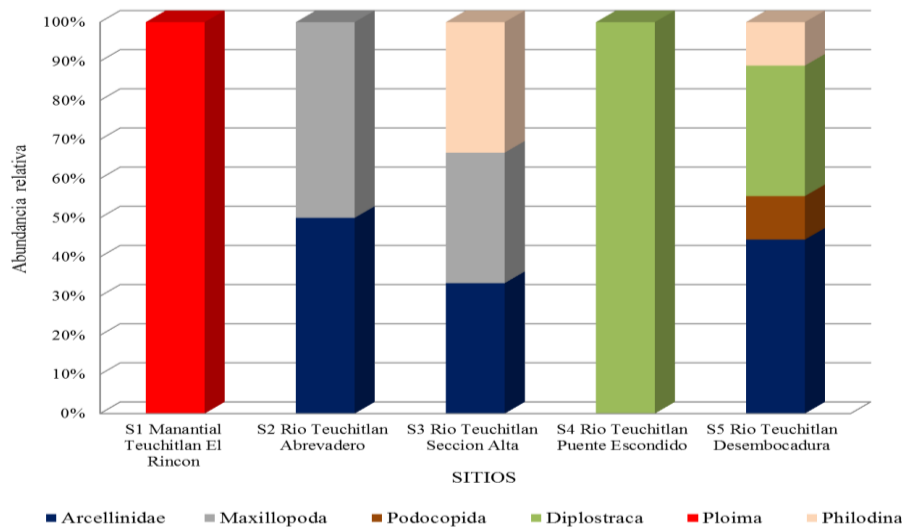


**Figura 5.26.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de enero de 2018.



### Abundancia del zooplancton en marzo 2018

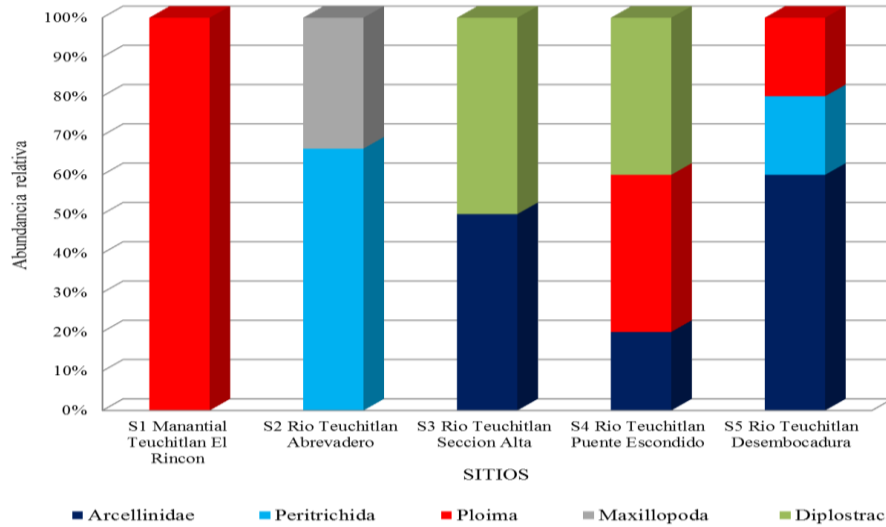
En el mes de marzo la comunidad del zooplancton estuvo representada por seis grupos (Fig. 5.27), de los cuales sobresale Ploima y Diplostraca con el 100 % (3.57 org/L) de la abundancia en el sitio 1 y 4 respectivamente, seguidos de Maxillopoda con poco más del 50 % (3.57 org/L) en el sitio 2. Cabe mencionar que el grupo con una baja abundancia relativa fue Podocopida en el sitio 5 con poco más del 10 % (3.57 org/L).



**Figura 5.27.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de marzo de 2018.

### Abundancia del zooplancton en mayo 2018

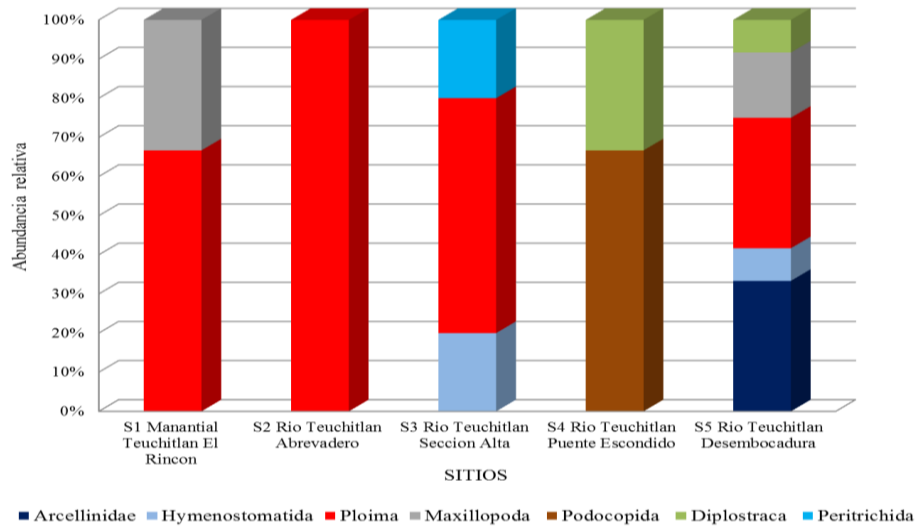
La abundancia relativa de la comunidad del zooplancton en éste mes fue aportada por cinco grupos taxonómicos (Fig. 5.28), de los cuales Ploima aporta el 100 % de la abundancia relativa en el sitio 1 (7.14 org/L), seguido de Peritrichida con el 65 % (3.57 org/L) en el sitio 2. Es relevante la presencia de Arcellinidae en los sitios 3 y 5 con 50 % (3.57 org/L) y 60 % (10.71 org/L) respectivamente, así como el registro de Diplostraca en el sitio 3 con 50 % (3.57 org/L) y el 40% (7.14 org/L) en el sitio 4. Mientras que Maxillopoda aporta el 35 % (3.57 org/L) de la abundancia relativa en el sitio 2.



**Figura 5.28.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de mayo de 2018.

*Abundancia del zooplancton en julio 2018*

En éste periodo la abundancia relativa del zooplancton estuvo representada por siete grupos (Fig. 5.29), de los cuales Ploima aporta el 100 % de la abundancia relativa en el sitio 2 (7.14 org/L), así como el 65% de dicho parámetro en el sitio 1 (7.14 org/L) y el 60% en el sitio 3 (10.71 org/L). En orden de importancia se encuentra Podocopida con el 65 % de la abundancia relativa en el sitio 4 (7.14 org/L), así como Arcellinidae con el 30 % en el sitio 5 (14.28 org/L). Mientras que el mínimo lo aporta Hymenostomatida con cerca del 8% de la abundancia relativa (3.57 org/L).



**Figura 5.29.** Variación espacial de la abundancia del zooplancton del mes de julio de 2018.

#### 5.3.1.4 Conclusiones

Se establece que la comunidad del zooplancton, presenta una estructura altamente variable en el periodo de estudio, ya que las especies determinadas bimestralmente fluctúan en su presencia de forma espacial y temporal.

La cabecera del río Teuchitlán representada por el manantial El Rincón (sitio 1), en la mayor parte del periodo de muestreo carece de organismos pertenecientes a la comunidad del zooplancton, derivado de la baja productividad que presenta el sitio, el corto periodo de residencia del agua, así como su baja carga orgánica.

La riqueza de especies que integran a la comunidad del zooplancton incrementa en el verano, son embargo en el verano de 2017 y 2018, es evidente la presencia de contaminación por material orgánico ya que predominan grupos ameboideos y ciliados.

En el invierno la presencia de organismos de la comunidad del zooplancton decrece en la mayoría de los sitios a causa de la variación estacional del ecosistema acuático, por lo cual ésta temporada climática es catalogada en la zona de estudio como periodo de latencia y predominio de organismos asociados al hábitat bentónico.

El manantial aporta una baja frecuencia de los grupos que integran a la comunidad del zooplancton, destacando la presencia de copépodos (Maxillopoda), cladóceros

(Diplostraca) y larvas de insectos (Diptera), sin embargo, en el último periodo se colonizó de organismos del zooplancton que le permitieron alcanzar una categoría dentro del sistema de saprobios.

### **5.3.2 Estado de los manantiales y el río Teuchitlán con base en el sistema de saprobios con base en la comunidad del zooplancton.**

#### **5.3.2.1 Objetivos**

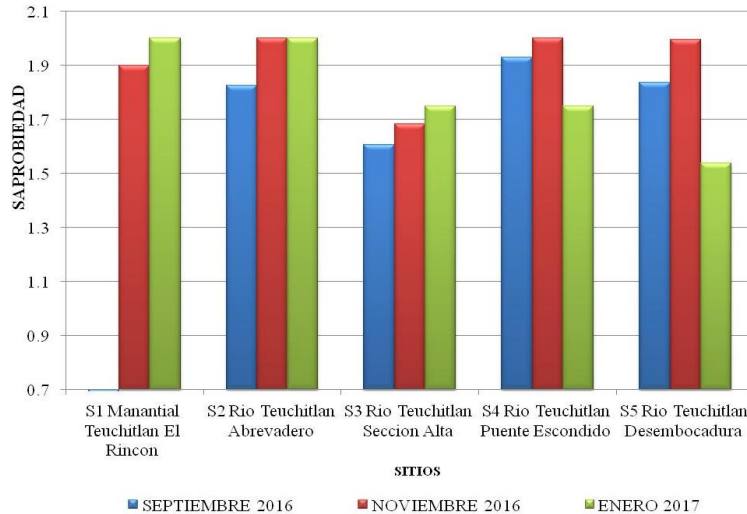
Evaluar mediante bioindicadores de la comunidad del zooplancton el grado de contaminación de los ecosistemas de agua dulce, con base en el sistema de saprobios.

#### **5.3.2.2 Método**

El índice de saprobios de Sládecek (1973) para la comunidad del zooplancton se calculó como se indica en el apartado 5.2.2.2 correspondiente a la comunidad del fitoplancton del presente documento.

#### **5.3.2.3 Resultados**

Con base en los grupos taxonómicos de la comunidad del zooplancton, concurrentes en los sitios con diferente carga orgánica en Teuchitlán, Jalisco, expuesta por la demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), se determina que en el período de septiembre 2016 a enero 2017, el manantial y los sitios de la sección alta, media y baja del río Teuchitlán presentaron valores fluctuantes en la escala de saprobiedad (Fig. 5.30), ya que el sitio 1 muestra un valor en el índice de saprobiedad para el período de muestreo de 0 en el mes de septiembre, relacionado a la ausencia de organismos de dicha comunidad, mientras que para los meses de noviembre y enero, su valor fluctúa entre 1.9 y 2.0; lo cual permite catalogar al sitio como oligosaprobio con tendencia a la Y mesosaprobiedad, categoría que establece que el sistema posee agua que oscila de limpia a un agua con indicios de contaminación, útil para la protección de la vida acuática, el riego y la pesca.



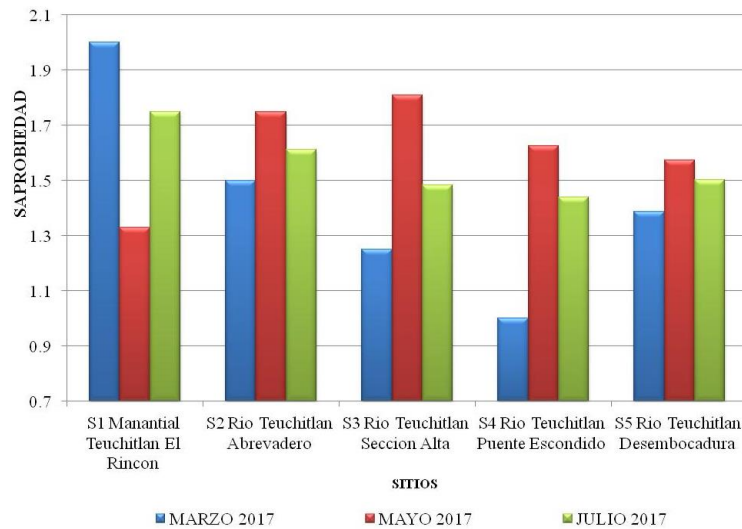
**Figura 5.30.** Variación espacial del Índice de Saprobios de septiembre 2016 a enero de 2017.

En el período comprendido de marzo a julio de 2017 los valores del sistema saprobio manifiestan con base en los organismos bioindicadores, un agua de baja carga orgánica, la cual oscila entre una condición xenosaprobia hasta Y mesosaprobia (Fig. 5.31).

El sitio 1, correspondiente al manantial, presentó características oligosaprobias hasta Y mesosaprobias, propias de agua para el uso recreativo, el riego agrícola y el uso pecuario. Cabe resaltar que dicho sitio presentó el valor más alto en el índice durante el mes de marzo, atribuido al manejo hidráulico del sistema, el cual favoreció la acumulación de material orgánico (Fig. 5.31).

En cuanto a los sitios 2, 3, 4 y 5, es importante mencionar que el sistema saprobio permite clasificarlos como oligosaprobio con tendencia a la Y mesosaprobiedad, con excepción del sitio cuatro, en el mes de marzo, ya que en éste periodo alcanza la mejor condición del índice, dentro de la categoría de xenosaprobio con tendencia a la oligosaprobiedad (Fig. 5.31). Relacionado a que en el periodo de estiaje, representado por el mes de marzo, el río Teuchitlán incrementa su carga orgánica a excepción del sitio 4, el cual presenta una dilución constante por el aforo de un manantial, ubicado en la sección oriente del río, el cual aporta agua de baja carga

orgánica, y con una menor carga nutrimental, propiciando la dilución de la columna del agua del río Teuchitlán, en ésta sección.

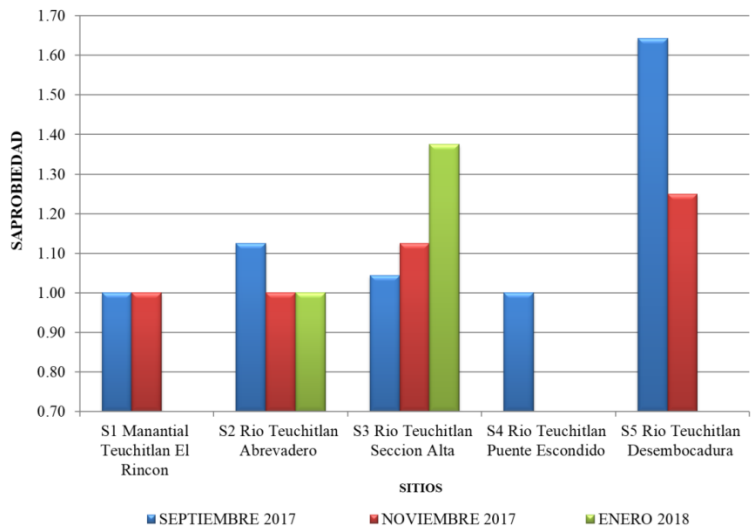


**Figura 5.31.** Variación espacial del Índice de Saprobios de marzo a julio de 2017.

En el período comprendido de septiembre a noviembre de 2017 y enero de 2018, los valores del sistema saprobio manifiestan con base en los organismos bioindicadores, un agua de baja carga orgánica, la cual oscila entre una condición xenosaprobia a oligosaprobia (Fig. 5.32).

El sitio 1, correspondiente al manantial, presentó características xenosaprobias, propias de agua sin contaminación. Cabe resaltar que dicho sitio no presenta un nivel saprobio para el mes de enero, atribuido a la ausencia de organismos del zooplancton en dicho mes (Fig. 5.32).

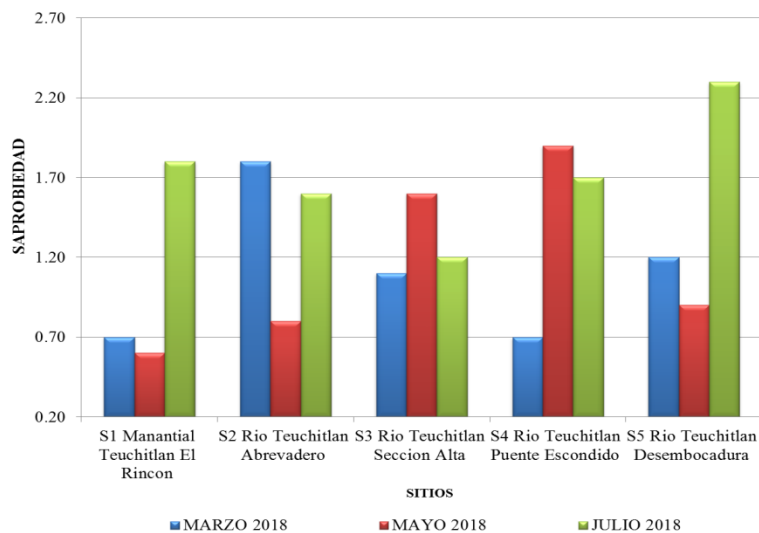
En cuanto a los sitios 2, 3, 4 y 5, es importante mencionar que el sistema saprobio permite clasificarlos como xenosaprobio con tendencia a la oligosaprobiedad, condición que exhibe una óptima calidad del agua.



**Figura 5.32.** Variación espacial del Índice de Saprobios de septiembre 2017 a enero 2018.

En lo que refiere al periodo comprendido del mes de marzo al mes de julio del 2018, cabe destacar que los sitios manifestaron un nivel saprobio fluctuante entre tres categorías, el nivel xenosaprobio, oligosaprobio y Y mesosaprobio. El sitio 1 alcanzó el mínimo en saprobiedad con dos periodos como xenosaprobio y un periodo en oligosaprobiedad (Fig. 5.33).

Los sitios 2, 3, 4 y 5, alcanzaron categorías de xenosaprobios, aunque el sitio 5 obtuvo la categoría de Y mesosaprobio en el mes de julio, con el registro más alto para el semestre IV (Fig. 5.33).



**Figura 5.33.** Variación espacial del Índice de Saprobios de marzo a julio de 2018.

#### **5.3.2.4 Conclusión**

En el río Teuchitlán se registra una importante diversidad de organismos pertenecientes al zooplancton, con baja frecuencia, destacan organismos pertenecientes a ostrácodos (Podocopida), copépodos (Maxillopoda), protozoos ciliados (Peritrichida), así como ameboideos lorificados de vida libre (Arcellinidae) y rotíferos (Ploima).

El sistema de saprobios indica que el manantial alberga agua de buena calidad que se cataloga como oligosaprobio con tendencia a la Y mesosaprobiedad, con valores de 1.3 a 2 en el estimador, mientras que los sitios 2, 3, 4 y 5 incrementaron la variación del sistema saprobio con una categoría de oligomesosaprobio con tendencia a la Y mesosaprobiedad, albergando agua con indicios de contaminación.

### **5.4 Macroinvertebrados**

#### **5.4.1 Listado taxonómico y estructura de la comunidad**

##### **5.4.1.1 Objetivos**

Conocer la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados del río Teuchitlán Jalisco.

##### **5.4.1.2 Métodos**

###### **Colecta de organismos**

Los muestreos se realizaron mensualmente en los cinco sitios (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2) y durante los cuatro semestres que comprenden este estudio en los años 2016 al 2018. Los macroinvertebrados se recolectaron mediante dos métodos: a) Red acuática tipo "D" de 30 cm de ancho. Esta red se usa para hacer un "barrido" a lo largo de las orillas o recodos de la corriente. El material recolectado se vació sobre un tamiz, para lavar el exceso de lodo o arena, luego se guardó en bolsas de plástico con alcohol al 80% para ser examinado posteriormente en el laboratorio. b) Draga Eckman. Es utilizada para tomar muestras de fondo blando. Consiste de dos estructuras en forma de pala que se cierran mediante el envío de un mensajero o plomada, a través de una cuerda. El sedimento colectado se deposita en un tamiz



donde se lava quedando atrapados los organismos recolectados, luego se guarda en una bolsa plástica con alcohol al 80% para ser examinado posteriormente en el laboratorio. Todas las muestras fueron etiquetadas con los datos convencionales de muestreo.

### **Identificación de los taxones**

El material biológico se separó y se identificó a diferentes niveles taxonómicos y se cuantificó en el laboratorio utilizando un microscopio estereoscópico modelo Nikon SMZ745. Los organismos determinados se etiquetaron y se preservaron en alcohol al 80%. Los especímenes están depositados en la colección del Laboratorio de Investigación de Invertebrados de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana.

La determinación taxonómica se llevó a cabo tomando en cuenta los criterios de Merritt, *et al.*, (2008), Thorp y Covich (2001); Pennak (1978); Wiggins (1996), Burch y Cruz-Reyes (1987). Sin embargo, no todos los organismos se pudieron identificar hasta los taxones más específicos por tres motivos principales, el primero es el gran vacío taxonómico que aun permea a este tipo de organismos, sobre todo los obtenidos en cuerpos de agua del centro de México, y la literatura especializada con la que se cuenta, comúnmente es muy zonificada; el segundo motivo, debido a la naturaleza de los métodos de colecta empleados, es típico que los organismos obtenidos carezcan de alguna estructura de importancia taxonómica y el tercer motivo debido a la carencia de conocimiento taxonómico mencionado, es muy posible que nos estemos encontrando con taxones novedosos para la ciencia.

#### **5.4.1.3 Resultados**

##### **Listado taxonómico**

Se obtuvieron un total de 19, 579 individuos de macroinvertebrados de la localidad de Teuchitlán, Jalisco. La lista taxonómica de los macroinvertebrados del río Teuchitlán está conformada por 79 taxones de los filos Anellida, Mollusca y

Artrópoda, pertenecientes a 39 géneros, dentro de 19 subfamilias, 47 familias, 22 órdenes y 10 clases (Cuadro 5.4).

**Cuadro 5.4.** Listado taxonómico de Macroinvertebrados del río Teuchitlán, Jalisco durante 2015, 2016 y 2017. Se señalan con negritas los taxones.

<b>FILO</b>	<b>CLASE</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>SUBFAMILIA</b>	<b>GÉNERO</b>		
<b>Annelida</b>	Clitellata	Lumbriculida					
		Rhynchobdellida					
		Rhynchobdellida	Glossiphoniidae				
		Tubificida					
		Tubificida	Naididae	Rhyacodrilinae	<i>Branchiura</i>		
<b>Mollusca</b>	Gastropoda	Architaenioglossa	Ampullariidae		<i>Pomacea</i>		
		Basommatophora	Acroloxidae				
			Physidae				
			Planorbidae				
					<i>Hebetancylus</i>		
		Neotaenioglossa	Thiaridae		<i>Melanoides</i>		
	Bivalvia	Veneroidea		Hydrobiidae			
				Corbiculidae		<i>Corbicula</i>	
				Sphaeriidae			
			Lymnaeidae				
<b>Artropoda</b>	Branchiopoda	Diplostraca					
		Cladocera					
	Hexanauplia	Copepoda					
	Malacostraca	Amphipoda		Hyaellidae		<i>Hyaella</i>	
				Gecarcinidae			
			Cambaridae	Cambarellinae	<i>Cambarellus</i>		
	Maxillopoda						
	Arachnida	Araneae	Araneidae				
		Trombidiformes	Unionicolidae		<i>Neumania</i>		
	Collembola	Collembola	Isotomidae	Proisotominae	<i>Folsomia</i>		
	Insecta	Coleoptera		Curculionidae			
				Dytiscidae	Dytiscinae	<i>Thermonectus</i>	
					Laccophilinae	<i>Laccophilus</i>	
					Hydrophilidae	Hydrophilinae	<i>Hydrophilus</i>
						Hydrophilinae	<i>Tropisternus</i>
					Sphaeridiinae		
			Hydrophilinae	<i>Hydrochara</i>			

		Hydrophilinae	<i>Helochaeres</i>
	Scirtidae		<i>Scirtes</i>
	Dytiscidae		
		Dytiscinae	<i>Hydaticus</i>
		Copelatinae	<i>Copelatus</i>
	Ptiliidae		
Diptera	Ceratopogonidae		
		Forcipomyiinae	<i>Atrichopogon</i>
	Chironomidae		
		Tanypodinae	
		Chironominae	
		Chironominae	<i>Cryptochironomus</i>
	Stratiomyidae	Stratiomyini	<i>Odontomyia</i>
	Tabanidae		
	Tipulidae		
	Syrphidae	Eristalinae	<i>Eristalis</i>
	Ephydriidae		
	Psychodidae	Psychodinae	<i>Psychoda</i>
Ephemeroptera	Baetidae		
	Leptohyphidae		
			<i>Lethocerus</i>
Hemiptera	Belostomatidae	Lethocerinae	<i>Belostoma</i>
	Belostomatidae		
	Delphacidae		
	Naucoridae	Naucorinae	<i>Pelocoris</i>
	Notonectidae	Anisopina	<i>Buenoa</i>
	Nepidae	Nepoidea	<i>Ranatra</i>
Hymenoptera	Formicidae	Myrmicinae	
Lepidoptera	Crambidae		
	Noctuidae		
Odonata	Aeshnidae		
			<i>Oplonaeshna</i>
	Coenagrionidae		
			<i>Argia</i>
			<i>Amphiagrion</i>
	Gomphidae		
			<i>Aphylla</i>
	Libellulidae		
			<i>Libellula</i>
	Coenagrionidae		<i>Telebasis</i>
	Aeshnidae		<i>Gomphaeshna</i>

	Libellulidae	<i>Erythemis</i>
Trichoptera	Helicopsychoidea	<i>Helicopsyche</i>
	Hydroptilidae	
	Leptoceridae	<i>Oecetis</i>
		<i>Nectopsyche</i>

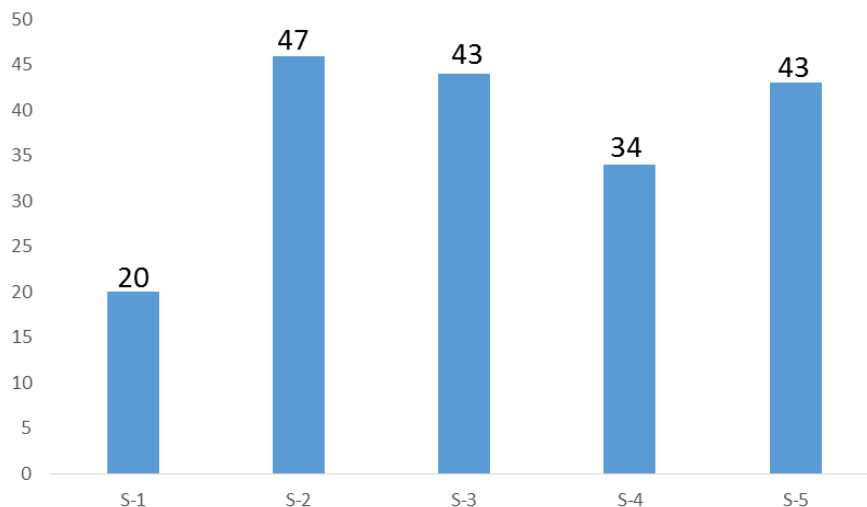
---

### Riqueza y abundancia

De todos los organismos recolectados, el filo Artrópoda abarca 37 familias que corresponde al 77% de la riqueza de familias encontradas, de los cuales la clase Insecta posee 31, que equivale al 64.58% de la riqueza total. El orden Díptera fue el mejor representados con nueve familias representando el 17.02% de las familias encontradas.

### Riqueza de taxones por sitio de estudio

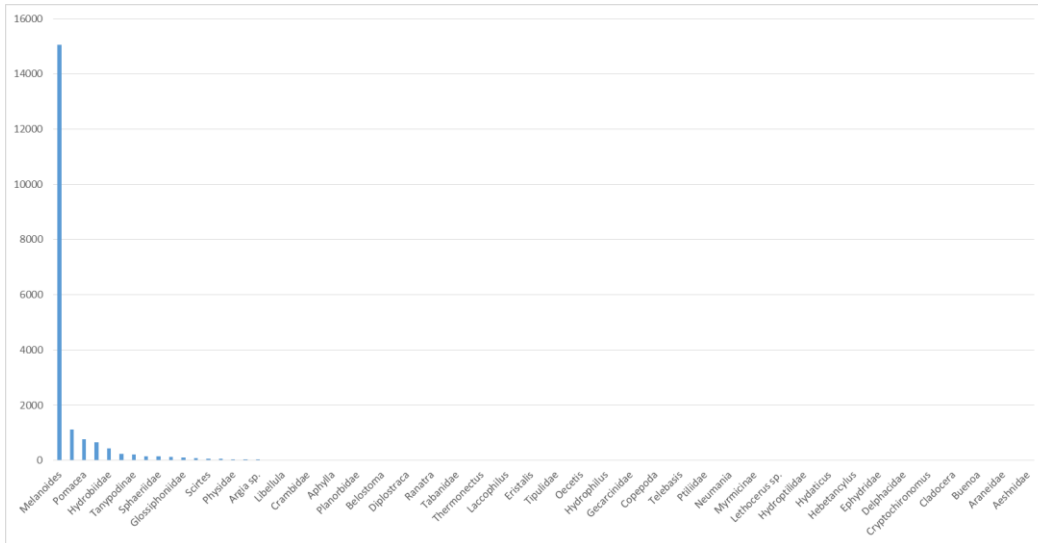
El sitio que presento mayor riqueza fue el sitio 2 con 47 taxones, seguido por el sitio 3 y sitio 5 con 43 taxones cada uno, el sitio 4 con 34 y el menos representado fue el sitio 1 con 20 taxones (Fig. 5.34)



**Figura 5.34.** Taxones de macroinvertebrados presentes para cada sitio del Río Teuchitlán, Jal.

### Abundancia de macroinvertebrados

Para el área de estudio el taxón mejor representado fue *Melanoides* con 15,059 ejemplares, que equivale al 76.91% de la abundancia relativa total, mientras que los 78 taxones restantes representan el 23.09 % de la abundancia relativa para el área (Fig. 5.35).



**Figura 5.35.** Abundancia de macroinvertebrados para el área del Río Teuchitlán, Jal.

## Abundancia por sitio

### Sitio 1

En el sitio 1 el taxón mejor representado fue *Melanoides* con 941 ejemplares, representando el 75.43 % de la abundancia relativa total, seguido por Hydrobiidae con 251 ejemplares (20.12 %), que juntos representan el 95.58 % de la abundancia relativa, mientras que el resto de los taxones representan el 4.42%.

### Sitio 2

Para el sitio 2 *Melanoides* fue el mejor representado con 3931 ejemplares, representando el 84.80 % de la abundancia relativa total, mientras que el resto de los ejemplares representaron el 15.2 %.

### Sitio 3

Para este sitio *Melanoides* fue el mejor representado con 2458 individuos y una abundancia relativa del 61.40 % para el área, el resto de los taxones representan el 38.6 %.

### Sitio 4

El taxón mejor representado fue *Melanoides* con 3578 ejemplares, representando el 81.39 % de la abundancia relativa total, mientras que el resto de los taxones representan el 18.61 %.

### Sitio 5

Para este sitio el taxón mejor representado fue *Melanoides* con 4151 ejemplares representado el 78.33 % de la abundancia relativa total, mientras que el resto de los taxones representaron el 21.67 %.

### Especies exclusivas

Para el área de estudio se reportaron 79 taxones de los cuales 35 taxones fueron exclusivos (solo fueron recolectados en un sitio). Los sitios que presentaron más taxones exclusivos fueron el sitio 2 y sitio 4, seguidos por los sitios 3 y 5 con ocho taxones y el sitio que menos taxones exclusivos presento fue el sitio 1, que estuvo representado por un solo taxones (Cuadro 5.5).

**Cuadro 5.5.** Taxones exclusivos de Macroinvertebrados presentes para cada sitio del área de estudio.

Sitios	S1	S2	S3	
<b>Taxones</b>	Atrichopogon sp.	Cladocera	Leptohiphidae	Dytiscidae
	Lethocerus sp.	Tubificidae	Tipulidae	Cryptochironomus
	Acroloxidae	Delphacidae	Gecarcinidae	Aeshnidae
	Ceratopogonidae	Sphaeriinae	Helochaeres	Amphiagrion
	Hydroptilidae	Belostomatidae	Copelatus	Buenoa
	Neumania	Eristalis	Myrmicinae	Telebasis
	Nectopsyche	Psychoda	Araneidae	Ephydriidae

	Gomphaeshna Ptiliidae	Erythemis	Hebetancylus Lymnaeidae	Hydaticus
<b>Total de taxones</b>	9	8	9	8

### Diversidad

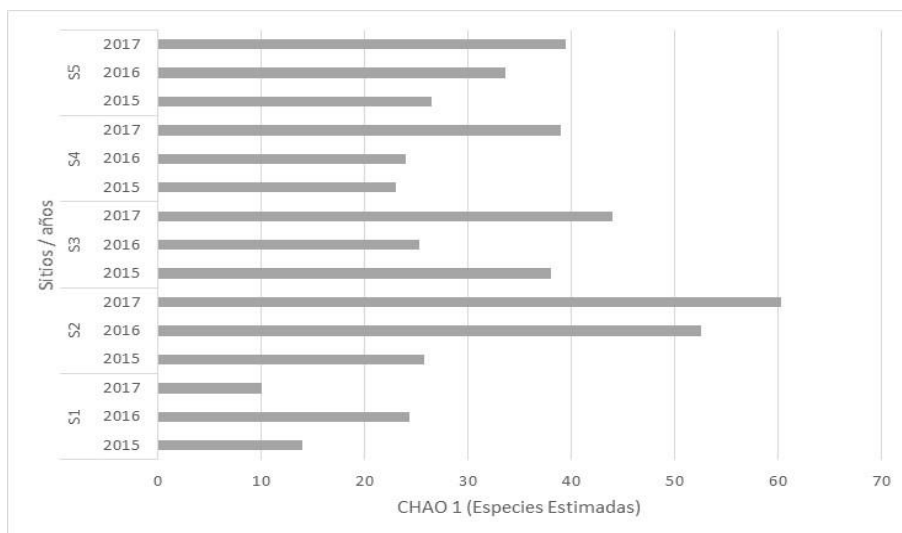
Fueron calculados los índices de diversidad alfa para cada uno de los sitios y por año de muestreo (Cuadro 5.6). De manera sistemática se observa que los sitios dos y tres presentan una mayor abundancia y son los sitios con mayor diversidad y riqueza (Fig. 5.36). Únicamente el sitio cinco para el año 2017 es el que contrasta significativamente, siendo similar a los sitios 2 y sitio 3. En todos los sitios se presentan una dominancia clara por el taxon *Melanoides*. Con excepción de 2016 y 2017 en S3 que la abundancia de otros taxones ocasionan la reducción del índice de dominancia por abajo del 0.5.

**Cuadro 5.6.** Análisis de diversidad para cada uno de los sitios estudiados, en cada uno de los años.

Sitios	S1			S2			S3		
Años	2015	2016	2017	2015	2016	2017	2015	2016	2017
<i>Taxones_S</i>	11	15	9	22	30	<b>34</b>	26	22	32
<i>Individuos</i>	765	276	255	1611	1318	1752	1083	1910	1058
<i>Dominancia Simpson (D)</i>	0.58	0.56	0.56	0.84	0.57	<b>0.71</b>	0.65	0.37	0.30
<i>Equidad de Simpson (1-D)</i>	0.42	0.44	0.44	0.16	0.43	0.29	0.35	0.63	<b>0.70</b>
<i>Shannon (H)</i>	0.78	1.02	0.95	0.52	1.24	0.83	0.93	1.43	<b>1.88</b>
<i>Equidad de Shannon (H/S)</i>	0.20	0.18	<b>0.29</b>	0.08	0.11	0.07	0.10	0.19	0.20
<i>Chao-1</i>	14.00	24.33	10.00	25.75	<b>52.50</b>	60.25	38.00	25.33	44.00
Sitios	S4			S5					

Años	2015	2016	2015	2016	2017	2015	2016	2017
	6							
Taxones_S	11	15	18	23	24	19	29	33
Individuos	765	276	1671	1201	1574	1374	1820	<b>2150</b>
Dominancia Simpson (D)	0.58	0.56	0.75	0.53	0.65	0.65	0.49	<b>0.71</b>
Equidad de Simpson (1-D)	0.42	0.44	0.25	0.47	0.35	0.35	0.51	0.29
Shannon (H)	0.78	1.02	0.68	1.25	0.86	0.84	1.31	0.85
Equidad de Shannon (H/S)	0.20	0.18	0.11	0.15	0.10	0.12	0.13	0.07
Chao-1	14.00	24.33	23.00	24.00	39.00	26.50	33.67	39.43

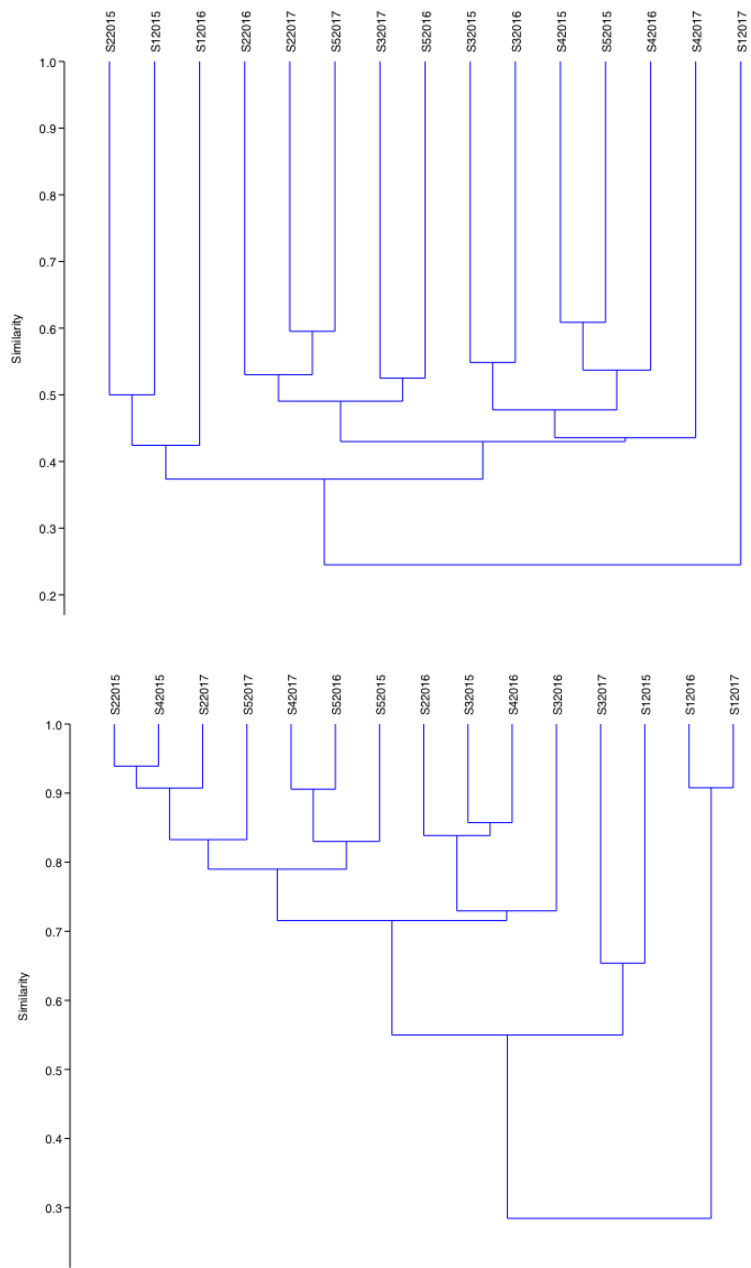
Se señalan con negritas los valores más altos.



**Figura 5.36.** Estimador no paramétrico Chao 1 para cada uno de los sitios de muestreo por año.

En cuanto a la diversidad beta se observa un recambio importante de géneros entre sitios, teniendo la mayor similitud de acuerdo con el índice de Jaccard de 0.6 entre el mismo sitio en diferentes años. Al comparar la estructura de la comunidad de macroinvertebrados se obtuvo una mayor similitud estructural entre sitios en diferentes años y entre sitios del mismo año (Fig. 5.37).

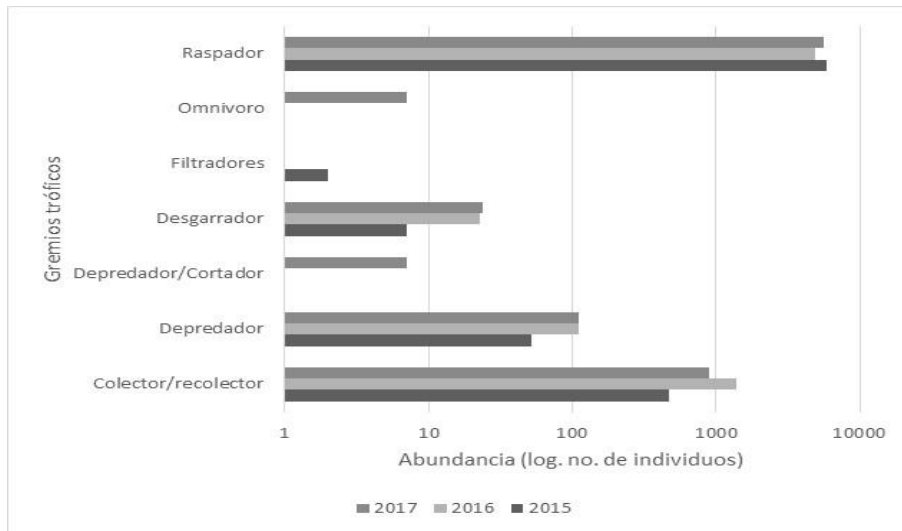




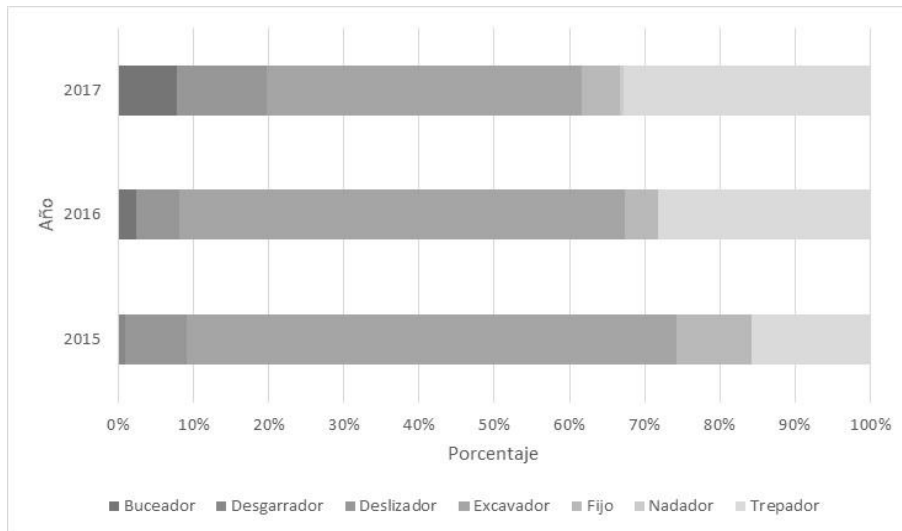
**Figura 5.37** Análisis de similitud entre los sitios por año. Arriba: Índice cualitativo de Jaccard. Abajo: Índice cuantitativo de Bray Curtis.

En cuanto a los gremios alimenticios se registraron siete gremios de los cuales el que representa más del 70% de las colectas son los raspadores (por ejemplo,

Thiaridae, Hydrobiidae y Ampullariidae), seguido del colector/recolectores (por ejemplo Cambaridae, Lumbriculida y Chironomidae) (Fig. 5.38). El gremio menos abundante fue el omnívoro que aparece hasta el 2017, representado por las familias Formicidae e Isotomidae y los filtradores que se registran en 2015 y ya no se volvieron a coleccionar en los años siguientes, representados por la subclase Copepoda y orden Cladocera.



**Figura 5.38.** Abundancia de individuos por gremio alimenticio colectado en cada uno de los años.



**Figura 5.39.** Porcentaje de variación de hábitos de vida de los macroinvertebrados colectados.

En el caso particular de los hábitats primarios el mayor porcentaje de la comunidad es excavador (Chironomidae) seguido de los trepadores. En cambio, los buceadores solo aparecen el tercer año de muestreo (Fig. 5.39).

#### **5.4.1.3 Conclusiones**

El taxones dominante en el área de estudio fue *Melanoides* con 15,059 ejemplares, que equivale al 76.91% de la abundancia relativa total, mientras que los 78 taxones restantes representan el 23.09 % de la abundancia relativa para el área. *Melanoides* es un gasterópodo capaz de colonizar rápidamente muchos tipos de hábitats, puede alcanzar densidades muy altas, de hasta varios miles de individuos por m<sup>2</sup>. De manera general, los sitios 2 y 3 y quizás el 5 son los que presentaron un mayor abundancia, diversidad y riqueza de macroinvertebrados.

#### **5.4.2 Índice IIBAMA**

##### **5.4.2.1 Objetivos**

Obtener el Índice de Integridad Biótica basado en las Asociaciones de Macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA).

##### **5.4.2.2 Métodos**

Se utilizó el índice de Integridad Biótica basado en las Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA) propuesto por Pérez-Munguia y Pineda-López (2005):

Las variables de respuesta al ambiente (VRA) que se emplea para calcular el índice de Integridad Biótica, son:

1. **Riqueza de taxones (RT).** Se refiere al número de familias de macroinvertebrados encontradas en el sitio de referencia

2. **Número de familias de Efemerópteros, Plecópteros y Trichópteros (REPT).**

Se calcula con el número de familias de Efemerópteros (excepto la familia Baetidae), Plecópteros y Trichópteros; encontradas en la muestra.

3. **El número de taxones de insectos intolerantes (RII).** Se refiere al número de familias de insectos acuáticos que son intolerantes (sensibles) o muy intolerantes (muy sensibles).

4. **Número de taxones intolerantes (#TI).** A la variable anterior hay que sumarle el número de otras familias de macroinvertebrados que no son tolerantes.

5. Valor de la Tolerancia media. Corresponde al promedio de los valores de tolerancia presentes en la muestra.

6. **El número de taxones fijos (#TF).** Corresponde al número de taxones que tienen hábitos de vida fijos al sustrato.

Aplicando la fórmula del índice para calcular el IBI, se suman los puntos que aporta cada variable.

$$\text{IIBAMA} = \text{RT} + \text{REPT} + \text{RII} + \text{\#TI} + \text{TM} + \text{\#TF}$$

Valores y categorías del Índice de Integridad Biótica para las Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA). (Cuadro 5.7)

**Cuadro 5.7.** Rangos en los valores del índice IIBAMA y las categorías de asignación

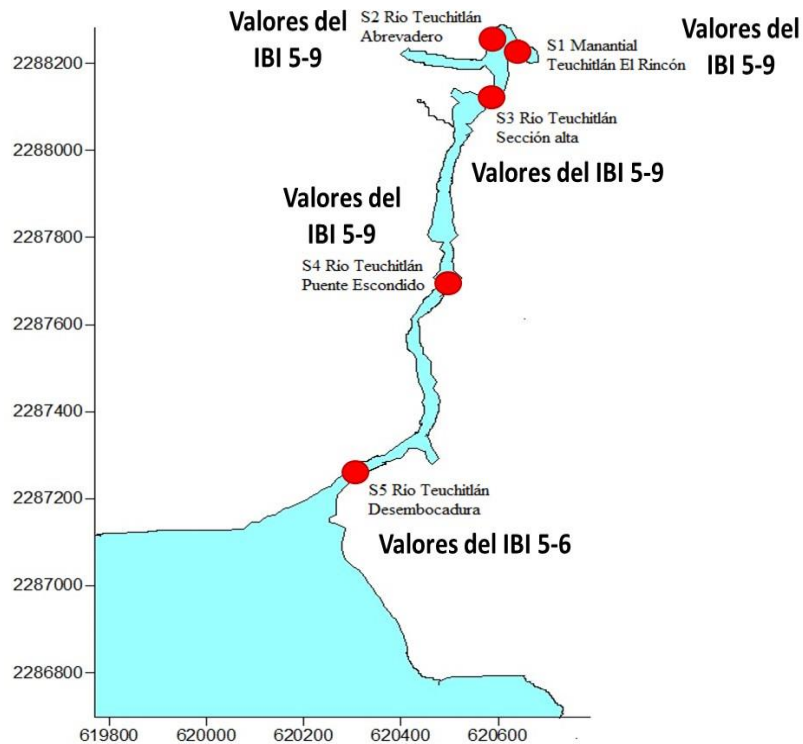
Valor del IBI	Categoría
$\text{IBI} \geq 22$	Excelente
$16 < \text{IBI} < 21$	Bueno
$13 < \text{IBI} < 16$	Regular
$\text{IBI} \leq 13$	Pobre

#### 5.4.2.3 Resultados

De acuerdo al análisis del Índice de Integridad Biótica para las Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA) para la localidad del Río Teuchitlán se reporta como un sitio **POBRE** cuanto a las familias de Macroinvertebrados presentes, ya que los resultados obtenidos para cada variable evaluada corresponden a la categoría mínima ( $\text{IBI} \leq 13$ ), nuestros resultados obtenidos fueron de entre 5 y 9 (Cuadro 5.8 y Fig. 5.40).

**Cuadro 5.8.** Valores del IBI para cada sitio y las categorías.

	<b>SITIO 1</b>	<b>SITIO 2</b>	<b>SITIO 3</b>	<b>SITIO 4</b>	<b>SITIO 5</b>
	Valor del IBI	Valor del IBI	Valor del IBI	Valor del IBI	Valor del IBI
Categorías	9	9	9	9	6
Categorías	8	8	8	7	5
Categorías	6	7	6	6	
Categorías	5	6	5	5	
Categorías		5			



**Figura 5.40** Valores y categorías del Índice de Integridad Biótica para las Asociaciones de Macroinvertebrados Acuáticos (IIBAMA) para cada sitio y temporada.

#### **5.4.2.4 Conclusiones**

A pesar de los bajos valores del índice se puede decir que se obtuvo una buena diversidad de familias de macroinvertebrados acuáticos, aunque una cantidad considerable de ellas tienen una tolerancia alta a las alteraciones del hábitat, por otro lado, hay pocas familias intolerantes que nos indican que hay fuertes afectaciones en el río. Quizás la presencia de sustrato como rocas y vegetación tengan un impacto positivo en la riqueza y abundancia. Las alteraciones ambientales que se presentan en los sitios, si afectan la dinámica hidráulica del cauce, esto se debe quizás a la actividad antropogénica.

#### **5.5 Conclusiones generales**

En general los sitios 1 y 2 (cuadro 3.1 y Fig. 3.2) son los que cuentan con la menor diversidad y abundancia de las comunidades plantónicas y macroinvertebrados, siendo los sitios 3, 4 y 5 lo que presentan mayores valores, esto podría traducirse en menor alimento para las especies de peces, incluida *Zoogoneticus tequila*, la especie que se pretende reintroducir. Si nos basamos en la riqueza y abundancia de estos grupos, los sitios recomendados para la liberación de los individuos a reintroducir serían los sitios 3, 4 y 5. Sin embargo, los índices analizados de saprobios realizados con la comunidad de fitoplancton y zooplancton indican que los sitios con mejor calidad son el 1 y 2, siendo todos los sitios negativos para el IIBAMA; principalmente por la abundancia del gasterópodo introducido del género *Melanoides*. De acuerdo con los datos aquí analizados, donde los sitios 1 y 2 presentan mayor calidad ambiental y debido a que el alimento está presente en los sitios 1 y 2, aunque en menor abundancia que en los sitios 3, 4 y 5, se recomienda se haga la primera liberación de organismos de *Z. tequila* en los sitios 1 y 2.

### **6. Caracterización de la ictiofauna y sus interacciones.**

#### **6.1 Introducción.**

La cuenca del río Ameca, en el centro de México, es de gran importancia biológica debido a que se ha identificado como un centro de endemismo para la ictiofauna

(Miller y Smith, 1986), esta región alberga una cantidad importante de especies endémicas no compartidas con otros cuerpos de agua del centro de México (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008a). En el río Teuchitlán, ubicado en la porción alta de la cuenca del Ameca, se han descrito por lo menos cuatro especies de peces cuya distribución está restringida solo a este río y manantiales aledaños, es decir son endémicas.

Sin embargo, en la actualidad se ha reducido el número de especies presentes en el río Teuchitlán (López-López y Paulo-Maya, 2001). La biodiversidad de peces se encuentra en riesgo principalmente por la pérdida de hábitat, el uso de los cuerpos de agua para satisfacer las necesidades de la población, la contaminación y la introducción de especies exóticas (De la Vega-Salazar *et al.*, 2003b; Dzul-Camaal *et al.*, 2013).

La introducción de especies exóticas y el impacto que tienen en ecosistemas nativos es un fenómeno biológico de atención prioritaria (Gozlan, *et al.*, 2010), a nivel mundial se reconoce que esta es la segunda causa de pérdida de biodiversidad, ocasiona pérdidas económicas e incluso puede representar un riesgo para la salud pública (Vitousek *et al.*, 1996; Van der Veer y Nentwig, 2014.). En general, la mayoría de las interacciones que mantienen las especies se originan a partir de su necesidad de obtener los recursos necesarios para sobrevivir. Esto es, los organismos de una especie son el alimento de individuos de otra especie. En el caso particular de la competencia, lo que ocurre es que la presencia simultánea de dos especies limita la cantidad de recursos disponible para los individuos de ambas especies. Como producto de las interacciones bióticas se establece una regulación del crecimiento poblacional que permitirá o no, el establecimiento, el crecimiento o la extinción de las poblaciones.

Las especies exóticas de Teuchitlán son principalmente pecílidos (*Poecilia sphenops*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Xiphophorus hellerii* y *Xiphophorus maculatus*) y tilapias (*Oreochromis aurea*). Son especies con diferentes hábitos alimenticios, pero que en general se caracterizan por ser omnívoras. La tilapia en otros sistemas presenta tendencias vegetarianas, mientras que los pecílidos incluyen insectos en su dieta (Jiménez-Badillo y Nepita-Villanueva, 2000; Trujillo-

Jiménez y Toledo-Beto, 2007; Ramírez-Herrejón, 2013). A pesar de lo que se conoce de los hábitos alimentarios de las especies exóticas y que se conoce que potencialmente puede haber exclusión competitiva hacia las especies nativas (Escalera-Vázquez, 2016), en condiciones naturales en el río Teuchitlán se desconoce cuál es la función que presentan estas especies exóticas. Es por eso que esta sección tuvo como objetivo la evaluación de la estructura comunitaria como un elemento importante para el fortalecimiento de las estrategias de conservación de las especies nativas y del manejo eficiente de las especies, evaluación poblacional de especies nativas y exóticas, así como las relaciones bióticas que se presentan entre ellas.

## **6.2 Listado taxonómico y composición**

### **6.2.1 Objetivos**

Obtener la lista de especies presentes en los manantiales y río Teuchitlán.

### **6.2.2 Métodos**

Para establecer las variaciones estacionales en los análisis consecuentes de estructura de la comunidad e interacciones, se establecieron tres temporadas de acuerdo con la variabilidad climática en la cuenca del río Ameca (Jiménez-Román 1994): 1) La temporada de lluvias, sucede en los meses de julio (mes más lluvioso, precipitación=260 mm) a noviembre. La temporada de secas está dividida en dos: 2) Temporada de secas cálidas durante febrero a junio (temperatura máxima promedio 30.2-31.3°C) y 3) Temporada de secas frías en la parte invernal del año de noviembre a enero (temperatura mínima promedio 11.5-13.4°C en enero) (Sánchez-Gutiérrez 1980; Jiménez-Román 1994; De la Mora-Orozco *et al.* 2014).

La obtención de los peces se realizó con una red de tipo “chinchorro” de 4.43 m de largo, con una altura de 2.29 m y luz de malla de 1.35 mm. Además, se empleó el método de electropesca durante un periodo de 30 minutos. Se utilizaron ambos métodos con la finalidad de encontrar todas las especies de peces presentes, inclusive aquellas de difícil captura. Todos los peces fueron fijados en formol al 10% y posteriormente preservados en alcohol al 70%.



### 6.2.3 Resultados

#### Listado taxonómico

El listado taxonómico se presenta con base en las capturas realizadas entre los años 2016 a 2018. Considerando que al menos dos de ellas (*Chapalichthyes encaustus*, y *Poeciliopsis infans*) solo se capturaron en alguno de los semestres y con escasos ejemplares (1-3), por lo que no se sometieron a análisis de la estructura de la comunidad. Contabilizando un total de dos órdenes, cuatro familias, nueve géneros y once especies (Anexo 7).

#### Listado taxonómico de especies de peces del río Teuchitlán Jalisco

Orden Siluriformes

Familia Ictaluridae

Genero Ictalurus

Especie *Ictalurus dugesii* (Bean, 1880)

Orden Cyprinodontiformes

Familia Poeciliidae

Genero Pseudoxiphophorus

Especie *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Heckel, 1848)

Especie *Poecilia sphenops* (Valenciennes, 1846)

Genero Poeciliopsis

Especie *Poeciliopsis infans* (Woolman, 1894)

Genero Xiphophorus

Especie *Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1848)

Especie *Xiphophorus maculatus* (Gunther, 1866)

Familia Goodeidae

Genero Goodea

Especie *Goodea atripinnis* (Jordan, 1880)

Genero Zoogoneticus

Especie *Zoogoneticus purhepechus* (Domínguez-Domínguez, Pérez-Rodríguez & Doadrio, 2008b)

Genero *Ameca*

Especie *Ameca splendens* (Miller & Fitzsimons, 1971)

Genero *Chapalichtys*

Especie *Chapalichtys encaustus* Jordan y Snyder, 1899

Orden Perciformes

Familia Cichlidae

Genero *Oreochromis*

Especie *Oreochromis aureus* (Steindachner, 1864)

### **Composición de la comunidad de peces**

Para el análisis y presentación del apartado de la comunidad de peces 2016-1018, se identificaron ocho especies, ocho géneros y tres familias. Cuatro especies son nativas *Ameca splendens* (Goodeidae), *Goodea atripinnis* (Goodeidae), *Zoogoneticus purhepechus* (Goodeidae) e *Ictalurus dugesii* (Ictaluridae.). Cuatro taxones son exóticos: *Oreochromis aureus*. (Cichlidae), *Poecilia sphenos* (Poeciilidae), *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Poeciilidae) y *Xiphophorus helleri* (Poeciilidae) (Anexo 7). Estas dos últimas se consideran de baja frecuencia de aparición. En la base de datos que se presenta de la comunidad de peces se tiene los registros de al menos uno por especie para cada sitio.

### **6.2.4 Conclusiones**

El número de especies nativas en el río Teuchitlán ha disminuido registrándose en este periodo de estudio únicamente cuatro especies.

Es un nuevo registro la especie traslocada *Chapalichtys encaustus* y la no nativa *Pseudoxiphophorus bimaculatus*. Para el primer caso se capturó en el sitio 5 en las coordenadas 20° 41.111' N, 103° 50.581' O.

Se considera que la presencia de las especies exóticas de la familia Poeciilidae son debido a la liberación por uso en acuariofilia principalmente.

## **6.3 Estructura de la comunidad de peces**

### **6.3.1 Objetivo**

Evaluar los atributos de la estructura de la comunidad de peces y sus posibles interacciones bióticas en el río Teuchitlán Jalisco.

### **6.3.2 Métodos**

La recolecta de organismos se realizó de acuerdo a lo establecido en el punto 6.2.2 de este apartado. Los peces se separaron por especie y posteriormente se contaron y pesaron en una báscula digital (marca Ohaus). Los datos se transformaron a CPUE (Captura por Unidad de Esfuerzo), la densidad en número de individuos por hora (ind/hr) y la biomasa en gramos por hora (g/hr).

La diversidad de la comunidad fue calculada en términos de riqueza (S), diversidad con el índice de Shannon ( $H'$ ), la dominancia con el índice de Simpson ( $D'$ ) y la equitatividad con el índice de Pielou ( $J'$ ). Todos los índices fueron calculados con el uso del programa PAST 3 (Hammer *et al.*, 2001).

### **6.3.3 Resultados**

Con el fin de entender los cambios en la estructura a través del tiempo, en este reporte se presentan en dos apartados, uno corresponde al ciclo 2015-2016, el cual esta fuera del periodo de cuatro semestres para el proyecto actual (2016-2018). En el siguiente son los datos obtenidos de los cuatro semestres entre los años 2016 a 2018.

#### **6.3.3.1 Estructura de la comunidad 2015-2016**

La comunidad de peces del Río Teuchitlán se caracteriza por habitar un sistema altamente modificado con una importante presencia antrópica. Se tiene reporte histórico de al menos cuatro especies endémicas de peces, el Goodeido mariposa *Ameca splendens*, el tiro dorado *Skiffia francesae* y el picote tequila *Zoogoneticus tequila* de la familia Goodeidae y la carpita del Ameca *Notropis amecae* de la familia Cyprinidae, que formaban parte de las 15 especies nativas (López-López y Paulo

Maya 2001; Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008a, b). Sin embargo, este cuerpo de agua ha sido modificado desde hace décadas, proceso principalmente ligado a actividades agrícolas (SEMADET Jalisco 2014).

Esta degradación ambiental ha sido acompañada con la introducción de especies no nativas, las cuales incluyen las malezas acuáticas *Eichornnia crassipes* y *Pistia stratiotes* (SEMADET Jalisco 2014), los caracoles acuáticos del género *Pomacea* y *Melanoides*, hormigas del género *Anoplolepis*, las especies de peces *Cyprinus carpio*, *Lepomis macrochirus*, *Oreochromis aureus*, *Poecilia sphenops*, *Xiphophorus hellerii* y *X. maculatus* (López-López y Paulo Maya 2001), las cuales han sido introducidas por actividades de acuicultura o acuarismo desde 1977 (Webb y Miller 1998). Sin embargo, no todas las introducciones de peces fueron exitosas y algunas especies (ej. *Xiphophorus maculatus*, *Lepomis macrochirus* y *Cyprinus carpio*) no han sido recolectadas o tuvieron abundancia muy baja en las últimas dos décadas (López-López y Paulo-Maya 2001).

A pesar de esto, las poblaciones de especies no nativas como la molly (*Poecilia sphenops*) o la tilapia (*Oreochromis aureus*) se distribuyen por todo el cuerpo de agua, por lo que se considera que el establecimiento de especies no nativas es un factor clave en la pérdida de biodiversidad del río (Webb y Miller 1998; López-López y Paulo-Maya 2001; de la Vega-Salazar *et al.* 2003b; Domínguez-Domínguez *et al.* 2008a; Dzul-Camaal *et al.* 2013).

Aunado a esto y como resultado de la interacción de los diferentes procesos de disturbio humano, se ha registrado una reducción mayor del 70% de su ictiofauna nativa (López-López y Paulo-Maya 2001; Dzul-Camaal *et al.* 2013).

En la actualidad, tres de las especies endémicas del río Teuchitlán (*S. francesae*, *Z. tequila* y *N. amecae*) no se encuentran en el cuerpo de agua y posiblemente estén extintas en el medio natural (De la Vega-Salazar *et al.* 2003a; Domínguez-Domínguez *et al.* 2008a), además de la desaparición de las especies nativas *Algansea amecae*, *Chirostoma jordani*, *Poeciliopsis infans*, *Xenotoca melanosoma* y *Yuriria amatlana* las cuales no han sido recolectadas en los últimos 20 años en esa porción de la cuenca (López-López y Paulo-Maya 2001)(Anexo 7).

De acuerdo con los análisis de comunidades que se han venido realizando como parte del proyecto, el río Teuchitlán es una comunidad densamente poblada. Se han identificado cuatro familias, nueve géneros y nueve especies (individuos y biomasa) (Cuadro 6.1 y Anexo 7).

**Cuadro 6.1.** Especies de peces que forman la comunidad de peces, el número de individuos (ind/m<sup>2</sup>) y su biomasa (g/m<sup>2</sup>).

<b>Especie</b>	<b>Estado</b>	<b>individuos</b>	<b>Biomasa (gr)</b>
<i>Ameca splendens</i>	Nativo	518	635.3
<i>Goodea atripinnis</i>	Nativo	692	1529.11
<i>Ictalurus dugesii</i>	Nativo	16	423.3
<i>Oreochromis aureus</i>	Exótico	618	6962.85
<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i>	Exótico	9371	4982.82
<i>Poecilia sphenops</i>	Exótico	2134	2782.66
<i>Xiphophorus hellerii</i>	Exótico	2006	1125.37
<i>Xiphophorus maculatus</i>	Exótico	28	13.42
<i>Zoogoneticus purhepechus</i>	Nativo	300	186.41

Además, el área se ha caracterizado por presentar un posible gradiente de perturbación (ver apartados 4 y 5 de este informe) que va desde la parte alta del río que es la zona de manantial (S1), pero que presenta un impacto antropogénico por el control del agua y el uso turístico que tiene. Por otro lado, los sitios que se ubican en la parte baja del río (S4 y S5) se encuentran inmersos en una matriz disturbada, perdiendo completamente la sinuosidad característica de un sistema lótico, quedando completamente acanalado y donde el impacto antropogénico es alto, incluso presenta descargas de aguas residuales (Figs. 3.1, 3.2, 4.8 y 4.10). Además del impacto que en el cauce del río ocasiona la presa de La Vega donde desemboca el río Teuchitlán, debido a que principalmente en los sitios S4 y S5 la profundidad del río depende del nivel de agua en el reservorio de la presa.

De acuerdo con los datos que se han obtenido de calidad de agua (apartado 4.2 del presente informe), se sabe que algunas variables como oxígeno disuelto, sulfatos, conductividad, profundidad y transparencia presentan diferencias marcadas a lo largo del cauce del río, adicional a la variación natural asociada a la estacionalidad,

como ejemplo de esto estan los sulfatos y conductividad mostrados en el Cuadro 6.2.

**Cuadro 6.2.** Promedio ( $\pm$  EE) de sulfatos y la conductividad por sitio por temporada.

Sitio	Sulfatos	Conductividad
S1	0.2 $\pm$ 0.2 mg L <sup>-1</sup>	175.6 $\pm$ 8.3 $\mu$ S/cm
S2	1.8 $\pm$ 2.3 mg L <sup>-1</sup>	1.8 $\pm$ 1.02 $\mu$ S/cm
S3	1.8 $\pm$ 1.02 mg L <sup>-1</sup>	185.4 $\pm$ 12.7 $\mu$ S/cm
S4	10.4 $\pm$ 1.9 mg L <sup>-1</sup>	266.5 $\pm$ 2.1 $\mu$ S/cm
S5	9.8 $\pm$ 1.7 mg L <sup>-1</sup>	307 $\pm$ 108.9 $\mu$ S/cm

El sitio con mayor profundidad (101.8 $\pm$ 3.2 cm) fue el sitio uno, en donde también se presentó la mayor transparencia (101.8 $\pm$ 3.2 cm). Mientras que el sitio más somero fue el sitio cinco (33 $\pm$ 7.07 cm) durante la temporada de secas cálidas.

Estas variaciones pueden ocasionar diferencias en la estructuración de la comunidad, provocando escenarios como el establecimiento de una zonificación y separación de las poblaciones de peces que la componen, de acuerdo a la capacidad de las especies a resistir, tolerar o competir tanto por los recursos disponibles, así como a las variaciones en las condiciones ambientales del cuerpo de agua, la estacionalidad y el impacto antrópico.

La densidad de las especies obtenidas en estos muestreos presentó diferencias espaciales ( $F=3.89$  gl=4,  $p=0.0041$ ). El sitio con la mayor densidad de organismos fue el sitio cuatro (2.69 $\pm$ 0.25 ind/ m<sup>2</sup>) mientras que el sitio uno presentó la menor densidad (1.38 $\pm$ 0.25 ind/ m<sup>2</sup>). También se obtuvo diferencia temporal ( $F=12.38$  gl=2,  $p<0.0001$ ) con la mayor densidad durante la temporada seca cálida (2.65 $\pm$ 0.19 ind/ m<sup>2</sup>) (Fig. 6.1a).

La densidad entre especies presentó diferencias significativas ( $F=113.6112$ , gl=9,  $p<0.0001$ ), la especie que presentó mayor densidad fue *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (12.51 $\pm$ 0.35 ind/m<sup>2</sup>). Se obtuvieron diferencias significativas para la densidad de las especies por sitios ( $F=4.6691$ , gl=36,  $p<0.0001$ ), la especie no nativa *P. bimaculatus* presentó la mayor densidad en todos los sitios (Fig. 6.1a).

La densidad específica fue significativamente diferente entre temporadas ( $F=4.5815$ , gl=18,  $p<0.0001$ ). Sin embargo, no se obtuvo diferencia de la densidad

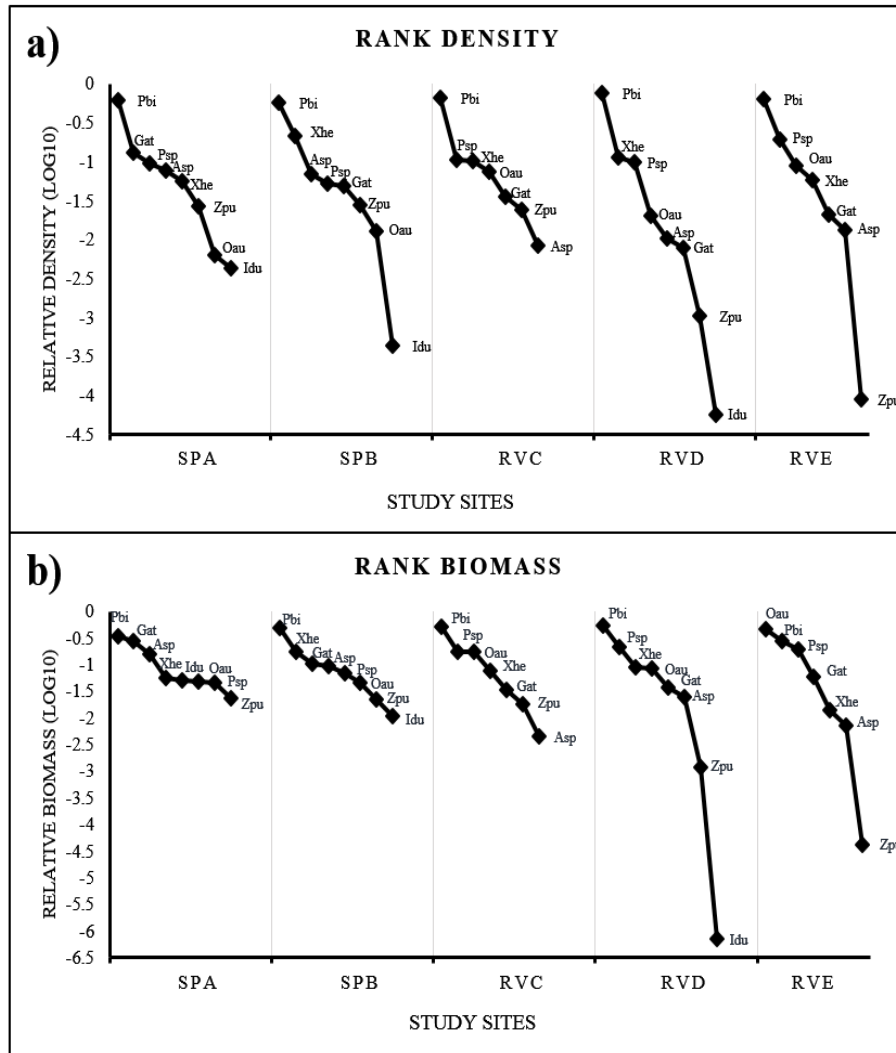
en los sitios a lo largo de las temporadas ( $F=0.6776$ ,  $gl=8$   $p=0.7114$ ) tampoco se obtuvo diferencia espacio temporal de la densidad de las especies ( $F=0.796$ ,  $gl=72$   $p=0.8833$ ) (Fig. 6.1a).

La biomasa de las especies calculada presentó diferencias entre sitios ( $F=3.4043$ ,  $gl=4$ ,  $p=0.0093$ ), la mayor biomasa se obtuvo en el sitio cinco (RvE) ( $3.09\pm 0.45$  g/m<sup>2</sup>). Así mismo se obtuvo diferencia temporal en la biomasa de los peces ( $F=6.3283$ ,  $gl=2$ ,  $p=0.0019$ ), la mayor biomasa se presentó durante la temporada de secas cálidas ( $2.72\pm 0.35$  g / m<sup>2</sup>). La biomasa entre especies fue diferente ( $F=10.6802$ ,  $gl=9$ ,  $p<0.0001$ ), la especie con mayor biomasa fue *P. bimaculatus* ( $5.64\pm 0.64$  g / m<sup>2</sup>) (Fig. 6.1b).

Se obtuvieron diferencias significativas para la biomasa de las especies ícticas entre sitios ( $F=4.2177$ ,  $gl=36$ ,  $p<0.0001$ ). La especie no nativa *Oreochromis aureus* presentó la mayor biomasa ( $20.55\pm 1.64$  g/m<sup>2</sup>) en el sitio cinco. La biomasa de las especies de peces fue significativamente diferente entre temporadas ( $F=2.4559$ ,  $gl=18$ ,  $p=0.0008$ ). Se obtuvo diferencia de la densidad en los sitios a lo largo de las temporadas ( $F=2.8988$ ,  $gl=8$   $p=0.0037$ ), también se obtuvo diferencia espacio temporal de la densidad de las especies ( $F=3.0166$ ,  $gl=72$   $p<0.0001$ ) (Fig. 6.1b).

De acuerdo con la curva de rango de abundancia, todos los sitios presentaron dominancia en densidad por la especie no nativa *P. bimaculatus*. Pero en biomasa la especie nativa *G. atripinnis* fue dominante en el sitio uno durante la temporada seca fría e *I. dugesii* durante la temporada de lluvias en el mismo sitio (Fig. 6.1).

El taxón no nativo *Oreochromis aureus* fue dominante en el sitio tres durante la temporada seca fría y en el sitio cinco. Los ensamblajes exhiben una estructura en sus rangos de abundancia variable durante las temporadas y también cambia de manera espacial. El sitio cinco presentó la mayor diferencia entre las especies dominantes y las de menor abundancia/biomasa.



**Figura 6.1.** Curva de rango abundancia para (a) densidad de peces y (b) biomasa de peces para las especies colectadas en los cinco sitios en el Río Teuchitlán. **Asp** = *Ameca splendens*, **Gat** = *Goodea atripinnis*, **Idu** = *Ictalurus dugesii*, **Oau** = *Oreochromis aureus*, **Pbi** = *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, **Psp** = *Poecilia sphenops*, **Xhe** = *Xiphophorus hellerii*, **Zpu** = *Zoogoneticus purhepechus*.

Para el caso particular de las especies nativas presentaron un mayor valor de importancia en los sitios uno y dos, el cual disminuye conforme el gradiente longitudinal, hasta llegar a la desembocadura con la presa la Vega (sitio cinco). La especie nativa *A. splendens* alcanza su máximo valor (IVI%=18.93) en el sitio uno durante la temporada seca cálida y un mínimo (IVI%=0) durante la temporada seca fría para los sitios tres y cinco.



La interpretación de los datos conduce a dos hipótesis principales: (1) Las especies no nativas son dominantes en el ensamblaje de peces, sin importar las características ambientales. Las especies nativas alcanzan su mayor *Índice de Valor de Importancia* en los sitios de mayor diversidad, sin embargo, las especies exóticas en todo momento representan el 50% o más del total del ensamblaje. (2) Existe relación entre la abundancia de las especies de peces y las características ambientales. La abundancia de las especies nativas es mayor en los sitios de manantiales mientras que las especies no nativas *P. bimaculatus* y *O. aureus* presentan una mayor abundancia en los últimos sitios del río que forman la desembocadura con el reservorio. De esta forma la abundancia de las especies está influenciada por un gradiente generado principalmente por a) oxígeno disuelto, que es mayor aguas arriba y menor en la desembocadura y b) sólidos disueltos totales y nitratos que tienen una tendencia inversa.

### 6.3.3.2 Estructura de comunidad 2016-2017

#### Densidad y biomasa

Respecto a densidad y biomasa, en el primer semestre, se reconoce que las especies nativas tienen valores menores y son más abundantes en los dos primeros sitios. La especie de mayor densidad es *P. bimaculatus*. Las especies nativas *Z. purhepechus* e *I. dugesii* son de menor presencia y abundancia (Cuadro 6.3).

**Cuadro 6.3.** Densidad (ind hr<sup>-1</sup>) y biomasa (g hr<sup>-1</sup>) de las especies de la comunidad de peces del río Teuchitlán. Semestre I.

ESPECIES	S1	S2	S3	S4	S5
<b>DENSIDAD</b>					
<i>Asp</i>	33.92±46.8	36.88±28.7	10±17.3	3.70±6.9	37.18±75.8
<i>Gat</i>	57.70±49.54	74.14±144.7	12.51±13.4	7.11±8.4	13.48±17.3
<i>Idu</i>	0.22±0.6	0	0	0	0
<i>Ox</i>	0.66±1.41	8.88±22.1	21.85±35.9	11.77±17.5	74±184.7
<i>Psp</i>	85.62±164.4	95.62±225.4	118.81±186.3	48.2±61.69	123.33±87.8
<i>Pbi</i>	398.81±592.8	469.55±482.1	610.81±809.7	874±692.03	363.92±243.5

<i>Xhe</i>	10.59±13.1	177.4±229.9	81.77±126.2	186.59±362.6	120.44±171.6
<i>Zpu</i>	5.33±10.7	21.7±57.05	0.66±2	0	0.22±.66
BIOMASA					
<i>Asp</i>	57.37±75.3	29.18±26.2	4.31±6.3	8.12±15.1	26.33±42.9
<i>Gat</i>	131.22±124.4	57.34±74.2	25.27±41.17	18.08±20.5	19.07±22.5
<i>Idu</i>	3.93±11.7	0	0	0	0
<i>Ox</i>	13.72±36.4	18.82±37.6	45.95±67.5	51.24±76.37	1461.04±3896.6
<i>Psp</i>	118.75±275.05	101.51±254.3	134.5±218.81	76.33±96.22	142.62±144.8
<i>Pbi</i>	179.73±266.8	290.45±319.3	198.44±247.2	331.74±204.95	128.12±75.4
<i>Xhe</i>	5.41±7.51	73.77±106.7	35.53±62.8	77.19±125.98	60.2±110.1
<i>Zpu</i>	4.39±8.62	4.84±10.1	0.21±0.64	0	0.31±0.9

Los datos presentan la media y la desviación estándar. **Asp**= *Ameca splendens*, **Gat**= *Goodea atripinnis*, **Idu**= *Ictalurus dugesii*, **Ox** = *Oreochromis aureus*, **Pbi**= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, **Psp**= *Poecilia sphenops*, **Xhe**= *Xiphophorus hellerii* y **Zpu**= *Zoogoneticus purhepechus*.

En el semestre II, se recolectó en el sitio cinco a la especie *Poeciliopsis infans*, su presencia es rara en el río. Se ha documentado su presencia en la presa de Vega (López-López y Paulo Maya, 2001). Los datos de abundancia en términos de densidad y biomasa mantienen la tendencia donde las especies nativas tienen valores menores y son más abundantes en los dos primeros sitios. Siendo consistente la mayor densidad de *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, especie considerada como invasora. Las especies nativas *Z. purhepechus* e *I. dugesii* son de menor presencia y abundancia (cuadro 6.4). En el caso de la temporada de secas cálidas (julio 2017) disminuyó la densidad de las especies *P. bimaculatus* y *P. sphenops*, mientras que en términos de biomasa la tilapia *Oreochromis aureus* fue mayor (cuadro 6.4).

**Cuadro 6.4.** Densidad (ind hr<sup>-1</sup>) y biomasa (g hr<sup>-1</sup>) de la comunidad de peces del río Teuchitlán. Semestre II.

ESPECIES	S1	S2	S3	S4	S5
DENSIDAD					
<i>Asp</i>	92.81±148.44	58.96±85.82	1.7±4.41	13.11±14.15	1.56±3.43
<i>Gat</i>	169.19±206.95	77.63±107.74	20.74±29.14	5.85±9.94	16.52±19.09
<i>Idu</i>	2.44±4.45	0.67±2	0	0	0
<i>Ox</i>	0.22±0.67	0	69.7±63.63	8.81±17.57	325.85±395.48
<i>Pin</i>	0	0	0	0	1.48±4.44
<i>Pbi</i>	225.48±223.43	756.81±1224.92	472.44±439.01	1216.81±1271.48	633.41±545.84
<i>Psp</i>	18.52±39.09	3.41±8.82	173.19±219.71	122.44±207.15	586.44±669.31
<i>Xhe</i>	33.56±49.42	84.44±121.86	127.48±207.06	113.78±80.14	10.67±26.4
<i>Zpu</i>	5.26±8.04	17.85±21.04	17.19±17.81	4.59±6.89	7.63±22.15
BIOMASA					
<i>Asp</i>	201.21±425.34	53.16±88.16	1.79±3.85	18.37±17.91	1.42±3.22
<i>Gat</i>	374.01±532.91	102.71±149.02	35.05±43.17	18.14±29.72	47.36±69.04
<i>Idu</i>	91.72±221.53	32.84±98.53	0	0	0
<i>Ox</i>	6.82±20.47	0	64.14±64.3	7.13±14.12	698.87±890.11
<i>Pin</i>	0	0	0	0	0.33±0.98
<i>Pbi</i>	145.95±98.48	516.43±791.55	196.84±155.39	539.4±514.79	323.45±392.29
<i>Psp</i>	21.24±36.13	1.27±2.8	202.42±265.15	179.71±300.05	588.95±717.61
<i>Xhe</i>	14.16±21.78	48.59±73.53	57.91±94.93	70.36±51.66	4.3±9.28
<i>Zpu</i>	5.06±9.14	11.4±10.07	4.47±3.81	3.08±5.124	2.41±6.5

Se presentan la media y la desviación estándar. **Asp**= *Ameca splendens*, **Gat**= *Goodea atripinnis*, **Idu**= *Ictalurus dugesii*, **Ox** = *Oreochromis aureus*, **Pin**= *Poeciliopsis infans*, **Pbi**= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, **Psp**= *Poecilia sphenops*, **Xhe**= *Xiphophorus hellerii* y **Zpu**= *Zoogoneticus purhepechus*.

Para el tercer semestre (septiembre, noviembre del 2017 y enero de 2018), respecto a la composición, se mantiene sin nuevos registros.

Respecto a los valores de abundancia obtenidos en términos de densidad y biomasa, para estos tres meses, donde se resalta que climáticamente corresponden

a secas frías (entre otoño-invierno). Resultaron con menor valor que el semestre anterior. Incluso para el caso de las tilapias (Ox) (Cuadro 6.5).

**Cuadro 6.5.** Densidad (ind hr<sup>-1</sup>) y biomasa (g hr<sup>-1</sup>) de la comunidad de peces del río

Teuchitlán. Semestre III.

ESPECIES	S1	S2	S3	S4	S5
DENSIDAD					
<i>Asp</i>	45.93±57.78	71.78±123.22	0	2.96±8.89	0
<i>Gat</i>	25.41±36.01	13.56±21.97	2.96±8.89	0.44±1.33	0
<i>Idu</i>	0.44±1.33	0	0	0	0
<i>Ox</i>	0	5.93±11.76	25.19±33.63	48.89±114.7	13.56±28.17
<i>Pbi</i>	169.85±185.01	515.85±635.16	175.19±202.34	<b>808.89±733.96</b>	108.81±71.27
<i>Psp</i>	28±47.31	2.96±8.89	28.81±36.26	17.7±10.09	42.52±61.27
<i>Xhe</i>	2.15±4.42	82.37±104.54	20.59±23.06	27.33±43.79	3.19±8.83
<i>Zpu</i>	0.67±1.41	22.22±39.44	26.07±36.14	1.7±4.41	0
BIOMASA					
<i>Asp</i>	51.13±68.99	77.67±143.79	0	2.39±7.18	0
<i>Gat</i>	66.57±111.03	26.16±49.35	9.12±27.37	1.61±4.84	0
<i>Idu</i>	46.87±140.61	0	0	0	0
<i>Ox</i>	0	4.05±8.17	37.94±67.13	40.37±97.06	41.92±96.89
<i>Pbi</i>	77.78±75.41	316.3±514.68	114.3±171.68	<b>346.1±312.58</b>	36.6±24.62
<i>Psp</i>	29.60±57.16	1.52±4.56	42.51±59.22	26.46±17.95	29.52±57.23
<i>Xhe</i>	1.18±2.4	38.85±49.86	7.47±8.66	19.69±36.31	0.48±1.3
<i>Zpu</i>	0.9±2.11	14.24±24.46	12.62±17.99	2.06±5.77	0

Se presenta la media y la desviación estándar. **Asp**= *Ameca splendens*, **Gat**= *Goodea atripinnis*, **Idu**= *Ictalurus dugesii*, **Ox** = *Oreochromis aureus*, **Pbi**= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, **Psp**= *Poecilia sphenops*, **Xhe**= *Xiphophorus hellerii* y **Zpu**= *Zoogoneticus purhepechus*.

El periodo que comprende el IV semestre (marzo - julio de 2018), se considera de forma temporal que son parte de la época de seca cálidas. Aunque el mes de julio inicia las primeras lluvias y el aumento del volumen del caudal y posibles crecidas.

De acuerdo con los datos de densidad y biomasa la especie con valores mayores fue *Pseudoxiphophorus bimaculatus*. Es notable que la cantidad de tilapias del género *Oreochromis aureus*, a pesar de estar siempre presentes, sus tallas correspondientes a juveniles (10-15 cm LP) y de acuerdo con la revisión de las gónadas, son organismo indeterminados. Es importante ver que la cantidad de individuos pertenecientes a las especies *Ameca splendens* y *Goodea atripinnis* fue menor en los tres primeros sitios, en comparación a los periodos anteriores. Siendo dominante *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Cuadro 6.6).

**Cuadro 6.6.** Densidad (ind hr<sup>-1</sup>) y biomasa (g hr<sup>-1</sup>) de la comunidad de peces del río Teuchitlán. Semestre IV.

ESPECIES	S1	S2	S3	S4	S5
DENSIDAD					
Asp	14.66±15.31	10.37±22.87	0	1.48±4.44	0
Gat	10.51±13.15	50.59±100.27	0	2.96±8.88	0.22±0.66
Idu	0	0	0	0	0
Ox	0	0	7.40±17.77	26.66±46.66	84.66±128.76
Pin	0	0	0	0	11.85±30.87
Pbi	133.92±126.19	248.22±460.97	114.74±113.74	1222.29±1254.08	33.33±32.78
Psp	1.70±4.41	2.96±8.88	16.29±26.48	24.37±31.28	24±32.83
Xhe	1.92±4.47	129.33±192.31	29.85±44.44	128.07±184.61	56.29±154.16
Zpu	1.92±4.47	23.92±44.48	11.48±16.74	0	0
BIOMASA					
Asp	17.70±19.38	9.26±20.45	0	2±6	0
Gat	25.74±28.05	95.61±190.34	0±0	10.50±31.51	0.52±1.56
Idu	0	0	0	0	0
Ox	0	0	42.13±116.96	49.83±96.59	119.66±170.95
Pin	0	0	0	0	2.45±6.38
Pbi	71.37±59.90	143.43±298.67	61.48±63.40	561.56±652.66	13.90±25.64
Psp	3.26±9.28	1.42±4.26	14.85±18.57	47.49±44.76	18.32±27.89
Xhe	1.16±2.72	57.47±96.35	12.03±16.59	82.57±118.89	33.08±95.17
Zpu	0.51±1.46	15.83±28.10	4.93±7.45	0	0

Se presentan la media y la desviación estándar. **Asp**= *Ameca splendens*, **Gat**= *Goodea atripinnis*, **Idu**= *Ictalurus dugesii*, **Ox** = *Oreochromis aureus*, **Pbi**= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, **Psp**= *Poecilia sphenops*, **Xhe**= *Xiphophorus hellerii* y **Zpu**= *Zoogoneticus purhepechus* **Pin**= *Poeciliopsis infans*.

### Análisis de diversidad

La tendencia de la estructura de la comunidad de peces durante el I semestre de recolecta, fue de mayor diversidad, equitatividad y menor dominancia en los primeros sitios (cuadro 6.7). El sitio con mayor diversidad fue S2 donde inicia el río ( $H' = 1.46$ ) y la mayor dominancia ( $D = 0.72$ ). El sitio 4 (S4) presenta para este periodo el menor valor de diversidad ( $H' = 0.38$ ) y la menor dominancia ( $D = 0.18$ ). Se encontró una mayor equitatividad ( $J' = 0.77$ ) hacia la parte baja del río (S5).

**Cuadro 6.7.** Diversidad de la comunidad de peces en cinco sitios del río Teuchitlán.

	Semestre I.				
	<b>S1</b>	<b>S2</b>	<b>S3</b>	<b>S4</b>	<b>S5</b>
<i>S</i>	4	7	6	6	6
<i>Simpson D</i>	0.48	0.72	0.43	<b>0.18</b>	0.69
<i>Simpson 1-D</i>	0.52	0.28	0.57	<b>0.82</b>	0.31
<i>Shannon H'</i>	0.91	<b>1.46</b>	0.85	0.38	1.38
<i>Eq J'</i>	0.66	0.75	0.47	0.21	<b>0.77</b>

La tendencia de la estructura de la comunidad de peces del I semestre, fue de mayor diversidad, equitatividad y menor dominancia en los primeros sitios. El sitio cercano a la presa de la Vega es de menor diversidad (cuadro 6.8). El sitio con mayor diversidad fue S1 donde inicia el río ( $H' = 1.65$ ) y la menor dominancia ( $D = 0.24$ ). Una mayor equitatividad ( $J' = 0.66$ ) se observa hacia la parte media (S3) (Cuadro 6.8).

Para este tercer semestre (septiembre 2017 a enero 2018), se capturó un total de ocho especies. No se registró la presencia de *Poeciliopsis infans* ni de *Chapalichthys encaustus* (Anexo 7). Ambas consideradas como raras, ya que solo se han registrado en un solo evento de recolecta. De acuerdo a los valores de riqueza (S) en general fue menor en comparación con el periodo anterior. Esto se refleja además en los valores menores de diversidad ( $H'$ ) y equitatividad (Cuadro 6.9), los cuales siguen siendo mayores para el sitio uno. Este sitio se abastece el



agua por manantiales y es donde se encuentra la mayor presencia y abundancia de especies nativas.

**Cuadro 6.8.** Diversidad de la comunidad de peces en cinco sitios del río Teuchitlán.

	Semestre II.				
	S1	S2	S3	S4	S5
S	8	7	5	5	4
<i>Simpson D</i>	0.24	0.40	0.38	0.37	0.45
<i>Simpson_1-D</i>	0.76	0.60	0.62	0.63	0.55
<i>Shannon_H</i>	1.65	1.21	1.19	1.16	0.91
<i>Eq J'</i>	0.65	0.48	0.66	0.63	0.62

**Cuadro 6.9.** Diversidad de la comunidad de peces en cinco sitios del río Teuchitlán.

	Semestre III.				
	S1	S2	S3	S4	S5
S	6	6	5	6	4
<i>Simpson D</i>	0.42	0.60	0.53	0.78	0.63
<i>Simpson_1-D</i>	0.58	0.40	0.47	0.22	0.37
<i>Shannon_H</i>	1.18	0.81	0.95	0.51	0.67
<i>Eq_J'</i>	0.66	0.45	0.59	0.28	0.48

Para el semestre IV (marzo-julio 2018), se capturó un total de ocho especies. Se registró la presencia de *Poeciliopsis infans* en el sitio 5 (parte final del río), no así de *Chapalichthys encaustus*. De acuerdo a los valores de riqueza (S) fue menor en comparación con el periodo anterior y constante en términos numéricos. En estos eventos de recolecta no se capturó ningún ejemplar del bagre *Ictalurus dugesii*, aunque si se le avistó en horarios diferentes en el S1, donde generalmente salen cuando no hay visitantes en el balneario.

En comparación a la tendencia en los periodos anteriores, el sitio 1 fue menos diverso, al parecer puede afectar por ejemplo que no se capturó al bagre,

aunado a que la densidad y biomasa del resto de las especies nativas fue menor. El mayor valor de diversidad ( $H'$ ) y equitatividad se calculó para el S5 (Cuadro 6.10).

**Cuadro 6.10.** Diversidad de la comunidad de peces en cinco sitios del río Teuchitlán.

Semestre IV.

	S1	S2	S3	S4	S5
<i>S</i>	5	6	6	6	6
<i>Simpson_1-D</i>	0.37	0.58	0.56	0.24	0.74
<i>Shannon_H</i>	0.76	1.13	1.20	0.51	1.46
<i>Eq_J'</i>	0.47	0.63	0.67	0.29	0.82

### 6.3.4 Conclusiones

La riqueza de especies nativas es mayor en los primeros sitios y la presencia de especies introducidas, es mayor en los sitios 3 al 5.

La diversidad en general es mayor entre los sitios S1 y S2, que son alimentados por manantiales. En el mismo sentido, la abundancia y densidad es mayor para las especies nativas en los primeros sitios, siendo contrario el caso de las introducidas. Es notable el valor que se tiene de biomasa de la tilapia *Oreochromis aureus*, ya que por su talla y peso es superior al tamaño de cualquiera de las especies de Goodeidos o pecílidos. Pero es dominante en número la especie *Pseudoxiphohorus bimaculatus*.

Los resultados muestran la importancia de los manantiales (S1, S2) en la conservación de la comunidad de peces del río Teuchitlán, debido a que es donde de forma preponderante se presentó la mayor diversidad, riqueza.

## 6.4 Interacciones

### 6.4.1 Estructura trófica

#### 6.4.1.1 Objetivos

Determinar las relaciones tróficas entre las especies de peces del río Teuchitlán

#### **6.4.1.2 Métodos**

La recolecta de organismos se realizó de acuerdo a lo establecido en el punto 6.2.2 de este apartado. Los peces fueron pesados individualmente con una balanza electrónica y el peso se registró en gramos (g). Posteriormente se obtuvieron las medidas de LP (longitud desde la punta del hocico hasta el último elemento óseo del pedúnculo caudal) y fueron registradas en milímetros (mm), esto con ayuda de un calibrador digital (MITUTOYO SERIE 505-637-50). Para el análisis de contenido estomacal se realizó la disección de los organismos, para posteriormente extraer los tractos digestivos de cada individuo. Se obtuvo la longitud del intestino (mm), se determinó el sexo del individuo y el grado de repleción gástrica aplicando el criterio de Martínez (1983). Los tubos digestivos fueron fijados con alcohol al 70% para conservarlos hasta ser revisados.

**Análisis cualitativo.** Se identificaron los componentes de la dieta al menor nivel taxonómico posible, para insectos se utilizarán las claves de Merrit y Cummins (1996), Pennak (1978), Thorp y Covich (2001) para invertebrados y Olivier (1965), Elster y Ohle (1974), Koste (1978), Koste y Shiel (1987; 1989), Sarma y Elías-Gutiérrez (1999), Nogrady y Segers (2002), Elías-Gutiérrez (2006) y Elías-Gutiérrez *et al.* (2008) para zooplancton. Cuando el alimento ingerido no pudo ser identificado se clasificó como MONI (materia orgánica no identificada) siguiendo el criterio de Yáñez-Arancibia *et al.* (1976).

**Porcentaje de área:** Se cuantificó el porcentaje de área (PA) de cada artículo alimenticio en el total del intestino. Este método es una modificación del método volumétrico indirecto (Canto-Maza y Vega-Cendejas, 2008; Ramírez-Herrejón *et al.*, 2013).

**Frecuencia de aparición:** Indica que tan frecuente es la aparición de cada artículo alimentario (Stark y Schoroer, 1970), para expresar la frecuencia de la aparición de un tipo de componente alimenticio con respecto a todos los tubos digestivos analizados, en porcentaje. Con los métodos anteriores se calculó el índice de

importancia relativa (Cortés, 1997) para la cuantificación de la importancia relativa de determinado grupo trófico dentro de la alimentación de la especie: Se estimó la amplitud de la dieta de las especies de peces utilizando el índice de amplitud de nicho de Levin (Krebs, 1989). Para una lectura más sencilla del índice se utiliza la amplitud de nicho de Levin estandarizada y el resultado se expresa de 0 a 1, donde 0 es una dieta poco amplia y 1 es una dieta muy amplia (Krebs, 1989). Se estimó la posición trófica de las especies de peces mediante el uso del programa TrophLab (Pauly et al. 2000). Para estimar el traslape de nicho trófico entre las diferentes especies se empleó el índice de Horn (Krebs, 1989).

Se utilizaron diagramas tróficos de Costello (1990) con la finalidad de determinar gráficamente la importancia de los componentes en la dieta de la especie. Se utilizó la abundancia de la presa en el contenido estomacal (Porcentaje de Área) en el eje de las ordenadas y la frecuencia de aparición en porcentaje (%FO) en el eje de las abscisas. Se determinaron cuatro cuadrantes, los cuales están delimitados por el 50% de porcentaje de área y frecuencia de aparición.

#### **6.4.1.3 Resultados**

Se revisaron un total de 988 tractos digestivos de siete especies de peces, las cuales fueron recolectadas en un periodo comprendido entre los años 2015-2018. Se evaluaron siete especies de las 10 que conforman el ensamblaje del río Teuchitlán debido a que no fue posible recolectar un tamaño de muestra suficiente para incluir en los análisis de las especies; *Ictalurus dugesii* (total n=5), *Chapalichtys encaustus* (total n=1) y *Xiphophorus maculatus* (total n=1).

Se determinaron 10 artículos alimenticios que componen la dieta de las especies de peces del río Teuchitlán. Se identificaron diferentes taxones como larvas de tricópteros acuáticos de la familia Hydropsychidae e Hydroptilidae, dípteros de la familia Chironomidae y Tipulidae, los cuales fueron asignados a la categoría de macroinvertebrados acuáticos (Cuadro 6.11).

**Cuadro 6.11.** Artículos alimenticios que componen la la dieta de las especies de peces del Río Teuchitlán.

<b>Etiqueta</b>	<b>Artículo</b>	<b>Componentes</b>
MONI	Materia Orgánica no identificada	Materia Orgánica no identificada
RV	Restos vegetales	Restos vegetales
ALG	Algas	Grupo de algas dulceacuícolas, incluyendo diatomeas, algas verde-azules, algas filamentosas
ARAÑA	Aranae	Familia Aranae
RESTPEZ	Restos de pez	Restos de pez (escamas, vertebras, peces completos)
GAST	Gasteropoda	<i>Melanooides tuberculata</i> y <i>Pomacea</i>
ZOOP	Zooplancton	Cladóceros, copépodos, ostrácodos
RINI	Restos de insectos no identificados	Restos de insectos no identificados
Rlac	Insectos acuáticos	Larvas acuáticas de insectos Trichoptera, lepidoptera, diptera, etc
Riterr	Insectos terrestres	Insectos terrestres hymenoptera, hemiptera, diptera etc

El número de presas que componen la dieta de cada una de las siete especies de peces fue entre 5 y 10. La especie con menor número de presas fue el Godeido nativo *G. atripinnis* y la especie con mayor numero fue la no nativa *P. bimaculatus*. Los índices de diversidad estimados con la frecuencia de ocurrencia de las presas en el contenido estomacal indican que la dominancia fue baja (Cuadro 6.12). La mayor diversidad de presas se encontró en la especie no nativa *P. bimaculatus* (Shannon= 1.92), mientras que la menor diversidad de presas se encontró para *G. atripinnis* y *X. hellerii* (Figura 6.12).

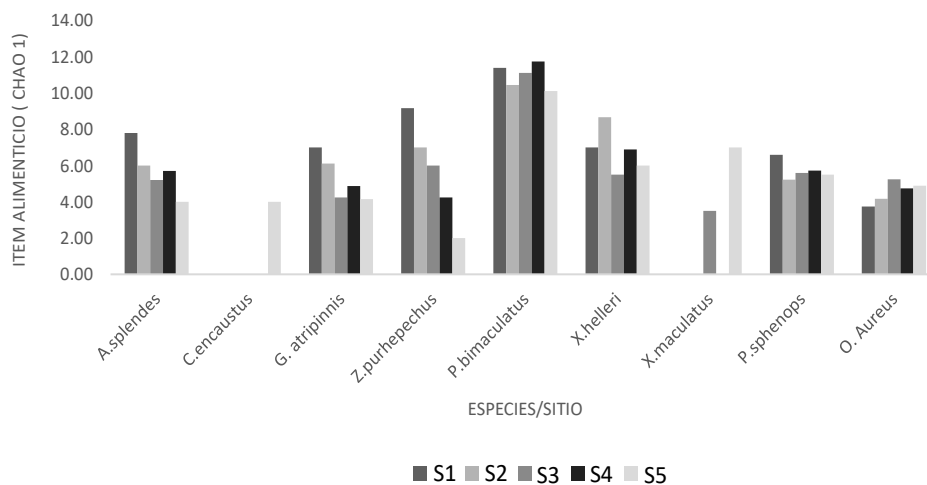
**Cuadro 6.12.** Número de presas, índice de dominancia, índice de equitatividad y estimador no paramétrico Chao-1 del contenido estomacal de siete especies de peces del río Teuchitlán. *Asp*= *Ameba splendens*, *Gat*= *Goodea atripinnis*, *Ox* = *Oreochromis aureus*, *Pbi*= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Psp*= *Poecilia sphenops*, *Xhe*= *Xiphophorus hellerii* y *Zpu*= *Zoogoneticus purhepechus*.

	Asp	Gat	Ox	Psp	Pbi	Xhe	Zpu
Presas	8	5	7	7	10	7	9
Dominancia_D	0.28	0.32	0.33	0.32	0.21	0.34	0.30
Simpson_1-D	0.71	0.67	0.66	0.67	0.79	0.65	0.69
Equitatividad_J	0.68	0.74	0.64	0.63	0.71	0.61	0.68
Chao-1	8.33	6	7.33	7.5	15	7	14

Para las especies *A. splendens*, *G. atripinnis*, *O. aureus*, *P. sphenops* y *X. hellerii* el artículo alimenticio con mayor valor de importancia fueron los restos vegetales, seguidos por la materia orgánica de origen animal. Sin embargo, la especie *P. bimaculatus* presentó el mayor valor de importancia para los restos de insectos terrestres. Para la especie *Z. purhepechus* más del 90% de su dieta está representado por macroinvertebrados acuáticos, con un alto consumo de tricópteros, quironómidos, odonatos, entre otros (Cuadro 6.13).

Los resultados de la amplitud de dieta indican que las especies presentan una tendencia especialista (valor de índice de Levin). La mayor amplitud de dieta se encontró para la especie nativa *G. atripinnis* y el menor valor lo presentó la especie nativa *Z. purhepechus* (Cuadro 6.14). El índice de omnivoría indica una tendencia de las especies *A. splendens*, *G. atripinnis*, *O. aureus*, *P. sphenops*, *P. bimaculatus* y *X. hellerii* hacia la omnivoría. Mientras que la especie *Z. purhepechus* presentó el menor valor de omnivoría (Cuadro 6.14). El nivel trófico de las especies *A. splendens*, *G. atripinnis*, *O. aureus*, *P. sphenops* y *X. hellerii* las ubica como consumidores primarios, la especie no nativa *P. bimaculatus* presentó un nivel trófico mayor debido a la ingesta de insectos terrestres. El mayor nivel trófico del sistema lo presentó *Z. purhepechus* con lo cual se puede inferir que esta especie

es un consumidor secundario carnívoro especialista, con una amplitud de dieta reducida.



**Figura 6.2.** Artículos alimenticios por sitio (S) y especies a lo largo del río.

De acuerdo con los diagramas tróficos de Costello (1990), las presas preferidas son los restos vegetales para las especies *A. splendens*, *G. atripinnis*, *O. aureus*, *P. sphenops* y *X. hellerii*, la materia orgánica para *P. bimaculatus* y los macroinvertebrados acuáticos para *Z. purhepechus*, ya que se encuentran en los cuadrantes que representan más del 50% de los consumos. Estos resultados son congruentes con el IIR%, en las gráficas también se puede apreciar que la mayoría de los artículos que componen la dieta de las especies son accidentales debido a su baja frecuencia de aparición (<50%) y bajo porcentaje de área (<50%) (Figs. 6.3).

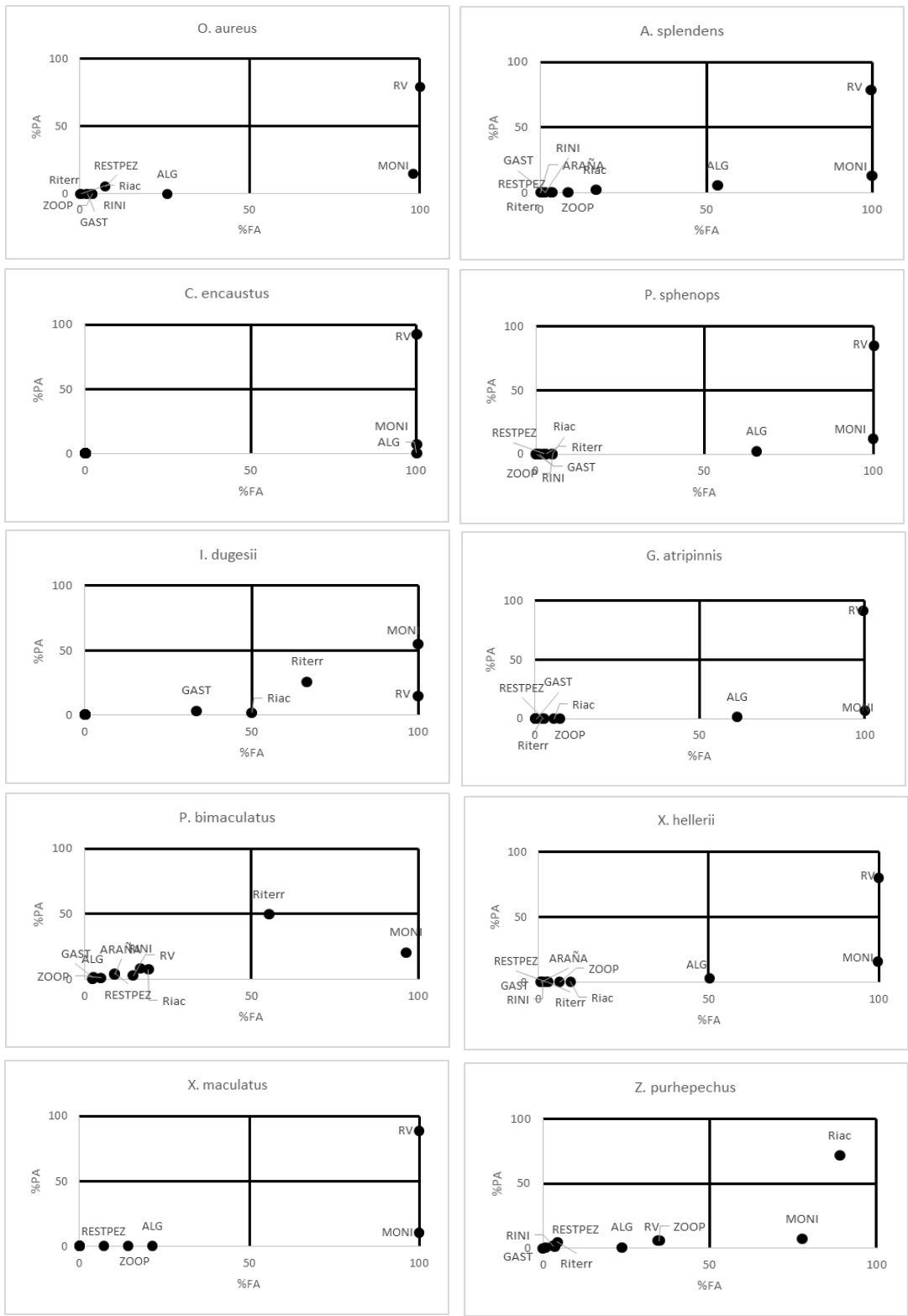
**Cuadro 6.13.** IIR porcentual para cada uno de los artículos alimenticios que componen la dieta de siete especies de peces del río Teuchitlán. *Asp*= *Ameca splendens*, *Cen*= *Chapalichthys encaustus* *Gat*= *Goodea atripinnis*, *Idu*= *Ictalurus dugesii*, *Ox* = *Oreochromis aureus*, *Pbi*= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Psp*= *Poecilia sphenops*, *Xhe*= *Xiphophorus hellerii* *Xma*= *Xiphophorus maculatus* y *Zpu*= *Zoogoneticus purhepechus*.

	<i>Asp</i>	<i>Cen</i>	<i>Gat</i>	<i>Idu</i>	<i>Ox</i>	<i>Psp</i>	<i>Pbi</i>	<i>Xhe</i>	<i>Xma</i>	<i>Zpu</i>
MONI	13.82	7.25	6.85	61.9	15.45	12.3	38.65	16.33	10.75	7.69
RV	82.63	92.27	92.31	16.33	84.03	86.22	0.77	82.26	89.2	2.71
ALG	3.15	0.48	0.82	0	0.07	1.45	0.01	1.36	0.01	0.25
ARAÑA	0	0	0	0	0	0	0.67	0.0002	0	0
RESTPEZ	0.008	0	0.03	0	0.43	0.002	0.76	0.004	0.03	0.06
GAST	0.004	0	0	1.2	0.005	0.0001	0.07	0.001	0	0.003
ZOOP	0.02	0	0.01	0	0.001	0.008	0.1	0.008	0.001	2.81
RINI	0.0004	0	0	0	0.001	0.0004	2.64	0.0004	0	0.07
Riac	0.36	0	0.003	1.06	0.0001	0.008	2.82	0.04	0	86.12
Riterr	0.004	0	0.001	19.51	0.001	0.002	53.51	0.0004	0	0.28

**Cuadro 6.14.** Resultados de la amplitud de dieta, el índice de omnivoría y el nivel trófico. *Asp*= *Ameca splendens*, *Cen*= *Chapalichthys encaustus* *Gat*= *Goodea atripinnis*, *Idu*= *Ictalurus dugesii*, *Ox* = *Oreochromis aureus*, *Pbi*= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Psp*= *Poecilia sphenops*, *Xhe*= *Xiphophorus hellerii* *Xma*= *Xiphophorus maculatus* y *Zpu*= *Zoogoneticus purhepechus*. AD= Amplitud de dieta, IO= Índice de Omnivoría y NT= Nivel trófico

	<i>Asp</i>	<i>Cen</i>	<i>Gat</i>	<i>Idu</i>	<i>Ox</i>	<i>Psp</i>	<i>Pbi</i>	<i>Xhe</i>	<i>Xma</i>	<i>Zpu</i>
AD	0.05	0.03	0.02	0.31	0.05	0.04	0.14	0.05	0.06	0.04
IO	1.03	1.03	1.03	0.82	1.04	1.03	0.45	1.05	1.03	0.14
NT	2.01±0.03	2.01±0.04	2.01±0.04	2.25±0.19	2.01±0.05	2.02±0.06	2.73±0.32	2.01±0.03	2.01±0.03	3.11±0.39





**Figura 6.3.** Se muestra la estrategia trófica de las especies de peces empleando diagrama de Costello. PA. Porcentaje de área, FA Frecuencia.

Se determinaron traslapes de dieta cercanos al 100 % entre las especies que consumen detritus vegetal, particularmente la especie nativa *G. atripinnis* presentó un traslape total con las no nativas *O. aureus*, *P. sphenops* y *X. hellerii*. Así mismo la no nativa *P. bimaculatus* presentó un traslape mayor al 40% con las especies detritívoras. Sin embargo *P. bimaculatus* y *Z. purhepechus* presentan traslape de dieta mínimo. La especie nativa *Z. purhepechus* fue la que presentó el menor traslape de dieta con respecto al resto de las especies detritívoras (Cuadro 6.15).

**Cuadro 6.15.** Evaluación del traslape de dieta entre las siete especies de peces utilizando el índice de Horn. *Asp*= *Ameca splendens*, *Gat*= *Goodea atripinnis*, *Oau* = *Oreochromis aureus*, *Pbi*= *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, *Psp*= *Poecilia sphenops*, *Xhe*= *Xiphophorus hellerii* y *Zpu*= *Zoogoneticus purhepechus*.

	Asp	Gat	Ox	Psp	Pbi	Xhe	Zpu
Asp	1	0.98	0.98	1.00	0.26	1.00	0.21
Gat		1	0.98	0.99	0.17	0.98	0.17
Ox			1	0.99	0.27	0.99	0.20
Psp				1	0.24	1.00	0.19
Pbi					1	0.28	0.27
Xhe						1	0.20
Zpu							1

#### 6.4.1.4 Conclusiones

El traslape de dieta es mayor en las especies omnívoras-detritívoras. La especie nativa *G. atripinnis* presentó traslape del 100% con las especies no nativas *O. aureus*, *P. sphenops*, y *X. hellerii*. La especie *P. bimaculatus* presenta un traslape de dieta bajo con respecto al resto de las especies y el menor traslape de dieta lo presenta *Z. purhepechus*.

Las especies que consumen restos de insectos tanto acuáticos como terrestres *P. bimaculatus* y *Z. purhepechus* no presentaron un traslape de dieta significativo, por lo que se podría considerar que la competencia por alimento entre las mismas no sea significativa.

El traslape de dieta de las especies detritívoras es alto, sin embargo, aún es necesario contrastar con el contenido de restos vegetales en el río Teuchitlán. Los reiterados impactos de perturbación antrópica del río Teuchitlán han ocasionado una modificación de los procesos de arrastre, generando condiciones lenticas del sistema, lo que podría intensificar la acumulación de materia orgánica derivada de los restos vegetales circundantes. Todo esto podría favorecer el establecimiento de especies consumidoras de detritus, al disminuir la competencia por alimento.

Por lo tanto, de acuerdo con el IIR% se pueden agrupar a cinco especies que consumen detritus vegetal: *A. splendens*, *G. atripinnis*, *O. aureus*, *P. sphenops* y *X. hellerii*, una especie omnívora con tendencias carnívora: *P. bimaculatus* y a un carnívoro de macroinvertebrados acuáticos *Z. purhepechus*.

## **6.4.2 Parásitos**

### **6.4.2.1 Objetivos**

Determinar la carga parasitaria de las especies de peces del río Teuchitlán

### **6.4.2.2 Métodos**

La recolecta de peces se realizó de acuerdo a lo establecido en el punto 6.2.2 de este apartado. Los peces fueron revisados empleando un microscopio estereoscópico de disección VELAB VE- 55 para la búsqueda de parásitos helmintos, tanto externo como interno. Se inició extrayendo las branquias, las cuales se diseccionaron los arcos branquiales para revisar cada uno en una caja de petri; posteriormente se examinó la cavidad bucal. Luego se procedió a realizar una disección para extraerlas vísceras y hacer el estudio respectivo, examinado interna y externamente.

Los parásitos colectados fueron tratados con las técnicas convencionales propias de cada tipo de parásito (Lamothe, 1997). Los cestodos y acantocéfalos se dejaron reposar en agua fría el tiempo necesario hasta que se extendieran por completo. Los digeneos, al igual que los nematodos se calentaron con alcohol al 70% para que se desarrollaran y expandieran. Todos los helmintos colectados se fijaron en alcohol al 70%.

Para los platelmintos se realizaron dos tinciones distintas, Paracarmín de Meyer y Tricrómica de Gomori en solución acuosa y alcohólica; en tanto para acantocéfalos se utilizó Hematoxilina de Erlich como Paracarmín de Meyer, siguiendo lo propuesto por Lamothe (1997). Se montaron en láminas con bálsamo de Canadá y se pusieron a secar en un horno. Los nematodos fueron aclarados con Glicerina.

### Clasificación y determinación de parásitos

La clasificación y determinación de los digeneos se realizó de acuerdo a Yamaguti (1971), Gibson *et al.*, (2002), Jones *et al.* (2005) y Bray *et al.* (2005) y Bray *et al.* (2008); Schmidt (1934) para cestodos; Petrochenko (1956) y Yamaguti (1963) para acantocéfalos y (Yamaguti, 1961) para nematodos.

#### 6.4.2.3 Resultados

El número de entidades taxonómicas que se han identificado de helmintos parásitos es de 12, seis platelmintos (uno en fase adulta y cinco en fase larvarias), cuatro nematodos (uno su fase adulta y tres en fases larvarias) y un acantocéfalo (larva) (Cuadro 6.16, Anexo 9).

**Cuadro 6.16.** Relación de helmintos parásitos encontrados.

<b>Grupo</b>	<b>Helmineto</b>	<b>Estadio del ciclo</b>
Nematoda	<i>Eustrongylides</i> sp	Larva f3
	<i>Spiroxys</i> sp	Larva f3
	<i>Rhandochona mexicana</i>	Adulto
	<i>Contraecum</i> sp	Larva f3
Platyhelminth	<i>Glossocercus auritus</i>	Metacestodo
	<i>Posthodiplostomum</i>	Metacercaria
	<i>Centrocestus formosanus</i>	Metacercaria
	<i>Clinostomum complanatum</i>	Metarcecaria
	<i>Diplostomum</i> sp	Metacercaria
	<i>Bothriocephalus</i>	Adulto
Acantocephal	<i>Arhythmorhynchus brevis</i>	Cistacanto

Respecto a los valores de la caracterización de la infección entre los hospederos, *Xiphophorus helleri* y *X. maculatus* presentan mayores valores de infección (Cuadro 6.17, 6.18 y Figs. 6.4, 6.5 y 6.6).

**Cuadro 6.17.** Caracterización de la infección por helmintos parásitos en ocho especies de peces del río Teuchitlán.

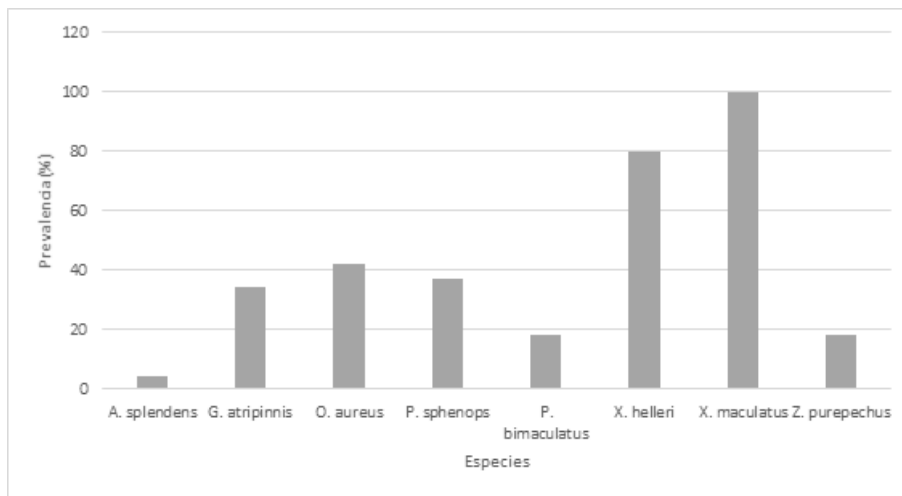
\*= porcentaje. +=número de helmintos por hospedero revisado, °=número de helmintos por hospedero infectado.

Hospedero	Hospederos revisados	Hospederos infectados	Total de parásitos	Prevalencia*	Abundancia Promedio+	Intensidad Promedio°
<i>Ameca splendens</i>	68	3	119	4.4	1.8	39.7
<i>Goodea atripinnis</i>	104	36	249	34.6	2.4	6.9
<i>Oreochromis aureus</i>	38	16	1665	42.1	43.8	104.1
<i>Poecilia sphenops</i>	75	28	1425	37.3	19.0	50.9
<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i>	824	150	2472	18.2	3.0	16.5
<i>Xiphophorus helleri</i>	169	135	17147	79.9	101.5	127.0
<i>Xiphophorus maculatus</i>	9	9	2419	100.0	268.8	268.8
<i>Zoogoneticus purepechus</i>	38	7	496	18.4	13.1	70.9

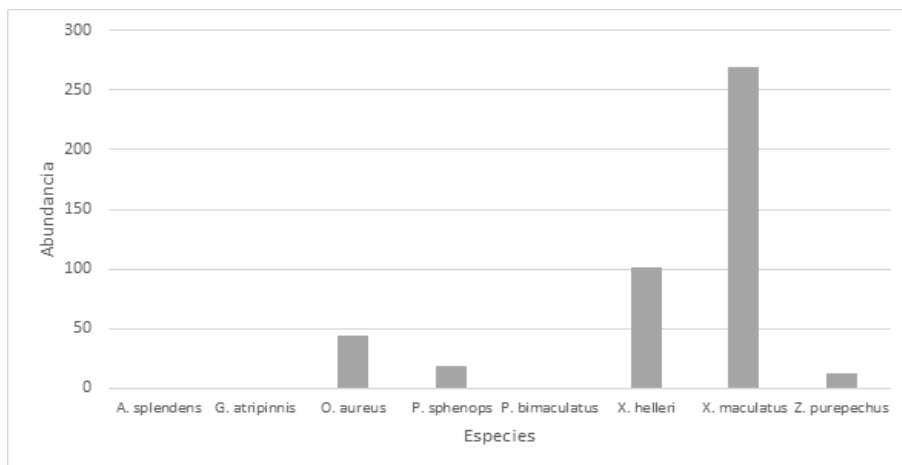
**Cuadro 6.18.** Parásitos de especies de peces del río Teuchitlán.

Phylum	Parásito	Estadio	H*	P(%) <sup>+</sup>	A <sup>+</sup>	Ip <sup>+</sup>	
<b>Nematoda</b>	<i>Rhabdochona Mexicana</i>	Adulto	Id	1.48	0.03	2.27	
	<i>Contracaecum</i> sp	Larva 3	M	0.80	0.07	8.47	
	<i>Eustrongylides</i> sp	Larva 3	M	2.92	0.08	2.89	
	<i>Spiroxys</i> sp	Larva 3	G	0.13	0.00	1.63	
	<b>Platyhelminthes</b>	<i>Diplostomum</i>	Metacercaria	Me	0.67	0.01	1.93
<i>Posthodiplostomum</i> sp		Metacercaria	Hí	0.10	0.00	1.50	
<i>Clinostomum complanatum</i>		Metacercaria	Me	0.07	0.00	0.75	
<i>Glossocercus auritus</i>		Metacestodo	Id	0.18	0.00	1.00	
<i>Centrocestus formosanus</i>		Metacercaria	B	11.39	9.66	84.84	
<i>Accacoelioides lamothei</i>		Adulto	Id	0.0	0.0	4.0	
<i>Botriocephalus acheilognathi</i>		Adulto	Ig	0.33	0.01	2.45	
<b>Acantocephala</b>		<i>Arhythmorhynchus brevis</i>	Cistacanto	Me	0.10	0.00	1.00

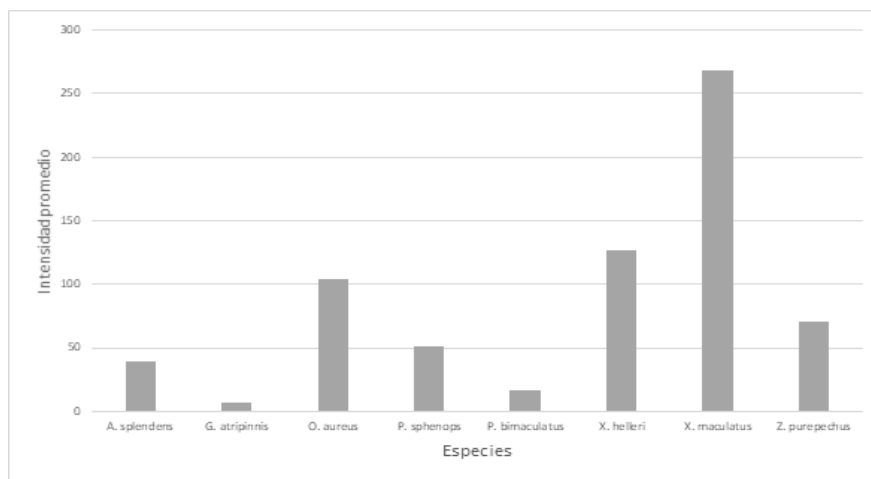
\* H = Hábitat, Id = Intestino delgado, M = Músculo, G = Gónadas, Me = Mesenterios, Hí = Hígado, B = Branquias, Ig = Intestino grueso. + P = Prevalencia, A = Abundancia, Ip = Intensidad promedio.



**Figura 6.4.** Prevalencia expresada en porcentaje de hospederos infectados de helmintiasis sobre el total de hospederos analizados



**Figura 6.5.** Abundancia expresada en número de helmintos sobre el total de hospederos revisados.



**Figura 6.6.** Gráfico sobre la intensidad promedio expresada en número de helmintos por hospedero infectado.



#### 6.4.2.4 Conclusiones

Se encontraron 12 entidades parasitarias, cuatro nematodos, siete platelmintos y un acantocéfalo.

De los parásitos encontrados, tres se encontraron en su estadio adulto, es decir; utilizan a los peces como hospederos definitivos, el resto se encontró en estadios larvarios, cerrando sus ciclos de vida en vertebrados terrestres.

El parásito que obtuvo mayores valores en la caracterización de la infección fue el platelminto digeneo *Centrocestus formosanus*.

El resto de parásitos obtuvieron valores muy bajos en la caracterización de la infección, por lo tanto, no representan riesgo parasitológico alguno para ninguna de las especies analizadas.

Los parásitos obtenidos en el presente trabajo son nuevos registros para la localidad de estudio.

#### 6.4.3 Poblaciones nativas de peces

De acuerdo con el apartado 6.2.3 de este proyecto se han identificadas once especies, nueve géneros y cuatro familias. Cinco especies son nativas *Ameca splendens* (Goodeidae), *Goodea atripinnis* (Goodeidae), *Zoogoneticus purhepechus* (Goodeidae), *Poeciliopsis infans* (Poeciliidae) e *Ictalurus dugesii* (Ictaluridae). Seis son introducidas *Chapalichthys encaustus* (Goodeidae) taxones son exóticos: *Oreochromis aureus* (Cichlidae), *Poecilia sphenops* (Poeciliidae), *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (Poeciliidae), *Xiphophorus hellerii* (Poeciliidae) y *Xiphophorus maculatus* (Poeciliidae) (Anexo 7), aunque algunas de ellas han sido colectadas de manera esporádica y solo en algunos sitios, como lo son *Xiphophorus maculatus*, *Ictalurus dugesii*, *Poeciliopsis infans* y *Chapalichthys encaustus*. Al reintroducir a *Zoogoneticus tequila* tres de las especies nativas con las que tendrían que compartir el río serían *Ameca splendens*, *Goodea atripinnis* y *Zoogoneticus purhepechus* todas de la misma familia (Goodeidae). Por lo tanto, es de suma importancia las investigaciones tendientes al conocimiento de la diversidad y la estructura de las poblaciones nativas, para poder enfocarse en el efecto que producen las perturbaciones sobre éstas y posteriormente crear estrategias para la

protección, el manejo, mantenimiento y regulación de los procesos mediante los cuales se mantienen estables dichas poblaciones nativas. Sin embargo, las poblaciones no son homogéneas en sus componentes y varían a través del tiempo, por lo que es necesario considerar y explicar la variación estructural y espacial que describe la variación en densidad de los individuos en el espacio, 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. Para lo cual, en esta sección se realizó la caracterización espaciotemporal de las poblaciones de *Zoogoneticus purhepechus*, *Goodea atripinnis* y *Ameca splendens* en el río Teuchitlán, Jalisco.

#### **6.4.3.1 Objetivo**

Caracterizar a las poblaciones de peces nativas del río Teuchitlán

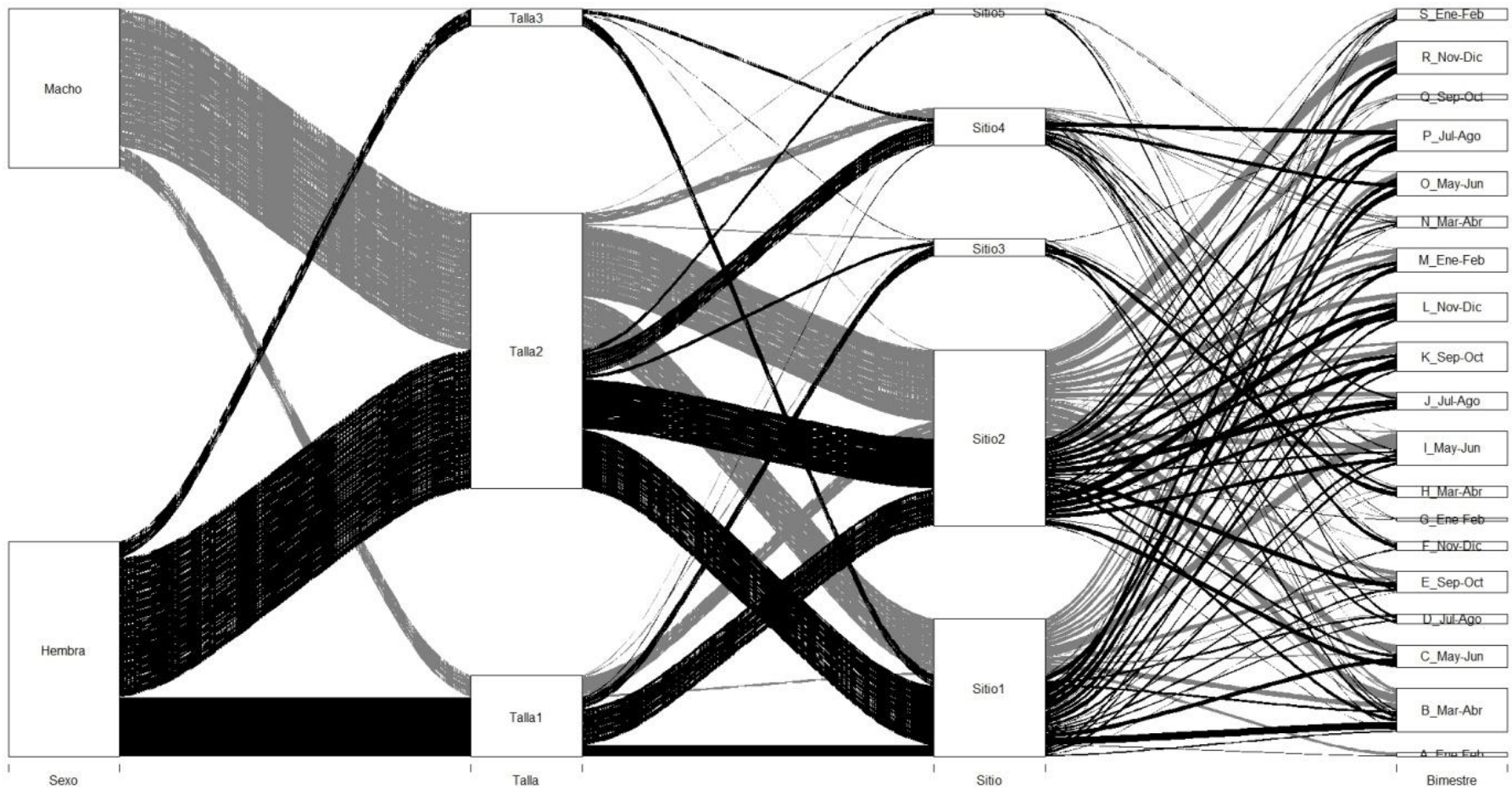
#### **6.4.3.2 Métodos**

En este análisis se llevó a cabo en los cinco sitios elegidos para el proyecto (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2). En cada sitio se utilizaron cinco trampas nasas, las cuales se colocaron en el sitio 1 en los bordes del manantial, en los sitios 2 y 3 en los diferentes tipos de vegetación presente y en los sitios 4 y 5 se ubicaron 2 nasas en cada margen del río y una al centro, por un lapso de 1 horas, todas las trampas se colocaron antes del medio día. A los peces nativos capturados se les tomó las medidas de peso con una balanza analítica (g), longitud patrón (Lp), longitud total (Lt) con un vernier digital (mm) y el sexo, además fueron marcados con implantes de elastómeros visibles. Todos los individuos fueron liberados posteriormente. La abundancia se estima por medio de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) (Zamora et al., 2009) y la densidad de las poblaciones se estima mediante el número de organismos por unidad de área, tomando en cuenta el área que abarcan las trampas nasa en el río. Se realizó un ANOVA para determinar si existe variación de la densidad a través de sitios y los meses de recolecta, si se obtiene diferencias significativas se aplicó una prueba de Tukey.

### 6.4.3.3 Resultados

#### *Ameca splendens*

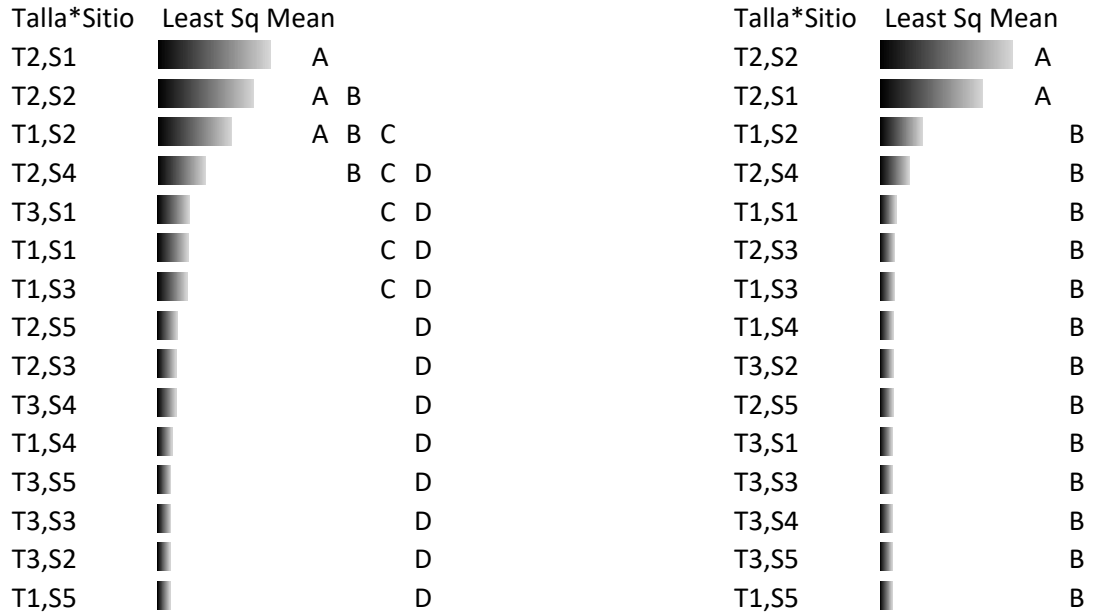
Se obtuvieron un total de 546 organismos de *A. splendens* en el periodo de enero de 2015 a enero de 2018. De acuerdo con los datos obtenidos, la temporalidad no influyó en las abundancias de *A. splendens*. El S2 presentó mayor abundancia de organismo de ambos sexos, perteneciendo a tallas juveniles y adultos, seguido del S1 con un mayor número de hembras reproductivas, seguida del S2 al S4, a diferencia del S5 el cual no presento hembras grávidas (Cuadro 6.19). Esto concuerda con lo que se ha descrito para los hábitos de esta especie, descrita principalmente como herbívora y que habita manantiales templados (26 -28°C), de aguas claras, de corriente moderada y con una profundidad de hasta 1.2 m, por lo que los sitios S1 y S2 los ideales como hábitat de la especie (Ver apartado de caracterización ambiental, apartado 4), así como justifica la baja abundancia de la especie en los sitios más perturbados como son el S3, S4 y S5. En cuanto a las proporciones sexuales de *A. splendens* se mantiene en proporciones 1:1 la mayor parte del tiempo, pero existen pocos bimestres en todos los sitios donde esto varia (Fig. 6.7). Por ejemplo, para el S1 presenta más hembras que machos en el bimestre de mayo-junio de 2017 ( $Ji^2=4.84$ ,  $P=0.027$ ). El S2 en los bimestres de marzo-abril de 2015 y noviembre-diciembre de 2017 son los machos los más abundantes, y en noviembre-diciembre de 2016 las hembras ( $Ji^2<6.25$ ,  $P<0.049$ ). En el S3 abundan las hembras en los bimestres de julio-agosto de 2015 y marzo-abril de 2016 ( $Ji^2<4.5$ ,  $P<0.045$ ). Y para los S4 y S5 son las hembras en los bimestres de julio-agosto de 2017 y 2015 respectivamente ( $Ji^2<6$ ,  $P<0.045$ ).



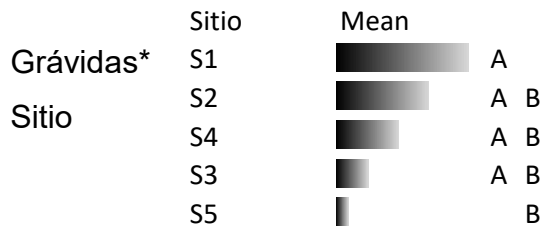
**Fig. 6.7.** Diagrama aluvial de abundancia para *A. splendens* por sexo, talla, sitio y bimestre (febrero 2016-enero 2018).

**Cuadro 6.19.** Análisis de varianza (ANOVA) sobre los factores que pueden determinar la variación en la abundancia de *A. splendens*. Letras diferentes representan diferencias significativas  $p < 0.05$ .

Factor de variación	Sexo																																				
	Hembras	Indeterminado	Machos																																		
Año	F=0.377, P= 0.769	F=0.848, P=0.468	F=0.167, P=0.918																																		
Bimestre	F=1.266, P=0.214	F=1.128, P=0.327	F=0.900, P=0.579																																		
Talla	<b>F=21.458, P&lt;0.001</b>	F=2.082, P=0.126	<b>F=31.602, P=&lt;0.001</b>																																		
	<table border="0"> <tr> <td>Talla</td> <td>Least Sq Mean</td> <td></td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>T1</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td></td> <td>B</td> </tr> </table>		Talla	Least Sq Mean		T2		A	T1		B	T3		B	<table border="0"> <tr> <td>Talla</td> <td>Least Sq Mean</td> <td></td> </tr> <tr> <td>T2</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>T1</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>T3</td> <td></td> <td>B</td> </tr> </table>	Talla	Least Sq Mean		T2		A	T1		B	T3		B										
Talla	Least Sq Mean																																				
T2		A																																			
T1		B																																			
T3		B																																			
Talla	Least Sq Mean																																				
T2		A																																			
T1		B																																			
T3		B																																			
Sitio	<b>F=5.451, P&lt;0.001</b>	F=0.328, P=0.858	<b>F=4.863, P&lt;0.001</b>																																		
	<table border="0"> <tr> <td>Sitio</td> <td>Least Sq Mean</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>S1</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>S4</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>S5</td> <td></td> <td>B</td> </tr> </table>		Sitio	Least Sq Mean		S2		A	S1		A	S4		B	S3		B	S5		B	<table border="0"> <tr> <td>Sitio</td> <td>Least Sq Mean</td> <td></td> </tr> <tr> <td>S2</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>S1</td> <td></td> <td>A</td> </tr> <tr> <td>S4</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>S3</td> <td></td> <td>B</td> </tr> <tr> <td>S5</td> <td></td> <td>B</td> </tr> </table>	Sitio	Least Sq Mean		S2		A	S1		A	S4		B	S3		B	S5
Sitio	Least Sq Mean																																				
S2		A																																			
S1		A																																			
S4		B																																			
S3		B																																			
S5		B																																			
Sitio	Least Sq Mean																																				
S2		A																																			
S1		A																																			
S4		B																																			
S3		B																																			
S5		B																																			
Talla* Sitio	<b>F=5.766, P&lt;0.001</b>	F=1.333, P=0.226	<b>F=8.987, P=&lt;0.001</b>																																		



**F=2.539, P=0.045**



### ***Zoogoneticus purhepechus***





































En total se capturaron 545 organismos de la especie *Z. purhepechus*. La abundancia de *Z. purhepechus* tuvo fluctuación entre años, siendo el año 2016 el que presentó una mayor abundancia. Esa abundancia no presentó diferencias significativas entre sitios. El año 2016 presentaron las hembras una abundancia significativamente mayor que la que presentó el segundo bimestre de muestreo, este patrón fue similar en el caso de los machos. En el caso de la fluctuación en las tallas también presentaron fluctuación a lo largo de los bimestres, pero esta no se ve reflejada en variación en el número de individuos colectados en cada uno de los sitios. El bimestre de abril-mayo fue el que exhibió una mayor abundancia a lo largo del tiempo con una presencia marcada de organismos reproductivos (Cuadro 6.20 y Fig. 6.8).

**Cuadro 6.20.** Análisis de ANOVAS de los factores espacio-temporal para *Z. purhepechus*  
 Letras diferentes representan diferencias significativas  $p < 0.05$ .

Factor de variación	Hembras		Machos	
		Least Sq Mean		Least Sq Mean
	<b>F=5.016, P=0.026</b>			
Año	Año			
	1			
	2			
	<b>F=4.433, P&lt;0.001</b>		<b>F=3.785, P=0.053</b>	
Bimestre	Bimestre		Bimestre	
	2		2	
	3		3	
	4		4	
	9		9	
	8		12	
	7		8	
	1		5	
	12		11	
	5		7	
	10		1	
	11		6	
	6		10	
		<b>F=9.047, P&lt;0.001</b>		<b>F=2.749, P=0.002</b>
Talla	Talla		Talla	
	T1		T2	
	T2		T1	
	T3		T3	
Sitio	F=2.234, P=0.067		F=0.772, P=0.544	
Bimestre* Talla	<b>F=2.920, P&lt;0.001</b>		<b>F=2.184, P=0.003</b>	





































Bimestre\*T

alla Least Sq Mean

2,T2		A
9,T1		A B
3,T2		A B
4,T2		B
8,T1		B
4,T1		B
3,T1		B
2,T1		B
12,T1		B
7,T1		B
2,T3		B
1,T1		B
1,T2		B
5,T2		B
5,T1		B
10,T1		B
11,T1		B
7,T2		B
9,T2		B
6,T3		B
10,T3		B
6,T2		B
11,T2		B
1,T3		B
5,T3		B
12,T3		B
3,T3		B
11,T3		B
6,T1		B
4,T3		B
10,T2		B
7,T3		B
8,T3		B
12,T2		B
8,T2		B
9,T3		B

Bimestre\*T

alla Least Sq Mean

2,T2		A <sup>2</sup>
3,T2		A <sup>2</sup> B
9,T1		B
4,T2		B
12,T1		B
8,T1		B
4,T1		B
3,T1		B
9,T2		B
2,T1		B
5,T2		B
11,T1		B
12,T2		B
2,T3		B
1,T2		B
7,T2		B
5,T1		B
8,T2		B
6,T3		B
7,T3		B
12,T3		B
7,T1		B
6,T1		B
6,T2		B
8,T3		B
10,T3		B
4,T3		B
5,T3		B
10,T1		B
1,T1		B
11,T3		B
1,T3		B
10,T2		B
11,T2		B
3,T3		B
9,T3		B

Año\* Talla

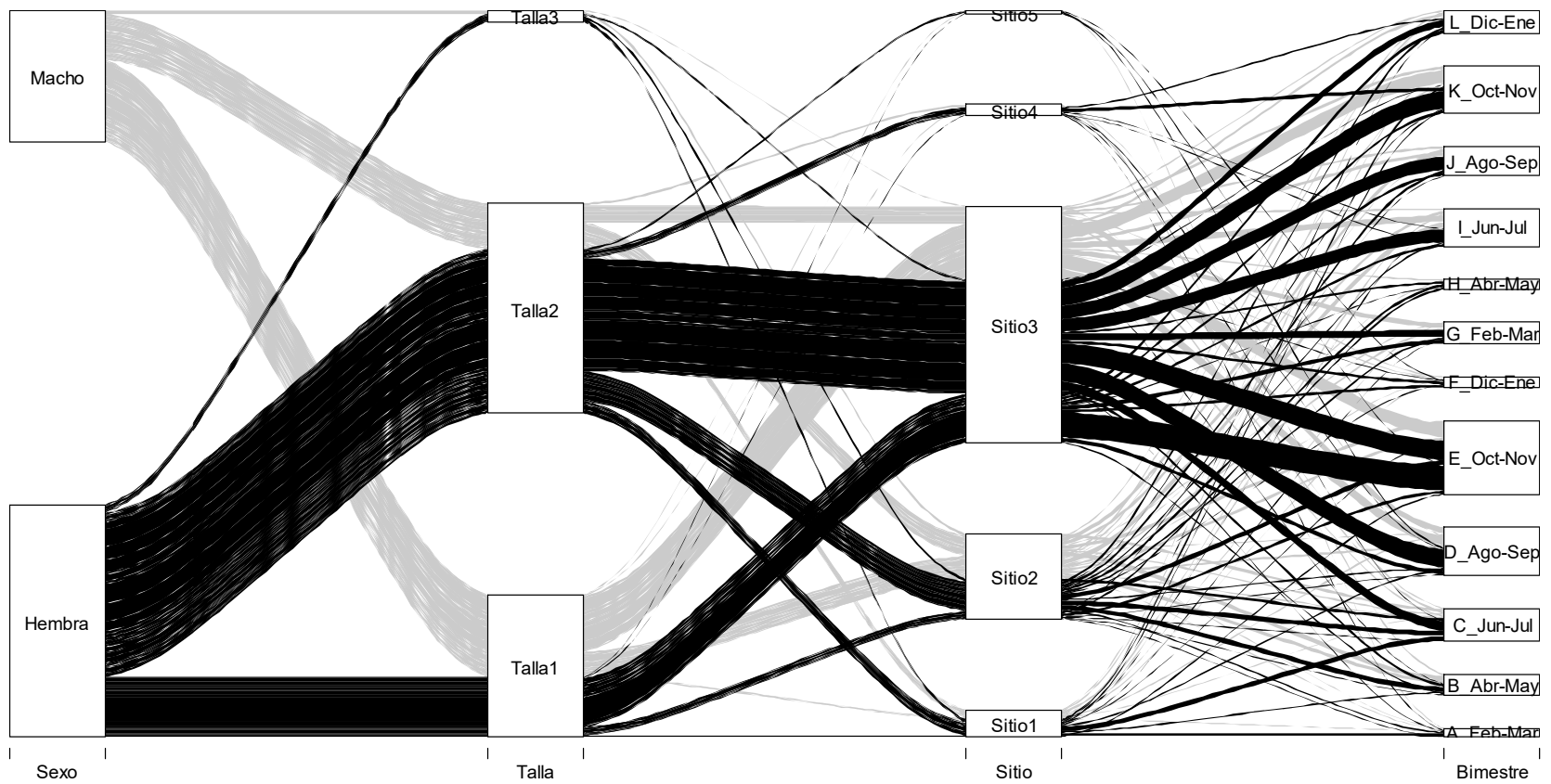
F=8.293, P<0.001

F=5.380, P=0.005



Año*Talla	Least Sq Mean	Año*Talla	Least Sq Mean
1,T2	A	1,T2	A
2,T1	A B	2,T1	A B
1,T1	A B C	1,T1	B
1,T3	B C	2,T2	B
2,T2	B C	1,T3	B
2,T3	C	2,T3	B

*Zoogoneticus purhepechus* presentó una variación en la abundancia entre años, siendo más abundante en el primer año de muestreo (2016). Pero a diferencia de las otras especies su abundancia no presentó una fluctuación asociada a la temporalidad, por lo que el número de individuos colectados no presentó diferencias significativas entre bimestres de colecta. Esto fue similar en ambos sexos. Sin embargo, en la relación de talla por sitio si se presentan diferencias significativas en la abundancia de ambos sexos. En el caso particular de los machos, la mayor abundancia se encuentra en el S3 para individuos pre-reproductivos, mientras que las abundancias de las hembras son significativamente mayores en los sitios S1, S2 y S3 para individuos reproductores y S1 y S3 para individuos pre-reproductores (Cuadro 6.20). En cuanto a las proporciones sexuales *Z. purhepechus* presenta una proporción 1:1 en el S5, y los sitios del 1 al 4 la proporción de hembras son mayores ( $J_i^2 > 3.85$ ,  $P < 0.05$ ) en el sitio 1 el bimestre 3, sitio 2 en el 8 con mayor número de hembras y el 9 con mayor número de machos, sitio 3 en el bimestre 2, 5, 9, 10 y 12, y sitio 4 en el bimestre 11. De acuerdo con los resultados que se han obtenido se sabe que *Z. purhepechus* se alimenta de pequeños invertebrados como crustáceos y larvas de insectos y ha podido sobrevivir en las condiciones de modificación del hábitat, a pesar de que los ambientes óptimos reportados para la especie son lagos, arroyos, estanques, canales y zanjas, en sustratos de arcilla, lodo, barro, arena, grava, materia orgánica y rocas. Prefiere aguas claras con poca corriente y en profundidades inferiores a 1m. Sin embargo, en Teuchitlán esta especie se encuentra a lo largo de todo el río.









**Fig. 6.8.** Diagrama aluvial de abundancia para *Z. purhepechus* por sexo, talla, sitio y bimestre (febrero 2016-enero 2018).

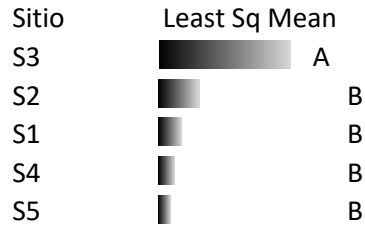
### ***Goodea atripinnis***

En el caso de *G. atripinnis* se colectaron 182 individuos. Los organismos colectados presentaron proporciones sexuales cercanas al 1:1 a lo largo de los dos años en los sitios 1, 3, 4 y 5. Sin embargo en los sitios 2 ( $Ji^2 > 4.5$ ,  $P < 0.05$ ) las hembras superan a los machos, esto se acentúa en los bimestres 2,4 y 8 ( $Ji^2 = 4.45$ ,  $P = 0.03$ ). De acuerdo con los hábitos de alimenticios descritos para *G. atripinnis* es un pez omnívoro que se alimenta de algas verdes, pequeños crustáceos y moluscos, además, tiene la capacidad de vivir en lagos, estanques, manantiales y efluentes, arroyos, a profundidad de 1.7 m; agua clara, turbia o lodosa, estas características le ha permitido, a pesar de tener una abundancia baja dentro de la comunidad de peces del Río Teuchitlán, poder distribuirse a lo largo del río e incluso, tener la capacidad de soportar los disturbios ocasionados por las modificaciones antrópicas en el río, como la presencia de descargas domésticas (S5) o la lineariedad ocasionada por las bardas puestas en el S4 (ver capítulo 4; caracterización ambiental) (Cuadro 6.21 Fig. 6.9).

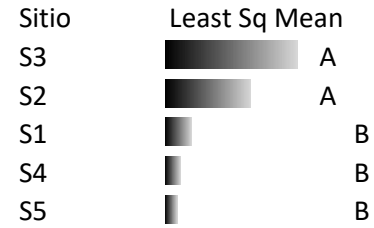
**Cuadro 6.21.** Análisis de ANOVAS de los factores espacio-temporal para *G. atripinnis*.

Letras diferentes representan diferencias significativas  $p < 0.05$ .

Factor de variación	Hembras		Machos	
Año	F=0.383, P=0.536		F<0.001, P=0.978	
Bimestre	F=1.034, P=0.419		F=0.901, P=0.540	
	<b>F=16.039, P&lt;0.001</b>		<b>F=11.978, P&lt;0.001</b>	
Talla	Talla	Least Sq Mean	Talla	Least Sq Mean
	T2	 A	T2	 A
	T1	 B	T1	 A
	T3	 B	T3	 B
Sitio	<b>F=18.992, P&lt;0.001</b>		<b>F=13.067, P&lt;0.001</b>	

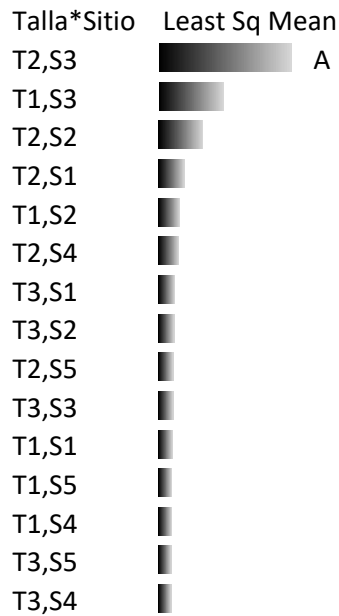


**F=6.532, P<0.001**

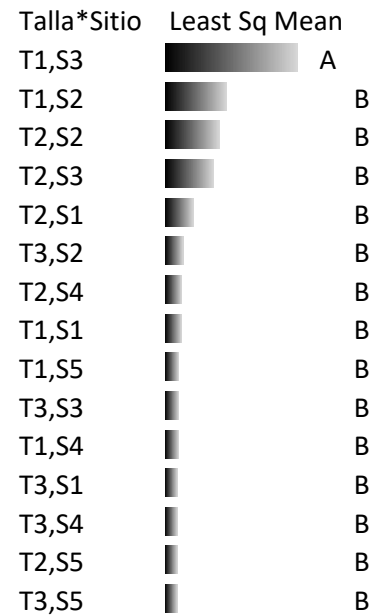


**F=6.047, P<0.001**

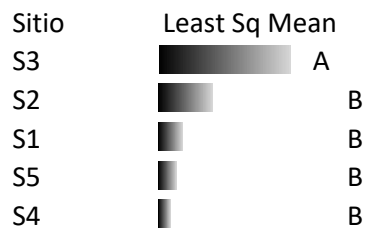
Talla\* Sitio

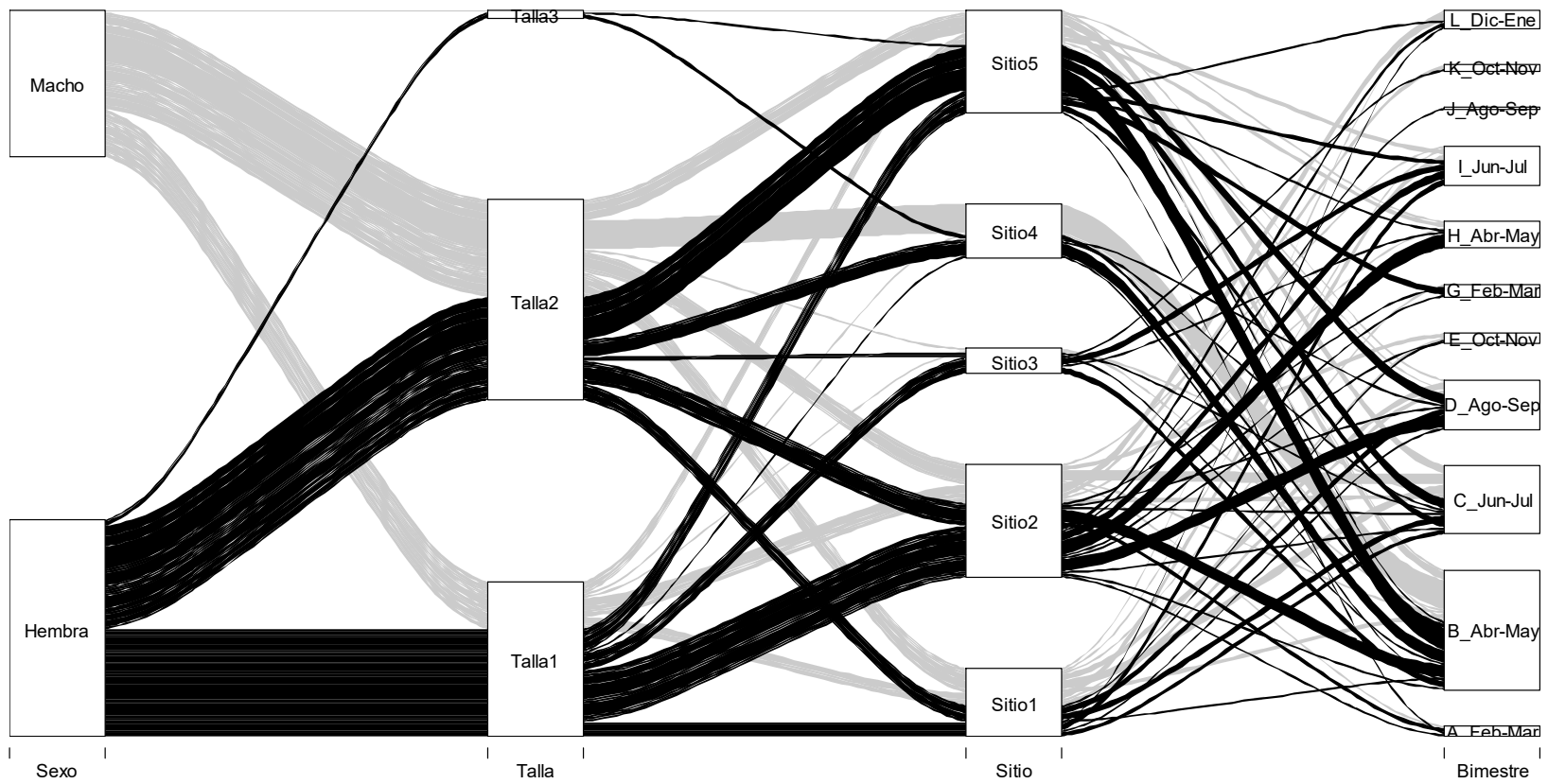


**F=7.816, P<0.001**



Grávidas\* Sitio





**Fig. 6.9.** Diagrama aluvial de abundancia para *G. atripinnis* por sexo, talla, sitio y bimestre (febrero 2016-enero 2018).

#### **6.4.3.4 Conclusiones**

*Ameca splendens* no presenta diferencia a nivel temporal, pero para el sitio 1 y 2 presenta una mayor abundancia a diferencia del resto de los sitios.

La talla más representativa en *Ameca splendens* es la reproductiva (talla 2) con una mayor presencia en los sitios 1 y 2. Esto se ve reflejado en que en sitio 1 se presenten la mayor cantidad de hembras grávidas.

La distribución de *Goodea atripinnis* está influenciada por la temporalidad y no por el sitio, al contrario de *Z. purhepechus*, que le afecta más la condición del sitio que de la temporada del año.

*Goodea atripinnis* por su alta plasticidad ecológica le permite vivir en lagos, estanques, manantiales y arroyos, a profundidad de 1.7 m; agua clara, turbia o lodosa, estas características le ha permitido distribuirse a lo largo del río e incluso, tener la capacidad de soportar los azolves y disturbios ocasionados por las modificaciones antrópicas en el río, como la presencia de descargas domésticas (sitio 5) o la linealidad ocasionada por las bardas puestas en el sitio 4.

*Zoogoneticus purhepechus* ha podido sobrevivir en las condiciones de modificación del hábitat.

A diferencia de *G. atripinnis*, *Z. purhepechus* no presentó una variación en la abundancia entre años, ni una fluctuación asociada a la temporalidad, por lo que el número de individuos recolectados no presentó diferencias significativas entre bimestres de colecta.

#### **6.4.4 Poblaciones exóticas de peces**

##### **6.4.4.1 Objetivos**

Caracterizar a las poblaciones de peces exóticas del río Teuchitlán

##### **6.4.4.2 Métodos**

El análisis se llevó a cabo en los cinco sitios elegidos para el proyecto (Cuadro 3.1 y Fig. 3.2). En cada sitio se utilizaron cinco trampas nasas, las cuales se colocaron en el sitio 1 en los bordes del manantial, en los sitios 2 y 3 en los diferentes tipos de vegetación presente y en los sitios 4 y 5 se ubicaron 2 nasas en cada margen del

río y una al centro, por un lapso de 1 hora, todas las trampas se colocaron antes del medio día. A los peces capturados se les tomó las medidas de peso con una balanza analítica (g), longitud patrón (Lp), longitud total (Lt) con un vernier digital (mm) y el sexo, además fueron marcados con implantes de elastómeros visibles. Todos los individuos fueron liberados posteriormente. La abundancia se estima por medio de capturas por unidad de esfuerzo (CPUE) (Zamora et al., 2009) y la densidad de las poblaciones se estima mediante el número de organismos por unidad de área, tomando en cuenta el área que abarcan las trampas nasa en el río. Se realizó un ANOVA para determinar si existe variación de la densidad a través de sitios y los meses de recolecta, si se obtiene diferencias significativas se aplicará una prueba de Tukey.

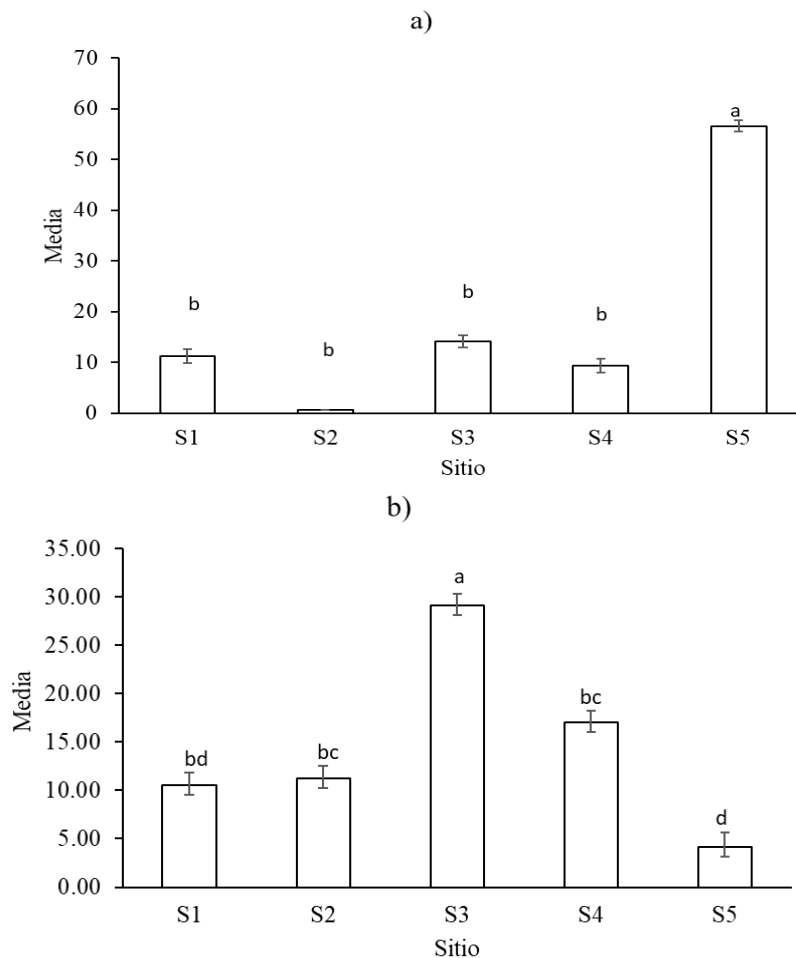
*Pseudoxiphophorus bimaculatus* fue la única especie de la cual se obtuvieron recapturas, por lo que el análisis de los datos fueron los siguientes: Se empleó el modelo Pradel (Pradel Survival and Recruitment) con la finalidad de estimar, la probabilidad de supervivencia ( $\phi$ ), recaptura (p), reclutamiento (f) y la tasa de crecimiento poblacional ( $\lambda$ ), para dicha especie. Debido a que se tuvo un menor porcentaje de recapturas al 20% que requiere este método, se aplicó el modelo nulo donde  $\phi$ , p y f son constantes (.) y el modelo donde existe un efecto temporal (t),  $\lambda$  fue estimada como un parámetro derivado.

#### **6.4.4.3 Resultados**

En dos años de muestreo se obtuvo un total de 2630 organismos pertenecientes a *P. sphenops* y 1700 a *X. hellerii*. *Poecilia sphenops* presentó diferencias significativas en la abundancia general ( $\chi^2=74.13$ ,  $df=4$ ,  $p<0.0001$ ) siendo mayor en el S5 (n=1568). Por otro lado, los sitios S1 (n=328), S3 (n=361) y S4 (n=283) no presentaron diferencias significativas en la abundancia, el S2 (n=93) fue donde se obtuvo la menor abundancia (Figura 6.10a). La abundancia general de *P. sphenops*, no presentó diferencias significativas en el análisis temporal ( $\chi^2=18.1$ ,  $df=11$ ,  $p>0.05$ ). Se obtuvieron diferencias significativas de la interacción entre el sitio y el mes ( $\chi^2 =63.29$ ,  $df=44$ ,  $p<0.05$ ), sin embargo, sólo el S5 presentó variación en el

tiempo, siendo enero el más abundante, seguido de marzo y diciembre, el mes que presentó menor abundancia fue julio.

La población de *X. hellerii* también presentó diferencias significativas espacialmente en la abundancia general ( $\chi^2=34.34$ ,  $df=4$ ,  $p<0.0001$ ); con mayor abundancia en el sitio S3 (n=688), y menor en el S5 (n=97), no se presentaron diferencias significativas de la abundancia general en S1 (n=248), S2 (n=266), S4 (n=402) (Fig. 6.10b), siguiendo un patrón descendente del S3 al S1 y del S3 al S5. La abundancia a lo largo del tiempo no mostró diferencias significativas ( $\chi^2=15.29$ ,  $df=11$ ,  $p>0.05$ ). En el caso particular de la abundancia por clases de talla se obtuvieron diferencias significativas entre estas, siendo la clase II la más abundante, tanto para hembras como para machos. Desde el punto de vista de la distribución espacial de la abundancia por clases de talla también se presentaron diferencias significativas por sitio, donde las tres clases fueron más abundantes en el S3 (Cuadro 6.22).





**Figura 6.10.** Diferencias de medias de los mínimos cuadrados para el análisis espacial de la abundancia de las poblaciones de, a) *P. sphenops*, b) *X. hellerii*. Las barras con letras iguales muestran los sitios que presentaron abundancias similares. Las líneas sobre las barras representan el erro estándar.

**Cuadro 6.22.** Resultados del GENMOD de la variación espacio-temporal en la abundancia de las clases de talla, para cada sexo de las poblaciones de *P. sphenops* y *X. hellerii*.

Sexo	<i>Poecilia sphenops</i>				<i>Xiphophorus hellerii</i>			
	Fuente	df	$\chi^2$	Pr- $\chi^2$	Fuente	df	$\chi^2$	Pr- $\chi^2$
Hembras	Mes	11	8.94	0.63	Sitio	4	56.16	<.0001
	Sitio	4	30.63	<.0001	Talla	2	191.77	<.0001
	Talla	2	84.19	<.0001				
	Mes*talla	22	20.88	0.53				
	Sitio*talla	8	29.37	0.0003				
	Fuente	df	$\chi^2$	Pr- $\chi^2$	Fuente	df	$\chi^2$	Pr- $\chi^2$
Mes	11	19.58	0.05	Mes	11	17.28	0.09	
Machos	Sitio	4	114.46	<.0001	Sitio	4	68.88	<.0001
	Talla	2	154.57	<.0001	Talla	2	125.46	<.0001

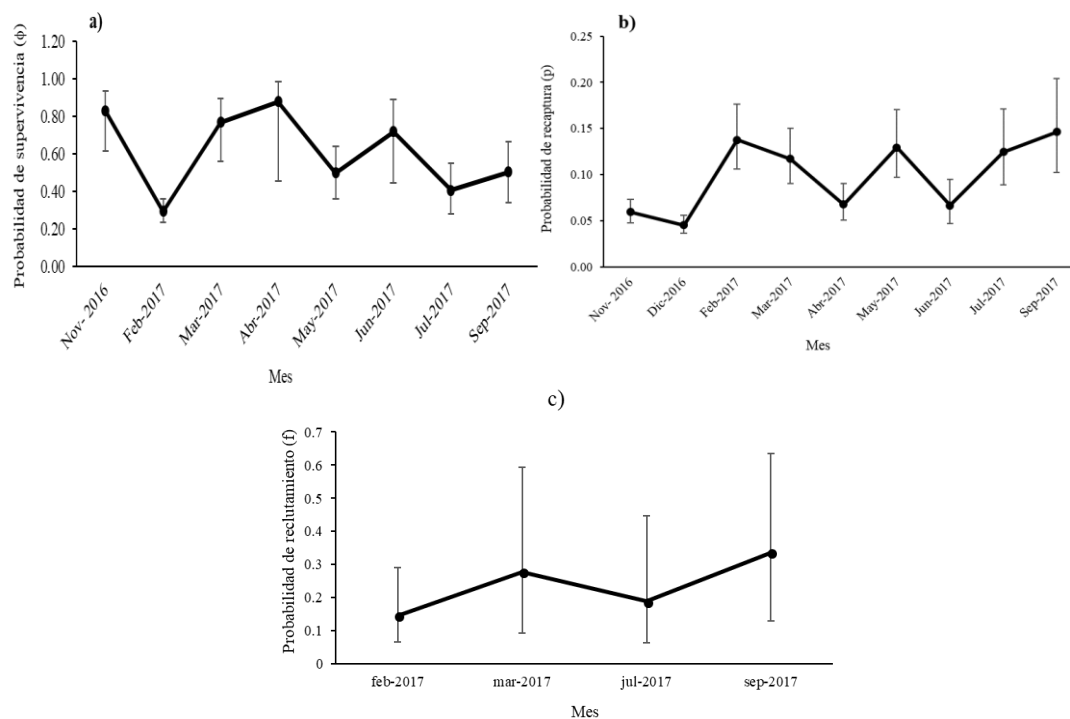
Para *P. bimaculatus*, que fue la única especie de la cual se obtuvieron recapturas suficientes (14%), con los promedios ponderados de los modelos, los organismos de la población de *P. bimaculatus* tuvieron mayor probabilidad de  $\phi$  en noviembre (0.82, 95% IC= 0.61-0.93), siendo menor en febrero (0.29, 95% IC=0.24-0.36) (Fig. 6.11a, b y c). Las probabilidades de recaptura fueron muy bajas (Fig. 6.11), septiembre fue el mes con mayor probabilidad (0.15, 95% IC=0.10-0.20) y noviembre presento una probabilidad muy baja de  $p$  (0.06, 95% IC=0.05-0.07). Con respecto a las probabilidades de  $f$ , solo se pudieron estimar para febrero (0.15, 95% IC=0.07-0.29), marzo (0.28, 95% IC=0.09-0.59), julio (0.19, 95% IC=0.06-0.45), septiembre (0.34, 95% IC=0.13-0.64) (Fig. 6.11), las demás ocasiones no pudieron

ser estimadas porque los datos de marcaje-recaptura no tuvieron convergencia dentro de la función de máxima verosimilitud.

**Cuadro 6.23.** Modelos obtenidos de la población de *P. bimaculatus*. Se probó el modelo nulo donde todo es constante (.) y el efecto temporal (t) de  $\phi$ ,  $p$  y  $f$ . AICc se refiere al modelo de información Akaike, el modelo con menor valor de AICc es el que mejor se ajusta a los datos. Modelos con  $\Delta AICc > 2$  no tienen apoyo, W AICc se refiere al peso que obtuvo cada modelo en la función de máxima verosimilitud, solo se presentaron modelos con pesos mayores a 0, también se muestra la devianza de cada modelo.

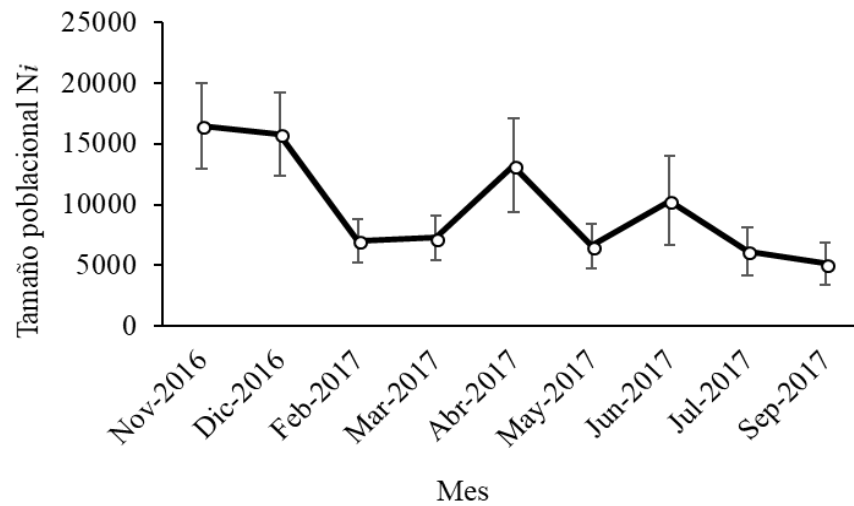
Modelo	AICc	$\Delta AICc$	W AICc	N° Par.	Devianza
Phi(t) p(t) f(t)	46992.24	0.00	0.99999	31	223.12
Phi(t) p(t) f(.)	47014.78	22.54	0.00001	22	263.77
Phi(t) p(.) f(t)	47041.71	49.47	0	21	292.71
Phi(.) p(t) f(t)	47051.45	59.21	0	22	300.44
Phi(.) p(.) f(t)	47067.63	75.40	0	12	336.71
Phi(.) p(t) f(.)	47076.52	84.29	0	13	343.59
Phi(t) p(.) f(.)	47178.19	185.95	0	12	447.26
Phi(.) p(.) f(.)	47253.83	261.59	0	3	540.93

Los organismos de la población de *P. bimaculatus* tuvieron mayor probabilidad de  $\phi$  en noviembre (0.82, 95% IC= 0.61-0.93), siendo menor en febrero (0.29, 95% IC=0.24-0.36) (Figura 6.11). Las probabilidades de recaptura fueron muy bajas (Figura 6.11), septiembre fue el mes con mayor probabilidad (0.15, 95% IC=0.10-0.20) y noviembre presento una probabilidad muy baja de  $p$  (0.06, 95% IC=0.05-0.07). Con respecto a las probabilidades de  $f$ , solo se pudieron estimar para febrero (0.15, 95% IC=0.07-0.29), marzo (0.28, 95% IC=0.09-0.59), julio (0.19, 95% IC=0.06-0.45), septiembre (0.34, 95% IC=0.13-0.64) (Fig. 6.11), las demás ocasiones no pudieron ser estimadas porque los datos de marcaje-recaptura no tuvieron convergencia dentro de la función de máxima verosimilitud.



**Figura 6.11.** a) Probabilidades de supervivencia ( $\phi$ ), b) probabilidad de recaptura ( $p$ ) y c) probabilidad de reclutamiento ( $f$ ) de *P. bimaculatus*. Obtenidos con el promedio ponderado de los modelos Pradel del modelo de marcaje-recaptura. Las barras muestran los intervalos de confianza del 95%.

Con base en la probabilidad de recaptura ( $p$ ), el tamaño de la población de *P. bimaculatus* tuvo fluctuaciones a lo largo del tiempo, siendo mayor en noviembre ( $N_i=16508$ ), seguido de diciembre ( $N_i=15847$ ). Por el contrario, julio ( $N_i=6157$ ) y septiembre ( $N_i=5147$ ), fueron los meses con menor tamaño poblacional (Fig. 6.12).



**Figura 6.12.** Tamaño poblacional de *P. bimaculatus* a partir de la segunda ocasión de muestreo, estimada por medio de  $p$  y  $n$ . Las barras representan los intervalos de confianza de 95%.

#### 6.4.4.4 Conclusiones

*Xiphophorus hellerii* fue más abundante en el S3, lo cual puede estar relacionado con la mayor presencia de materia vegetal y refugios, debido a la presencia de vegetación abundante en la zona. Se sabe que esta especie prefiere sitios que tienen gran cantidad de refugios y vegetación, lo cual es característico del S3.

La especie no nativa *P. bimaculatus* es muy exitosa en el río Teuchitlán, por lo que se encuentra ampliamente distribuida en todo el río, además de que la población se mantiene estable no obstante las fluctuaciones en el número de individuos a lo largo del año. Para llevar un manejo adecuado de la población de la especie no nativa *P. bimaculatus* en el río Teuchitlán, es recomendable llevar a cabo extracciones masivas en los meses donde la población tiende a disminuir (marzo, julio y septiembre).

#### 6.4.5 Reproducción en peces

En este apartado no se presentan resultados para la especie de bagre nativo *Ictalurus dugesii*, ya que no se contó con un número suficiente de individuos para su análisis.

#### 6.4.5.1 Objetivos

1. Evaluar el ciclo reproductivo de las especies nativas y no nativas del Río Teuchitlán.

#### 6.4.5.2 Métodos

La recolecta de organismos se realizó de acuerdo a lo establecido en el punto 6.2.2 de este apartado. De los organismos colectados, se evaluaron las siguientes variables reproductivas: fertilidad, talla de la primera madurez, radio sexual, etapa de madurez gonadal, índice gonadosomático (IGS), factor de condición (K). Se extrajeron los ovarios de cada hembra y se cuantificaron los embriones y los huevos embrionados, se obtuvo un modelo de fertilidad con los datos de los embriones y huevos embrionados, y se ajustó al modelo potencial  $F = aL^b$ . Para el caso de las especies ovovivíparas, para las especies vivíparas solo el número de embriones totales. El tamaño en la primera madurez ( $L_0$ ) se relacionó con la longitud patrón (LP) usando el modelo de regresión logística para ajustar las curvas sigmoideas, de acuerdo con la siguiente ecuación:  $M(L) = 1 / (1 + e^{(-aL+b)})$ . La proporción de sexos se describió por sitio y temporada según los criterios de Sparre y Venema (1997). La significación estadística de los resultados de la relación del sitio de muestreo se estableció ajustando a una prueba de Chi cuadrada ( $X^2$ ), utilizando un valor de  $p < 0,05$ . La madurez de la gónada se estimó con los criterios propuestos por Ramírez-Herrejón *et al.* (2007) para las especies vivíparas y para las especies ovovivíparas se siguieron los criterios de Contreras-MacBeath y Ramirez-Espinoza (1996). El índice gonadosomático (GSI), un estimador de la condición reproductiva, se calculó dividiendo la masa de la gónada por la masa corporal total x 100 (valores en gramos, Zeyl *et al.*, 2014). El factor de condición se evaluó con el factor de condición de Fulton (K). El crecimiento del modelo se evaluó mediante regresión lineal, calculando los valores a y b de la ecuación  $W = aL^b$ , donde W = es peso corporal, L = es longitud estándar, b es el exponente de crecimiento o factor de longitud y peso, y a es una constante. Los valores de a y b se estimaron utilizando una forma linearizada (Froese, 2006).

### 6.4.5.3 Resultados

#### Peces nativos

Un total de 380 especímenes de *Goodea atripinnis* fueron examinados, así como 328 de *Ameba splendens* y 179 de *Zoogoneticus purhepechus*. Se describen a continuación por especie sus variables reproductivas y biométricas. Los datos resumidos se presentan en el cuadro 6.23.

***Goodea atripinnis***. La estructura de tallas de las hembras de *G. atripinnis* varió de 19 mm LP a 88 mm LP, con la mayoría de los individuos en el rango de tallas de LP de 37 a 54 mm. Para los machos, el rango fue de 23 mm LP a 119 mm LP, con el mayor número de individuos entre las tallas de 35 a 47 mm LP. Hubo diferencias significativas en el tamaño entre los sitios de muestreo tanto para las hembras ( $F = 15.42$ ,  $p < 0.0001$ ) como para los machos ( $F = 6.05$ ,  $p < 0.0001$ ). El sitio 5 (promedio =  $57.46 \pm 1.55$ ) presentó el tamaño mayor en longitud y el sitio 3 ( $39.64 \pm 3.69$ ) el tamaño más pequeño para las hembras; para los machos, los sitios 1 ( $52.85 \pm 1.43$ ) y 5 ( $52.60 \pm 2.42$ ) presentaron valores de tamaños similares, pero diferían de los del sitio 2 ( $42.97 \pm 1.84$ ). En todos los sitios de muestreo, la fertilidad de *G. atripinnis* fue de  $9 \pm 2.47$ ; sin embargo, el sitio 2 presentó los valores de fertilidad mayores ( $13 \pm 5.67$ ) y el sitio 1 el menor ( $7 \pm 2.68$ ). Las hembras comenzaron su reproducción a los  $43.02 \pm 8.9$  mm SL. El tamaño promedio de los machos maduros fue similar al de las hembras. Sin embargo, en los sitios de muestreo, los machos de *G. atripinnis* alcanzan L50 a 36.01 mm SL y las hembras a 30.09 mm LP, ambos en el sitio 3. La proporción de sexos (hembras: machos) fue de 1: 1 en el sitio 1 ( $X^2 = 11.38$ ,  $p > 0.0443$ ), 1.3: 1 en el sitio 2 ( $X^2 = 14.72$ ,  $p > 0.0116$ ), 2: 1 en el sitio 3 ( $X^2 = 6.6$ ,  $p > 0.2521$ ), 2.5: 1 en el sitio 4 ( $X^2 = 10.08$ ,  $p > 0.0729$ ) y 1.6: 1 en el sitio 5 ( $X^2 = 14.64$ ,  $p > 0.0119$ ) (Cuadro 6.24). Todos los estadios gonadales estuvieron presentes para *G. atripinnis* en todos los sitios, aunque se encontraron pocos individuos en el estadio VI. Individuos maduros (estadios III, IV y V) fueron más frecuentes en las cabeceras del río (sitio 1). Se encontró una mayor frecuencia de individuos inmaduros (etapas I y II) en la porción media del río (sitios 3 y 4). La variación bimensual en IGS para las hembras varió entre los sitios, con un pico reproductivo

en los matinales, el cual ocurre en marzo y río abajo en septiembre y noviembre. El IGS para machos no fue consistente con el de las hembras y se encontró un pico reproductivo en los manantiales en julio a septiembre, y aguas abajo en marzo y septiembre. El factor de condición no mostró una relación clara con el IGS. Los datos de condición K mostraron valores bajos aguas abajo. Ambos sexos presentaron crecimiento alométrico positivo.

***Ameca splendens***. La estructura de tallas para las hembras está representada por un rango de 15 mm a 57 mm LP, con la mayoría de los individuos entre 26 y 31 mm LP. Los machos variaron entre 15 mm a 53 mm LP, con la mayor frecuencia de individuos entre las tallas de 31 a 37 mm LP. Hubo diferencias significativas en el tamaño entre los sitios de muestreo para las hembras ( $F = 33.55$ ,  $p < 0.0001$ ) y los machos ( $F = 18.22$ ,  $p < 0.0001$ ). Para las hembras, todos los sitios de muestreo fueron estadísticamente diferentes entre sí: sitio 1 ( $38.04 \pm 1.03$ ), sitio 2 ( $30.61 \pm 0.90$ ), sitio 3 ( $23.42 \pm 1.64$ ) y sitio 4 ( $43.92 \pm 1.79$ ). Los machos presentaron valores similares a las hembras en el sitio 4 ( $42.24 \pm 2.33$ ), mientras que entre sexos de los sitios 1 ( $39.58 \pm 1.00$ ), 2 ( $32.82 \pm 0.89$ ) y 3 ( $24.15 \pm 2.47$ ) difirieron entre sí. En todos los sitios de muestreo, la especie endémica *A. splendens* presentó un valor de fertilidad de  $7 \pm 3.25$ . El sitio 3 mostró el valor menor de fertilidad ( $5 \pm 9.95$ ) y el sitio 1 el mayor ( $7 \pm 4.8$ ). La reproducción comenzó a una talla promedio de  $34.26 \pm 9.57$  mm LP para las hembras y  $31.59 \pm 11.69$  mm LP para los machos. El tamaño en el primer evento reproductivo varió entre los sitios, con individuos que alcanzaron la madurez a  $27.04$  mm LP para las hembras en el sitio 3 y  $31.95$  mm LP para los machos en el sitio 2. La proporción de sexos fue 1.3: 1 en el sitio 1 ( $X^2 = 13.27$ ,  $p > 0.0209$ ), 1.14: 1 en el sitio 2 ( $X^2 = 6.19$ ,  $p > 0.2875$ ), 3.12: 1 en el sitio 3 ( $X^2 = 2.20$ ,  $p > 0.8119$ ) y 2.33: 1 en el sitio 4 ( $X^2 = 2.60$ ,  $p > 0.7603$ ) (Cuadro 6.24). No fue posible capturar un número suficiente de individuos en la sección inferior del río (sitio 5). El sitio 1 mostró la mejor estructura de estadios gonádicos, con una alta frecuencia de estadios juveniles y maduros. Los individuos inmaduros dominaron en los cuatro sitios. Los valores de IGS para las hembras mostraron un pico reproductivo en marzo y julio para el sitio 1, enero y noviembre para el sitio 2, marzo para el sitio 3

y enero para el sitio 4. Los machos mostraron una tendencia similar en sus valores de IGS. El factor de condición mostró una tendencia similar con los valores de IGS en ambos sexos. Ambos sexos presentaron crecimiento alométrico negativo.

***Zoogoneticus purhepechus***. Fue la especie más común en los manantiales (sitios 1, 2 y 3), pero se capturó un número insuficiente de individuos de los sitios aguas abajo para el análisis. La estructura de tallas fue entre 15 mm y 38 mm LP para las hembras y 16 mm a 41 mm LP para los machos. La mayoría de los individuos tenían entre 24 mm y 27 mm LP. Hubo diferencias significativas en la talla entre los sitios de muestreo para las hembras ( $F = 16.21$ ,  $p < 0.0001$ ) y los machos ( $F = 18.22$ ,  $p < 0.0001$ ). Todos los sitios de muestreo difirieron estadísticamente entre sí en términos de tamaño de hembras: sitio 1 ( $31.88 \pm 1.00$ ), sitio 2 ( $26.78 \pm 0.87$ ) y sitio 3 ( $23.10 \pm 1.23$ ). Los machos presentaron tamaños similares en el sitio 2 ( $25.43 \pm 0.76$ ) y 3 ( $26.72 \pm 1.78$ ), pero estos difirieron de los del sitio 1 ( $31.72 \pm 1.02$ ). La fertilidad en todos los sitios de muestreo fue de  $8 \pm 3.17$ ; sin embargo, el sitio 3 presentó la fertilidad mayor ( $11 \pm 10.95$ ) y el sitio 2 el menor ( $5 \pm 2.64$ ). La reproducción comenzó en la talla de  $33.22 \pm 7.34$  mm LP para las hembras y  $28.61 \pm 5.06$  mm LP para los machos. La longitud patrón en la primera madurez vario ligeramente según el sitio y fue de 28.03 mm LP para las hembras y de 25.03 mm LP para los machos en el sitio 2. Las proporciones sexuales fueron 1.3: 1 en el sitio 1 ( $X^2 = 16.21$ ,  $p > 0.0062$ ), 0.97: 1 en el sitio 2 ( $X^2 = 2.03$ ,  $p > 0.8449$ ) y 2.6: 1 en el sitio 3 ( $X^2 = 13.07$ ,  $p > 0.00227$ ). Los individuos maduros estuvieron presentes en frecuencias más altas en los sitios de cabecera (sitio 1), mientras que los individuos inmaduros dominaron en el sitio 2 (Cuadro 6.24). En el sitio 1, los valores IGS y K para ambos sexos mostraron una tendencia similar, con dos picos reproductivos en marzo y noviembre. El sitio 2 también presentó dos picos reproductivos, pero en julio y noviembre para las hembras. Los valores más altos de IGS para machos se presentaron en marzo, mientras que los valores de K alcanzaron su máximo en mayo. Las hembras presentaron dos picos reproductivos durante marzo y septiembre, en el sitio 3. Los valores de IGS para los machos coincidieron con el



pico reproductivo de las hembras en septiembre y los valores de K fueron bajos en este sitio. Ambos sexos presentaron crecimiento alométrico negativo.

**Cuadro 6.24.** Variables reproductivas y biométricas de las especies *Ameca splendens*, *Goodea atripinnis* y *Zoogoneticus purhepechus* en el río Teuchitlán, México.

Variable	<i>A. splendens</i>	<i>G. atripinnis</i>	<i>Z. purhepechus</i>
Talla de primera madurez	Hembras de 34.26±9.58 mm; machos de 31.59±11.69 mm	43.02± 8.9 ambos sexos	Hembras de 32.22±7.34 mm; machos 28.61±5.06 mm
Fertilidad	6±2.66 embriones	7±1.49 embriones	6±1.59 embriones
Periodo reproductivo	marzo y julio	marzo (en los manantiales) septiembre y noviembre (río abajo)	marzo y noviembre
Proporción sexual (Hembra: macho)	1:1	1:1	1:1
Talla máxima	hembras 53.89 mm, machos 52.00 mm	Hembras 74.89 mm, machos 120.63 mm	hembras 35.31 mm, machos 37.95 mm
Tipo de crecimiento	Alométrico negativo	Alométrico positivo	Alométrico negativo

### Peces no-nativos

***Pseudoxiphophorus bimaculatus*** Respecto a la fecundidad obtuvo una media de 8.0±5.3 embriones por hembra. El menor número de embriones fue de cuatro y el máximo registrado fue de 29. Se observó una diferencia entre hembras y machos, donde los machos alcanzan la madurez a tallas más pequeñas. La talla de primera madurez para machos fue a los 24.86 mm de longitud patrón (Lp), particularmente en el sitio 4 y para las hembras fue a los 25.28 mm (Lp) en el sitio 1. Los peces

inmaduros predominan en los sitios 1 y 2 durante la temporada seca, mientras los estadios de peces maduros presentaron bajas frecuencias en el sitio 1. El índice gonadosomático para hembras difirió a través de los sitios, mostrando picos reproductivos a lo largo del año en todos los sitios, para los machos no hubo una correlación con la temporalidad de las hembras, y los valores de K no mostraron una clara relación con el IGS en ambos sexos. La proporción sexual (hembras: machos) fue de 1.9:1. A través de los sitios se mostraron las siguientes proporciones sexuales: sitio 1, 1.6:1, sitio 2, 3:1, sitio 3, 2.3:1, sitio 4, 2.8:1, y sitio 5, 6.2:1. Presento crecimiento de tipo alométrico para ambos sexos (Cuadro 6.25).

***Poecilia sphenops*** la fecundidad reportada para esta especie fue de  $15.0 \pm 6.2$  embriones/huevos embrionados, el menor número de embriones fue de cinco, el máximo registrado fue de 28. Los machos alcanzaron la talla de primera madurez a los 31.70 mm (Lp) en el sitio 5 y para las hembras a los 35.48 mm (Lp) en el sitio 2. Se encontraron peces inmaduros que predominaron en el sitio 3 durante la temporada seca y en el sitio 5 durante la temporada de lluvias. Individuos maduros fueron frecuentes en el sitio 4 durante la temporada de lluvias. El sitio 3 es donde se presentó la menor frecuencia de organismos maduros. La variación bimensual del índice gonadosomático mostró que el crecimiento de las gónadas inicia en mayo y continúa hasta septiembre. La temporada de lluvias (julio) marco el pico reproductivo de la especie en todos los sitios. La proporción de sexos fue de 0.98:1 al combinar todos los sitios. Sin embargo, por sitios se presentan los siguientes valores: sitio 1, 0.92:1, sitio 2, 1.31:1, sitio 3, 0.69:1, sitio 4, 1.7:1 y sitio 5, 0.75:1. El tipo de crecimiento que se presentó para ambos sexos es alométrico (Cuadro 6.25).

**Cuadro 6.25.** Variables reproductivas y biométricas de las especies ovovivíparas en el río Teuchitlán, México.

Variable	<i>P. sphenops</i>	<i>P. bimaculatus</i>
----------	--------------------	-----------------------

Talla de primera madurez	Hembras de 35.48 mm; machos de 31.70 mm	Hembras de 25.28 mm; machos de 24.86 mm
Fertilidad	15.0±6.2 embriones/huevos embrionados	8.0±5.3 embriones/huevos embrionados
Periodo reproductivo	Inicia en mayo y continúa hasta septiembre.	picos reproductivos a lo largo del año en todos los sitios
Proporción sexual (Hembra: macho)	0.98:1	1.9:1
Tipo de crecimiento	Alométrico	Alométrico

#### 6.4.5.4 Conclusiones

Las variables reproductivas evaluadas en el presente trabajo demuestran que las especies exóticas ovovivíparas (*Pseudoxiphophorus bimaculatus* y *Poecilia sphenops*) se encuentran bien establecidas a lo largo del río Teuchitlán, ya que fueron encontradas en todos los sitios, con una estructura de tallas bien definida y encontrando todos los estadios gonadales, desde organismo juveniles hasta organismo en reposo (es decir, que ya expulsaron las crías), las hembras alcanzan tallas más grandes que los machos, lo que es un patrón bien conocido entre organismos de la familia Poeciliidae. Mientras las especies nativas (vivíparas) tienden a ser más vulnerables y menos resistentes a los disturbios antrópicos produciéndoles una disminución en sus abundancias de las partes bajas (sitios 4 y 5) del río. Respecto a las especies *Ameca splendens* y *Zoogoneticus purhepechus* únicamente presentan una estructura de tallas completa en las primeras partes del río, manantiales (sitio 1 y 2) y primera parte del río (Sitio 3), sin embargo, *Goodea atripinnis*, que es un Goodeido más tolerante a los disturbios, mostro una estructura de tallas completa, desde ejemplares pequeños (crías) hasta ejemplares maduros en todo el río. La fertilidad evaluada para las especies del río Teuchitlán mostraron valores mayores para las especies exóticas (19 embriones con huevos embrionados en promedio) comparada con las nativas (7 embriones con huevos embrionados).

Dentro de la proporción sexual, para los pecílidos encontramos mayor cantidad de hembras, característica de la familia Poeciliidae.

Para las especies nativas encontramos proporciones sexuales 1:1 en los manantiales (sitio 1 y 2) y aguas abajo mayor cantidad de hembras (sitios 3, 4 y 5). Respecto a la época reproductiva, las especies exóticas, a lo largo del río y en los diferentes sitios de muestreo, se están reproduciendo de manera distinta, es decir, para que sus poblaciones sean abundantes en todo el sistema, están presentando picos reproductivos en diferentes meses, estos picos están relacionados con las diferentes variables ambientales de cada sitio, mientras que las especies nativas solo presentan dos picos reproductivos al año, el más alto es el mes de marzo (primavera o estiaje), el mes donde se presentan los valores de temperatura más elevados, sin embargo, a diferencia de las especies exóticas, las especies nativas no presentan distintos picos en la época reproductiva con respecto a los sitios. Por otro lado, las especies exóticas, obtienen tallas de primera madurez entre los 25 a 30 mm de longitud patrón (LP), mientras que las especies nativas maduran entre 30 a 35 mm de LP, sin embargo, a lo largo del río presentan distintos valores de maduración esto debido a que en cada sitio presenta temperaturas distintas que los hacen crecer y madurar más rápido que otras partes del río.

#### **6.4.6. Aplicación del Índice de Integridad Biótica (IBI) en el río Teuchitlán.**

##### **6.4.6.1 Objetivo**

Aplicar el Índice de Integridad biótica (IBI) a lo largo del cauce del río Teuchitlán.

##### **6.4.6.2 Método**

Los índices bióticos utilizan la *integridad Biótica*, la cual se define como: "La capacidad de soportar y mantener una comunidad adaptada, integrada y balanceada, con una composición, diversidad y organización funcional comparable con el hábitat natural de la región" (Karr, 1981). Para su conformación este índice utiliza entre sus variables o métricas la tolerancia o sensibilidad de los organismos a cambios en la calidad del agua, en la estructura física del hábitat, entre otros. Estas variables ayudan a identificar los problemas, ya que la comunidad de peces

es un componente altamente visible y sensible para los ecosistemas de agua dulce, además de la adquisición de varios atributos que la hacen viable como indicador de la integridad Biótica (Lyons *et al.*, 1995).

### **Recolecta de material biológico**

Todos los sitios fueron visitados durante el día, entre las 11:00 y 18:00 horas. Se empleó el método de electropesca de mochila con generador de batería de 12v, con una duración de 30 minutos en cada sitio con descargas entre 150-250 v, dependiendo de las condiciones físicas del medio, con un radio de 1 metro aproximadamente, cumpliendo así con la métrica de los sistemas lóticos propuesta por Lyons *et al.*(1995) el cual establece que: debido al tipo de sistema acuático que depende de las corrientes del río, se tomara el número de especies que se capturen en 30 minutos de esfuerzo.

Fueron empleadas además redes de mano para capturar a los individuos, posteriormente se depositaron en frascos de plástico, y se fijaron en formol al 10%. Cada frasco se etiquetó con los datos de fecha, sitio de colecta y jornada.

### **Trabajo de laboratorio**

Todos los peces capturados fueron identificados, contados y revisados para detectar signos de enfermedad, deformidad, desgaste en las aletas, lesiones o tumores. Los peces colectados fueron agrupados por especie y pesados para determinar su biomasa.

Para calcular el IBI, los peces se clasificaron de acuerdo a su origen, posición en la columna de agua, tolerancia a la degradación ambiental, hábitos de alimentación y forma de reproducción, siguiendo los criterios de Lyons *et al.* (1995). Posteriormente las métricas y los valores para el IIB se calcularon siguiendo los lineamientos de Lyons *et al.* (1995).

El valor final de los IBI puede variar de 0-100 siendo 100 el valor óptimo (cuadro 6.26). Esta valoración se efectuó en las diferentes épocas de lluvia, secas frías y secas cálidas, durante los cuatro semestres que abarcó la propuesta del proyecto.

**Cuadro 6.26.** Clasificación del Índice de integridad biótica (IIB) de acuerdo con la escala propuesta por Lyons *et al* (1995).

RESULTADO	CLASIFICACIÓN	ATRIBUTOS DE LA COMUNIDAD
		Comparable a la mejor situación del menor disturbio humano.
70-100	BUENA	La riqueza total y la de especies son cercanas a la máxima expectativa para el tamaño del río, la abundancia total es alta, con amplitud de clases por edad y tamaño. Especies Bénticas y de la columna de agua son comunes. Especie sensitivas presentes, las especies tolerantes y exóticas no dominan. Herbívoros y/o carnívoros son comunes. La mayoría de las especies son vivíparas. Todos los peces se encuentran en buena condición física.
45-65	REGULAR	La comunidad de peces muestra alguna influencia de degradación ambiental. La riqueza total de especies y de la columna de agua es menor a la esperada, y especies bénticas y sensitivas no son comunes, y dominan las omnívoras. La mayoría de las especies pueden no ser nativas, especies vivíparas.
0-40	POBRE	La comunidad de peces está fuertemente modificada por degradación ambiental. La riqueza total y de la columna de agua es baja, la mayoría de los peces son pequeños. Bénticos y sensitivos usualmente ausentes. Casi todas las especies son exóticas o tolerantes omnívoros, la mayoría de los individuos no son vivíparos nativos. Peces en condición física pobre pueden ser relativamente comunes.
Sin registro	MUY POBRE	La degradación ambiental ha diezclado o eliminado la comunidad de peces. Los muestreos revelan la

presencia de pocos peces o carencia de ellos, y el índice de integridad biótica no puede ser calculado.

### 6.4.6.3 Resultados

De acuerdo con la lista de especies y su clasificación, se determinaron ocho especies, que de acuerdo a su origen cuatro de ellas son exóticas. Por su posición en la columna de agua solo se encuentra una especie de hábitos bentónicos (*Ictalurus dugesii*). Se agruparon a las especies en gremios tróficos siguiendo la propuesta de Lyons *et al* (1995), resultando que el 40% son carnívoras, y en la misma proporción las omnívoras, siendo el resto (20%) herbívoras. De acuerdo con su tolerancia, solo se encuentra una sensible (*Ameca splendens*), dos moderadas (*Zoogoneticus purhepechus* e *Ictalurus dugesii*) y el resto son tolerantes, donde se incluye a todas las exóticas. Por la estrategia reproductiva predominan las vivíparas y solo dos ovíparas (Cuadro 6.27).

**Cuadro 6.27.** Listado de especies de peces en el río Teuchitlán, así como su presencia en el cuerpo de agua, tipo de alimentación, tipo de reproducción, tolerancia y origen de acuerdo a los criterios de Lyons *et al* (1995).

Especie	Origen	Posición columna de agua	Alimentación	Tolerancia	Reproducción
<i>Zoogoneticus purhepechus</i>	Na	Co	Ca	Mo	Vi
<i>Goodea atripinnis</i>	Na	Co	Om	To	Vi
<i>Ameca splendens</i>	Na	Co	Om	Se	Vi
<i>Ictalurus dugesii</i>	Na	Be	Ca	Mo	Ov
<i>Poecilia sphenops</i>	Ex	Co	He	To	Vi

<i>Xiphophorus</i>					
<i>hellerii</i>	Ex	Co	Om	To	Vi
<i>Pseudoxiphophorus</i>					
<i>s bimaculatus</i>	Ex	Co	Ca	To	Vi
<i>Oreochromis</i>					
<i>aureus</i>	Ex	Co	Om	To	Ov

---

Na=nativa Ex=exótica Co=columna de agua Be=bentónico Ca=carnívoro  
 Om=omnívoro He=herbívoro Mo=moderado To= tolerante Se= sensible Vi= vivíparo  
 Ov=ovíparo

Los resultados de la valoración promedio del IBI durante los cuatro semestres, para los cinco sitios se muestran en la Figura 6.16. Donde en general los valores fluctuaron de 20 a 65. Valores que los sitúan entre pobre y regular. En ningún semestre ni sitio se alcanzó alguna categoría mayor.

**Sitio 1.** Con respecto a los valores del IBI este sitio fue de los que alcanzó mayor valor (65) para el semestre I, pero su calificación fue menor para los semestres III (35) y IV (25) (Fig. 6.16). Esto refleja que la comunidad de peces muestra alguna influencia de degradación ambiental, la riqueza es menor, las especies exóticas y tolerantes con un régimen alimenticio omnívoro son comunes. Los mayores valores se asocian con la presencia de la especie *Ictalurus dugesii*, que es béntica moderada. Considerando los resultados que se mencionan en el apartado de configuración electroquímica (ver apartado 4.2), se hace mención que las condiciones del ICA son adecuadas para la vida acuática, pero también se hace notar que debido a su uso recreativo (balneario) tiene continuo impacto por la presencia de las personas que acuden. De acuerdo a la valoración geomorfológica, se ha perdido el hábitat natural y por ende condiciones favorables en la disponibilidad de recursos y condiciones para las especies.

**Sitio 2.** Los valores de integridad biótica (IBI) obtenidos para este sitio fluctuaron entre 60 y 25 (Fig. 6.16). Los menores valores corresponden a los semestres I y III,



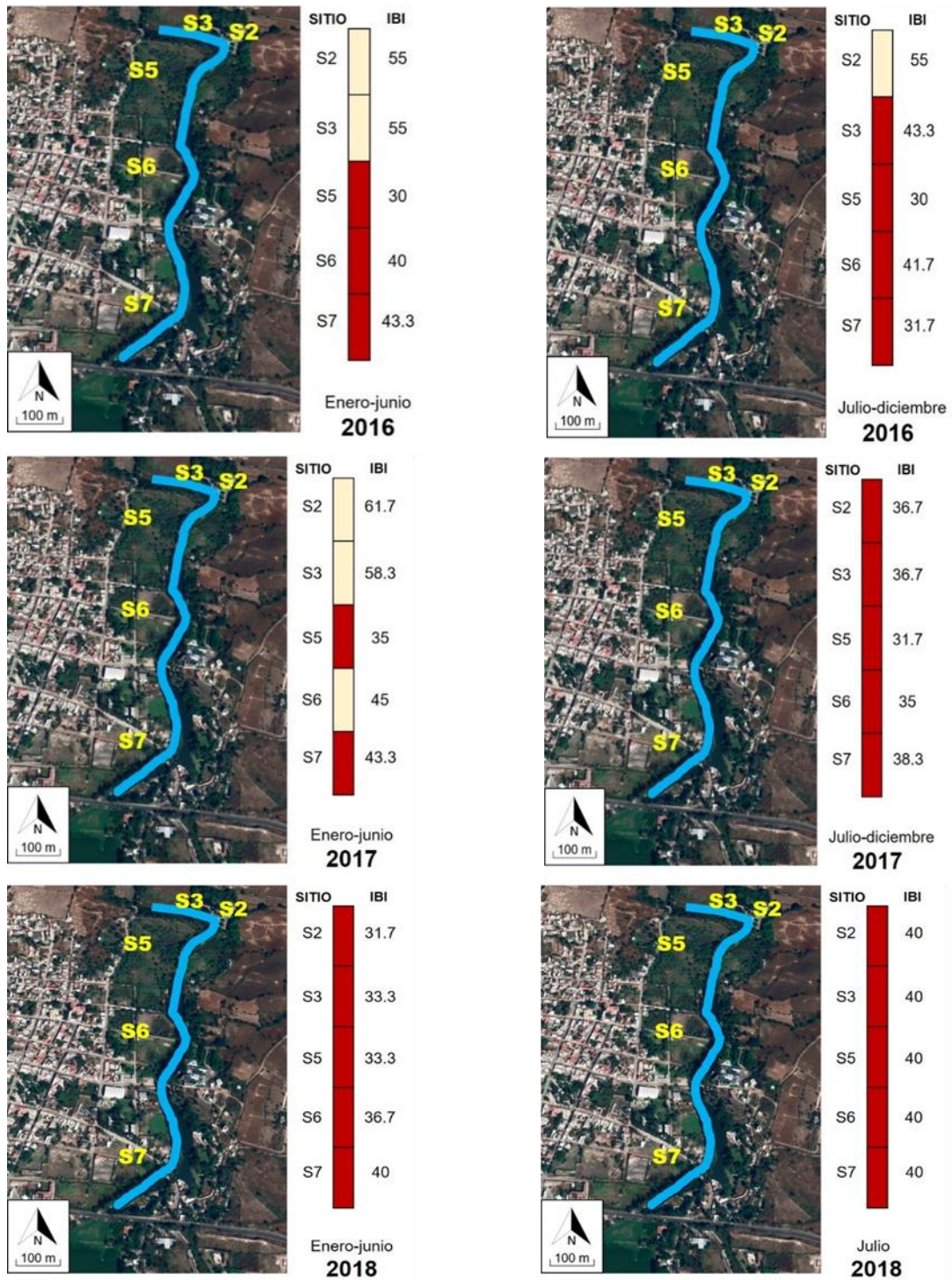
particularmente a la corresponden a la época de secas frías. Estableciendo por lo tanto una condición en términos de la comunidad íctica que se encuentra modificada, la riqueza es menor a la esperada, casi todas las especies son exóticas, la mayoría de los individuos vivíparos no son nativos. Esta situación se relaciona con las modificaciones en la porción alta del río, a pesar de que se encuentra alimentada por manantiales en la zona este. Pero con fuertes modificaciones geomorfológicas al cauce, ya que se construyeron bordos, que le confieren un mayor tiempo de retención del agua, resultado un cambio significativo de un hábitat lótico a léntico. Estos cambios en la hidrodinámica son disturbios que afectan el ciclo de vida de las especies adaptadas a sistemas lóticos, es decir adaptadas a una mayor velocidad del agua, transparentes y con un tipo de sustrato de mayores dimensiones que las actuales, entre otras características. Se menciona en los valores de la calidad del agua fluctuaciones en los valores de concentración de oxígeno que disminuyó en los semestres II al IV (ver apartado 4.2). Esta situación de reducción del oxígeno, aumento de los sólidos suspendidos, son disturbios que se reflejan en las proporciones de las especies nativas que fueron menores a las esperadas. Principalmente en la presencia de las especies sensibles o moderadas. Sin embargo, se registró la presencia del bagre nativo *Ictalurus dugesii*, especie que se considera de tolerancia moderada, pero que es típica de ríos y arroyos con buena oxigenación y velocidad de corriente, así como de sitios con sustrato de piedras y grava. Su presencia refleja que, aunque las condiciones no son las mejores, es una zona de refugio para esta especie.

**Sitio 3.** Presenta valores similares del IBI entre los cuatro semestres evaluados, clasificándose el intervalo como pobre (20-40) (Fig. 6.16). Se recolectaron más especies exóticas que nativas, las especies bénticas y moderadas no son comunes. La comunidad de peces presenta una modificación por la degradación ambiental. Modificaciones o disturbios como es la colocación de una malla entre el Balneario El Rincón y el comienzo del río, así como su canalización, lo que ha provocado la acumulación de la lechuguilla (*Pistia*). La presencia de esta vegetación, afecta a variables fisicoquímicas como se menciona en el apartado de configuración electroquímica (ver apartado 4.2) y por ende a las comunidades biológicas.

**Sitio 4.** Los valores registrados para este sitio durante los cuatro semestres van de 20 a 45 unidades (Fig. 6.16), correspondiendo a la categoría de pobre y regular respectivamente. Para los semestres I, III y IV se califica como condición pobre, únicamente en el II semestre es cuando pasa a ser clasificado como regular. Las condiciones de calificación como “pobre” refleja que la comunidad de peces está fuertemente modificada. La riqueza total es baja, la mayoría de los peces son pequeños y los sensibles usualmente ausentes, incluso los moderados. Casi todas las especies son exóticas o tolerantes omnívoras, la mayoría de los individuos no son vivíparos nativos. Para la condición de “regular”, de acuerdo con los tributos de la comunidad íctica, muestra alguna influencia de degradación ambiental, siendo la diferencia la presencia de algunos individuos de especies nativas, por lo que alcanzó una valoración mayor. Acorde con esta condición, los impactos al cauce en este sitio son evidentes para ambos márgenes, presenta la construcción de mampostería y están carentes de vegetación riparia, presentan modificaciones importantes a su geometría, es menos sinuoso y por los trabajos de construcción del parque lineal se perdió heterogeneidad del hábitat (ver apartado 4.3). Por otro lado, los valores de calidad del agua (ver apartado 4.2) indican una condición de contaminación y de menor concentración de oxígeno. Situación que no favorece la presencia de especies de tolerancia moderada o de especies bénticas, donde ya no se ha recolectado o registrado la presencia del bagre nativo.

**Sitio 5.** Este sitio se caracteriza por fluctuar sus valores del IBI entre 25 a 50 puntos (Fig. 6.16). La calificación promedio para los semestres I, III y IV lo sitúa como pobre, donde la comunidad de peces está caracterizada en su mayoría por especies no nativas y omnívoras, además las especies presentes se consideran tolerantes. Fue el sitio con la mayor incidencia de individuos con malformaciones y parasitismo. En el caso del semestre II la situación de la comunidad reflejo mejora en las condiciones debido a que se calificó como regular, este incremento en la calidad se debió a la presencia de especies nativas como el vivíparo nativo *Goodea atripinnis*. Los impactos en sitio son tanto de calidad del agua como en su geomorfología (ver apartado 4.2 y 4.3), ya que existe la mayor cantidad de drenajes de casa-habitación,

en donde se acumulan estos desperdicios, así como los que acarrea el río a lo largo de su cauce. Su modificación es muy evidente debido a la canalización con paredes de cemento, lo que redujo su anchura y con esto la disponibilidad de hábitat, así como de vegetación natural. Así mismo se ha observado que la vegetación acuática en su mayoría está conformada por pasto acuático, sin embargo comenzó a invadir la elodea en gran parte del sitio.



**Figura 6.16.** Variación del Índice de integridad biótica (IBI) en el río Teuchitlán, Jalisco enero 2016 a julio 2018.

#### **6.4.6.4 Conclusiones**

La integridad biótica basada en la comunidad de peces a lo largo de los cinco sitios, así como de los cuatro semestres evaluados entre julio de 2016 y julio de 2018, muestran una degradación e influencia por las modificaciones antrópicas, reflejado en las calificaciones de pobre y regular en el río Teuchitlán.

Los valores de las métricas y atributos de la comunidad se relacionan con un deterioro en las condiciones de la calidad del agua y de la estructura física del hábitat (geomorfología) esto último principalmente para los sitios 1 y 2. Propiciando un cambio del hábitat de un sistema lótico a léntico debido a la construcción de bordos, compuertas y balnearios. Para los sitios 3, 4 y 5 se suman además los problemas de baja calidad del agua por la presencia de fuentes puntuales de contaminación (drenajes) y de acarreo de materiales por los márgenes carentes de vegetación.

Se recomienda continuar con su uso como herramienta de monitoreo ya que apoya su uso en el biomonitoreo comunitario y actividades de conservación para el río. Debido a que el IBI combina un número de atributos (medidas) de la estructura y función de la comunidad de peces, asumiendo que la comunidad integrada de peces reflejará tanto eventos de gran impacto (periodo corto) como efectos de largo plazo, fuentes no puntuales de contaminación y cambios en el uso del suelo. Permite establecer los sitios 1 y 2 como más adecuados para la reintroducción. La calificación de sitios aguas abajo (S3, S4, S5) es donde las métricas apuntan a un aumento de presencia de especies exóticas, por lo que se recomienda su control.

#### **6.4.7 Plan de control de especies exóticas**

##### **6.4.7.1 Objetivo**

Lograr el control de las especies exóticas del río Teuchitlán Jalisco.

##### **6.4.7.2 Métodos**

###### **6.4.7.2.1 Métodos y artes de pesca.**

Para fines de establecer el control de especies exóticas en el largo plazo y que fuera factible de ser utilizada (el arte de pesca) por los pobladores, se evaluó la utilización

de tres artes de pescas distintos para la recolección de los organismos, descritos de la siguiente manera:

Electro pesca de mochila: Con una potencia de 200 W, voltaje de pico 25 V, corriente de pico 10 amp.

Nazas: hechas de aluminio, con abertura de malla de 2 mm, orificio de entrada de 22 mm de diámetro, 190 mm de diámetro central, 120 mm de diámetro externo y 419 mm de largo.

Red tipo chinchorro: de 4 metros de ancho, 2.3 metros de altura y abertura de malla de 1.3 mm.

Se realizó la comparación entre las tres artes de pesca a fin de poder establecer un criterio para determinar cuál utilizar en el control de las especies exóticas a largo plazo. Para ello se realizó una prueba de ANOVA.

### **Fichas informativas.**

Se elaboraron fichas que contienen datos de cada una de las especies exóticas, esta información fue obtenida a partir del trabajo realizado durante el desarrollo de este proyecto, como lo es estructura de la comunidad, ecología de poblaciones, interacciones, biología reproductiva y calidad del hábitat. Representan de forma resumida los avances en el conocimiento de la biología y ecología de las mismas. Se resumió la siguiente información: Orden, familia, alimentación, reproducción, tipo de hábitat, posibles impactos.

### **Construcción de obras de contención de peces**

De acuerdo a toda la información biológica, ecológica y de hábitat previa, se decidió que los sitios óptimos para la reintroducción de *Zoogoneticus tequila* eran el sitio 1 y 2, por lo que se planteó la construcción de obras que permitiera contener el movimiento de individuos de especies exóticas del cauce del río a la zona de manantiales que representa el sitio 1 y 2. Para ello se hicieron dos obras hidráulicas, la primera fueron dos compuertas que regulara el flujo del agua de salida de los sitios 1 y 2, lo que a su vez genera una diferencia en la altura del espejo de agua de aproximadamente 30 cm, formando una cascada que debería impedir la entrada de

peces a la zona de manantiales. Posteriormente se canalizó la salida de estas compuertas a través de muros y se ubicaron en esta canalización tres mallas de diferente abertura, a manera de tamiz. Ambas obras pretenden evitar al máximo la entrada de especies exóticas a la zona de reintroducción, es decir los sitios 1 y 2.

### **Extracción de especies exóticas**

Posterior a la instalación de las obras de contención de especies exóticas, se procedió a realizar la extracción intensiva de los peces exóticos en los sitios de manantiales (1 y 2).

Se utilizó principalmente las trampas nasas, sin embargo, debido a la presencia de organismos de tallas mayores como las tilapias (*Oreochromis aureus*), también se utilizó el chinchorro y la electropesca.

#### **6.4.7.3 Resultados**

##### **Comparación de artes de pesca**

Los resultados obtenidos del ANOVA utilizando los datos de captura para las especies *Xiphophorus hellerii*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus* y *Poecilia sphenops*, indican que solo existen diferencias significativas entre el arte de pesca y la abundancia de captura de *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (pb), con un valor de  $p = 0.01$  y su interacción (arte:pb)  $p=0.01$  (Cuadro 6.28). Cuando existía diferencia significativa se aplicó una prueba de Tukey.

La prueba de Tukey exhibe que las diferencias significativas se encuentran entre las trampas nasa y la electropesca, con un valor de  $p = 0.02$  (Cuadro 6.29 y 6.30).

**Cuadro 6.28.** ANOVA de la abundancia de captura en relación al arte de pesca, de tres especies exóticas del río Teuchitlán. Donde xh= *Xiphophorus hellerii*, pb= *Pseudoxiphophorus bimaculatus* y ps= *Poecilia sphenops* y sus interacciones.

		Tabla de análisis de varianza					
Cuadro		Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)	
Prueba de para la abundancia	arte	2	104.53	52.27	1.1379	0.42879	6.29. Tukey de P.
	xh	1	71.83	71.83	1.5637	0.29977	
	pb	1	548.89	548.89	11.9499	0.04073 *	
	ps	1	18251.00	18251.00	1.3663	0.3269	
	xh:pb	1	43.73	43.73	0.9520	0.40116	
	arte:ps	1	14694.00	7347.00	0.5500	0.6259	
	arte:pb	2	2718.96	1359.48	29.5973	0.01059 *	
	arte:xh	2	287.97	143.98	3.1347	0.18412	
	Residuals	3	137.80	45.93			

Códigos de significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05

*bimaculatus* en función del arte de pesca, en el río Teuchitlán.

Múltiples comparaciones de las medias: Contraste de Tukey				
Fit: aov(formula = pb ~ arte, data = art)				
Linear Hypotheses:				
	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
Electro - Chinchorro == 0	-111.2	69.2	-1.607	0.2803
Nasa - Chinchorro == 0	99.4	69.2	1.436	0.3545
Nasa - Electro == 0	210.6	69.2	3.043	0.0255 *

Códigos de significancia: 0 '\*\*\*\*' 0.001 '\*\*\*' 0.01 '\*\*' 0.05

**Cuadro 6.30.** Grupos obtenidos en la prueba de Tukey, para la abundancia de *P. bimaculatus* en función del arte de pesca, en el río Teuchitlán.

trt	Grupos	
	means	M
1 Nasa	274.8	a
2 Chinchorro	175.4	ab
3 Electro	64.2	b

Al obtener solo diferencias significativas para *P. bimaculatus* y por consiguiente, no obtener diferencias significativas, en las pruebas de ANOVA (6.28) de captura para las especies *P. sphenops* y *X. hellerii*, se tomó la decisión de utilizar solamente las trampas nasa. Debido a que, tienen la misma eficiencia de captura que el



chinchorro, y son más eficientes que la electropesca. Además de que su uso y manejo es más sencillo que el chinchorro y electropesca. Esto permitirá que los pobladores utilicen esta arte de pesca de manera sencilla para el control de exóticas a largo plazo.

### **Fichas de información de especies exóticas presentes en el río Teuchitlán**

*Pseudoxiphophorus bimaculatus* Heckel, 1848 (Fig. 6.17)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Pseudoxiphophorus*

Alimentación: principalmente se alimenta de material orgánica no identificada, restos de plantas y partes de insectos. Estos últimos son insectos terrestres como hormigas (*Anoplolepis* sp), Homoptera, Avispas y Dípteros adultos.

Reproducción: La talla mínima de maduración en machos es de 24.86 mm y para hembras es de 25.28 mm. Muestra una fertilidad máxima de  $15.99 \pm 2.27$  y la mínima de  $9.15 \pm 1.46$  huevos embrionados mas embriones. Una alta fertilidad fue observada en el mes de julio ( $18.98 \pm 9.46$ ), y la más baja en el mes de mayo ( $6.04 \pm 8.96$ ). La proporción sexual (hembras: machos) fue de 1.9:1. Presenta varios picos reproductivos a lo largo del año en todos los sitios.

Tipo de hábitat: Vive en grupos numerosos, por lo regular en las orillas y en la superficie del cuerpo de agua. Se encuentra bien establecido a lo largo del río. Presente en todos los sitios. Los juveniles están relacionados con los sitios muy transparentes, gran profundidad, pH neutro, y alto oxígeno disuelto en agua. Los ejemplares maduros tienden a ocurrir en sitios con mayor alcalinidad, mayor concentración de sólidos disueltos, lodo y gran cantidad de vegetación riparia.

Posibles impactos: Especie de mayor abundancia, precoz y desovadores múltiples, lo que les confiere ventaja reproductiva respecto a las nativas. Consideradas tolerantes a disturbios que propician disminución en la calidad del agua.



**Figura 6.17.** *Pseudoxiphophorus bimaculatus*, macho y hembra. Río Teuchitlán Jalisco.

*Poecilia sphenops* Valenciennes, 1846 (Fig. 6.18)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

Familia: Poeciliidae

Género: *Poecilia*

Alimentación: Detritus vegetal

Reproducción: la talla de primera madurez para machos es de 31.70 mm, para hembras es de 35.48 mm. La fertilidad más baja fue  $5.72 \pm 5.72$  y la más alta  $31.26 \pm 30.17$ . En mayo se muestran los valores más bajos de fertilidad ( $6.44 \pm 8.82$ ) y los más altos en septiembre ( $30.32 \pm 32.51$ ). La proporción de sexos (hembras: machos) fue de 0.98:1. Peces inmaduros predominaron en sitios con vegetación durante la temporada seca. Siendo frecuente la presencia de individuos maduros para los sitios con escasa o nula vegetación acuática. El crecimiento de las gónadas inicia en mayo y continúa hasta septiembre.

Tipo de hábitat: Individuos juveniles se encuentran relacionados a sitios con alta turbidez, gran cantidad de sólidos sedimentales, y protección vegetal en las riberas. La Clorofila a es la más importante para los peces juveniles. Organismos maduros están relacionados con sitios con más sólidos disueltos, alta alcalinidad y áreas de vegetación riparia.



**Figura 6.18.** *Poecilia sphenops*, macho y hembra. Río Teuchitlán Jalisco.

*Xiphophorus maculatus* Günther, 1866 (Fig. 6.19)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

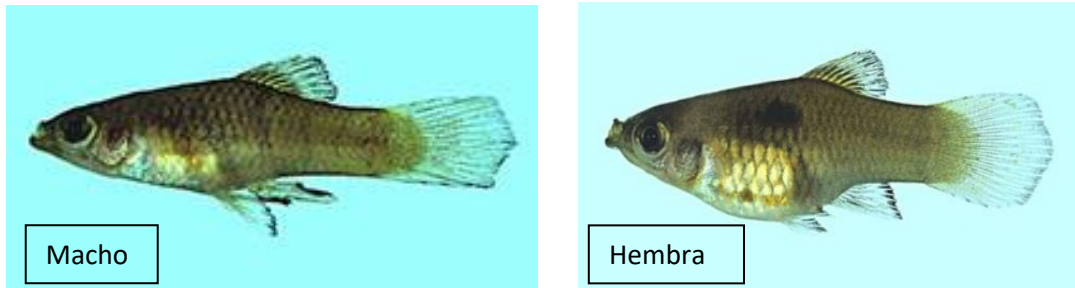
Familia: Poeciliidae

Género: *Xiphophorus*

Alimentación: Especie omnívora que se alimenta principalmente de gusanos, crustáceos, insectos acuáticos y terrestres, materia orgánica y algas filamentosas.

Reproducción: presenta una reproducción de fines de enero a julio.

Tipo de hábitat: se encuentra en mayor abundancia en sitios con espacio de abundante vegetación acuática.



**Figura 6.19.** *Xiphophorus maculatus*, macho y hembra. Río Teuchitlán Jalisco.

*Xiphophorus hellerii* Heckel, 1848 (Fig 6.20)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Cyprinodontiformes

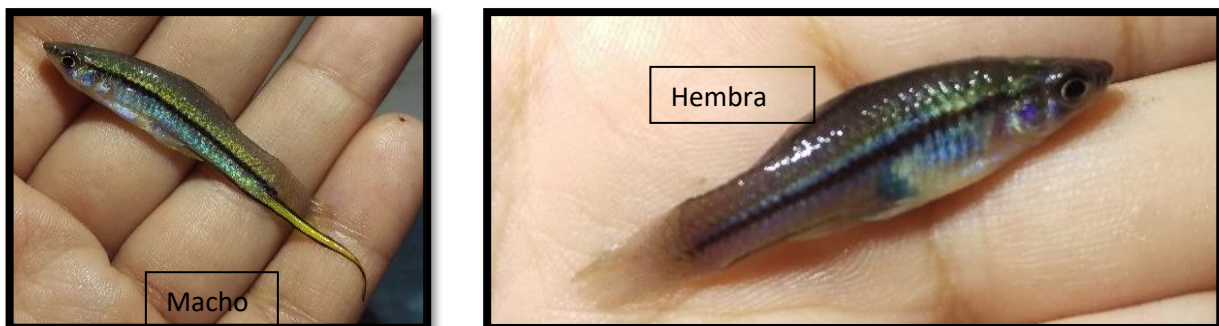
Familia: Poeciliidae

Género: *Xiphophorus*

Alimentación: detritus vegetal

Reproducción: presenta mayor fertilidad en la zona baja del río con un promedio de 14 a 24 huevos embrionados/embriones. Los picos reproductivos se mostraron más altos en los manantiales (zona alta) y en la zona baja el valor menor, sin embargo, presenta múltiples desoves a lo largo del año.

Tipo de hábitat: los individuos tanto maduros como juveniles se relacionan con alta temperatura del agua, mayor cantidad de sedimentos, solidos suspendidos y turbidez.



**Figura 6.20.** *Xiphophorus hellerii*, macho y hembra. Río Teuchitlán Jalisco

*Oreochromis aureus* Steindachner, 1864 (Fig. 6.21)

Filo: Chordata

Clase: Actinopterygii

Orden: Perciformes

Familia: Cichlidae

Género: *Oreochromis*

Alimentación: se alimenta principalmente de fitoplancton y zooplancton, los ejemplares más jóvenes se alimentan de copépodos y cladóceros.

Reproducción: Reproducción: De acuerdo a la literatura se menciona que la temperatura requerida para que lleve a cabo la reproducción, esta especie es alrededor de 20°C (Zimmermann, 2005).

Tipo de hábitat: Tolerante a diferentes temperaturas, mayores abundancias en sitios con mayores cantidades de sólidos disueltos totales, alcalinidad, turbidez y clorofila a. Se encuentra bien establecida a lo largo del río.



**Figura 6.21.** *Oreochromis aureus*. Río Teuchitlán Jalisco

### **Construcción de obras de contención de peces**

Las dos obras realizadas parecen tener un efecto positivo en la contención de especies de peces y su ingreso a los sitios 1 y 2 (Figs. 6.21). Sin embargo, debido a que el proyecto llegó a su conclusión esto aún no se ha evaluado de manera concreta. Los problemas asociados a las obras de contención es el taponamiento

de las mallas, sobre todo en lluvias torrenciales con acarreo de material sólido, lo cual se soluciona con un mantenimiento diario de dichas mallas. Las compuertas de contención parecen ser las más eficaces, sin embargo, en lluvias torrenciales, estas pueden ser rebasadas, eventos que conectan la zona del río y los manantiales por encima de las compuertas. Para ello se recomienda realizar de manera continua la extracción de especies no nativas en los sitios 1 y 2, para lo cual se desarrolló el plan comunitario de monitoreo de especies exóticas (Anexo 11).



**Figura 6.21.** Construcción y colocación de mallas para contención de especies exóticas en el río Teuchitlán.

### **Extracción de especies exóticas**

#### **Sitio manantial “El anillo”**

Debido a las características de calidad del agua y al estar totalmente aislado el manantial denominado “El anillo”, se eligió como sitio para iniciar la reintroducción de un lote de *Zoogoneticus tequila*. Por lo que fue necesario iniciar la extracción de las especies exóticas en un primer evento en esta zona.

De esta primera recolecta en El anillo, realizada en los meses de mayo y julio de 2017, en total se extrajeron cuatro especies exóticas. En el Cuadro 6.31 se presentan los datos promedio obtenidos en una hora de recolecta utilizando los tres tipos de método de captura.

**Cuadro 6.32** Recolecta especies exóticas en el sitio denominado “El anillo”. Balneario el Rincón. Teuchitlán Jalisco. Semestre II. Número de individuos/peso en gramos. ND, dato no disponible

Especies	Nasa	Chinchorro	Electro	Total
<i>P. bimaculatus</i>	48/123	2/1.24	15/20.4	65/143.35
<i>P. sphenops</i>	19/39.7	21/23.66	16/10.27	56/43.06
<i>X. hellerii</i>	1/0.63	0/0	2/0.309	3/0.94
<i>O. aureus</i>	18/ND	20/ND	33/ND	71/ND
Peso/g	163.3		22.522	398.82 g.
Promedio/1 hr				195

Extracción sitios 1 y 2.

Una vez que se realizaron las obras para la contención de exóticas (Fig. 6.21), un segundo evento de extracción de exóticas se llevó a cabo para los sitios 1 (S1) y 2 (S2), ya que es donde se pretende continuar la reintroducción de *Zoogoneticus tequila*. El mayor número de organismos fue para *Pseudoxiphophorus bimaculatus* y menor para *Oreochromis aureus* (Cuadro 6.33).

**Cuadro 6.33** Recolecta especies exóticas en los sitios S1 y S2. Ubicados dentro del Balneario el Rincón. Teuchitlán Jalisco. Semestre III. Número de individuos/peso en gramos.

Especies	Sitio 1	Sitios 2	Total
<i>P. bimaculatus</i>	513/567.09	665/818.14	1178/926.9
<i>P. sphenops</i>	40/32.12	26/17.31	66/49.43
<i>X. hellerii</i>	71/44.51	85/46.46	158/76.72
<i>O. aureus</i>	3/3.42	1/1.20	4/4.62
<b>Organismos capturados</b>			<b>1406</b>
<b>Peso total en gramos</b>			<b>1057.67</b>

#### 6.4.7.4 Conclusiones

Los análisis muestran que las trampas tipo nasa son adecuadas para la extracción de peces, por lo que es el método más adecuado para mantener un monitoreo a largo plazo, ya que son de fácil manejo, mantenimiento, no requieren mucha experiencia en su manejo y además permiten mantener a los peces vivos por un



mayor lapso de tiempo, logrando regresar sin daño a las especies nativas al sistema.

Aunque no es posible su total erradicación si se notó disminución el número de individuos de las especies exóticas. Junto con la extracción es necesario la evaluación de la eficiencia de las construcciones que se realizaron como método de contención.

Es necesaria la continua extracción de peces exóticos, como se propone en el plan de control (Anexo 11). De acuerdo a esto, es necesario que los pobladores y actores principales sean entrenados para tal fin, ello mediante talleres y cursos.

Junto con la extracción de especies de peces exóticos que se ha llevado a cabo un programa de educación ambiental (ver apartado 9 y anexo 13). En el cual, parte de su contenido, es el trabajo con los diferentes sectores de la población a fin de que reconozcan las desventajas de la presencia de estas especies de peces no nativas, por lo que se recomienda que este programa pueda seguir en el largo plazo.

De igual manera el programa de biomonitorio comunitario con peces (anexo 11), establece dentro de su propuesta, que los biomonitores se capaciten en el conocimiento de la ictiofauna. Dando énfasis en el reconocer a todas las especies, donde se privilegia el mantener a las nativas y buscar alternativas para el control de las exóticas.

## **6.5 Conclusiones generales**

La comunidad de peces en el Río Teuchitlán está dominada por especies exóticas, siendo mayor su riqueza y su abundancia. El sitio 1 y 2 son los que presentan un mayor número de especies exóticas, aunque con una menor abundancia que los sitios 3, 4 y 5. De igual forma, parece que las especies exóticas, principalmente los pecílidos, fueran más exitosas reproductivamente, pues tienen una mayor fecundidad, existen más hembras que machos y se reproducen a una talla menor, por lo que esto puede ser una explicación para su alta dominancia en el sistema. De igual forma, la estructura trófica de la comunidad parece estar repartiéndose los recursos y creando baja competencia entre estas y las especies nativas, salvo el caso de *Goodea atripinnis*, sin embargo esta es aun especie relativamente



abundante en el sistema. La especie *P. bimaculatus* parece ser la única que presenta algún grado de solapamiento con la especie nativa *Z. purhepechus*, especie filogenéticamente relacionada con *Z. tequila*, la especie que se pretende reintroducir. Por otro lado, los parásitos no parecen representar un problema para la subsistencia de las especies de peces, estando los registros dentro de los parámetros normales de una población silvestre. Con toda esta información y con la información de los apartados previos, se decidió llevar a cabo la reintroducción de *Z. tequila* en los sitios 1 y 2, previa remoción de las especies exóticas y la construcción de medidas de contención, las cuales aún no han sido valoradas debido a la conclusión del proyecto.

## **7 Pre-introducción de *Zoogoneticus tequila***

### **7.1 Introducción general**

En la actualidad, la tasa de extinción en animales es de diez a cien veces superior a la que existiría sin la intervención humana, y se acelerará en las próximas décadas. Es por eso que las iniciativas para preservar la biodiversidad se han multiplicado: creación de reservas naturales, estudio del funcionamiento de los ecosistemas, entre otras. Por lo que, la reintroducción de especies silvestres a su hábitat original es una de las medidas de protección de la naturaleza. Esto se puede hacer ya sea a partir de un hábitat donde la especie ha sido mantenida, o desde un lugar de conservación artificial, como centros de cría. Sea cual sea el método, esto implica la necesidad de que el medio ambiente siga siendo capaz de acoger a la población reintroducida y también que las poblaciones presentes acepten su presencia. Es por eso que como primer paso es determinante caracterizar a la población fuente de *Zoogoneticus tequila* en su lugar de cría, con lo cual se tendrán datos previos a la reintroducción, los cuales permiten entender mejor dicho proceso. *Zoogoneticus tequila* está en la lista roja como en peligro crítico tanto en la UICN (2015) como en la legislación mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010). Esta especie fue descrita en la década de los 90's (Webb y Miller, 1998) como una especie micro-endémica de los manantiales en las cercanías de Teuchitlán, en el estado de Jalisco, México. De la Vega Salazar *et al.* (2003) la reportan en una

pequeña población aislada y se considera que presumiblemente las especies exóticas y actividades antropogénicas la llevaron a su extinción local. Hoy en día *Z. tequila* es mantenida en centros de cría ex-situ, en colecciones científicas, zoológicos y universidades. En el Laboratorio de Biología Acuática de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo se mantienen organismos de *Z. tequila* en un estanque rústico desde el 2011, el cual sirve como reservorio para la conservación de esta especie y mantiene una población estable, la cual fungió como donador de organismos en el proceso de reintroducción. Los *Z. tequila* que se reintrodujeron en los manantiales del Río Teuchitlán provenían de una donación realizada en 1998 por el zoológico de Chester y traída a México por el acuarista Ingles Ivan Dibble. En 2010 se introdujeron 12 hembras y 15 machos de las peceras donde se mantenían a un estanque rústico (ER) ubicado en el Jardín Botánico Nicolaita de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (Figura 7.1). Sin embargo, para poder establecer un programa adecuado de reintroducción es necesario un conocimiento claro de la historia natural de la especie, así como sus relaciones con el ambiente, sus parásitos y sus posibles fuentes de alteración, con lo que se podrá prever la respuesta de *Z. tequila* ante otras especies ya establecidas en el río Teuchitlán.



**Figura 7.1.** Estanque rústico en el Jardín Botánico Nicolaita, Morelia, Michoacán

## **7.2 Caracterización de la población de *Zoogoneticus tequila* en el estanque del Jardín Botánico Nicolaita de la UMSNH.**

### **7.2.1 Objetivos**

Determinar la estructura poblacional de *Z. tequila* en el estanque rústico.

Caracterizar la carga parasitaria y la dieta de *Z. tequila* en el estanque rústico.

### **7.2.2 Métodos**

Se realizaron dos muestreos, uno en temporada de secas y otro en lluvias. El arte de pesca utilizada es la trampa tipo nasa, las cuales son de aluminio, con abertura de malla de 2 mm, orificio de entrada de 22 mm de diámetro, 190 mm de diámetro central, 120 mm de diámetro externo y 419 mm de largo. En total se colocaron 10 trampas que cubrían todas las zonas del estanque.

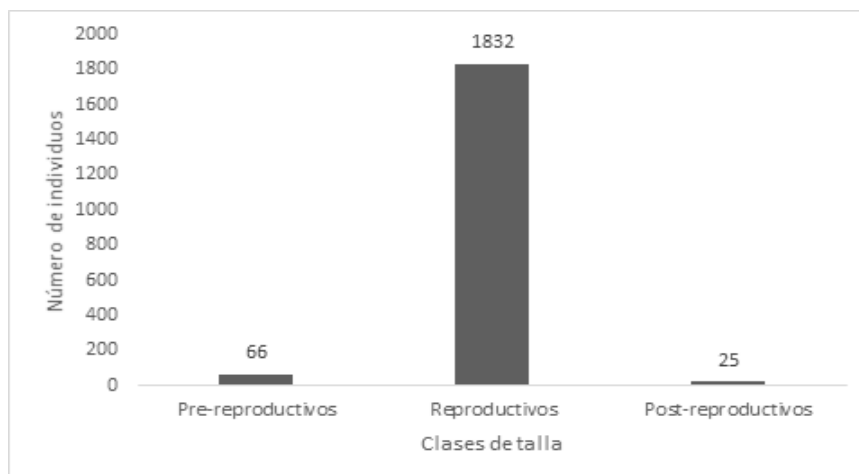
Para determinar la composición por talla se agrupó a la población en tres clases: pre-reproductivos, reproductivos y post-reproductivos. Se utilizó como estimador biológico de madurez sexual la observación de aparición de la mancha de gravidez, que en el caso de los peces vivíparos es observable y es un método no invasivo.

Para determinar la proporción sexual, así como la relación entre el peso y la longitud se utilizó estadística básica (mínimo, promedio, máximo, desviación estándar). Para estimar la parasitosis y la dieta de los organismos, se revisaron 20 individuos, 10 hembras y 10 machos de cada clase de talla, cada pez fue meticulosamente revisado en su totalidad, se contabilizó el grado de parasitismo. Con los parásitos registrados se estimó la prevalencia (número de individuos parasitados), abundancia (número de individuos) e intensidad promedio (número de parásitos posible en un pez). En cuanto a la alimentación fueron preservados 62 tractos digestivos, 22 para la talla III (11 machos y 11 hembras), 20 para la talla I y II (10 machos y 10 hembras). Los intestinos fueron revisados al microscopio, se midió el área de los artículos alimenticios observados, se realizaron comparaciones entre las tallas y por sexos. Para determinar la similitud de los artículos alimenticios entre tallas y sexos se empleó el índice de similitud cualitativo de Jaacard y el cuantitativo de Bray-Curtis. Para describir el tipo de estrategia trófica se realizaron los diagramas modificado de Costello (1990). Para la elaboración de este diagrama es necesario

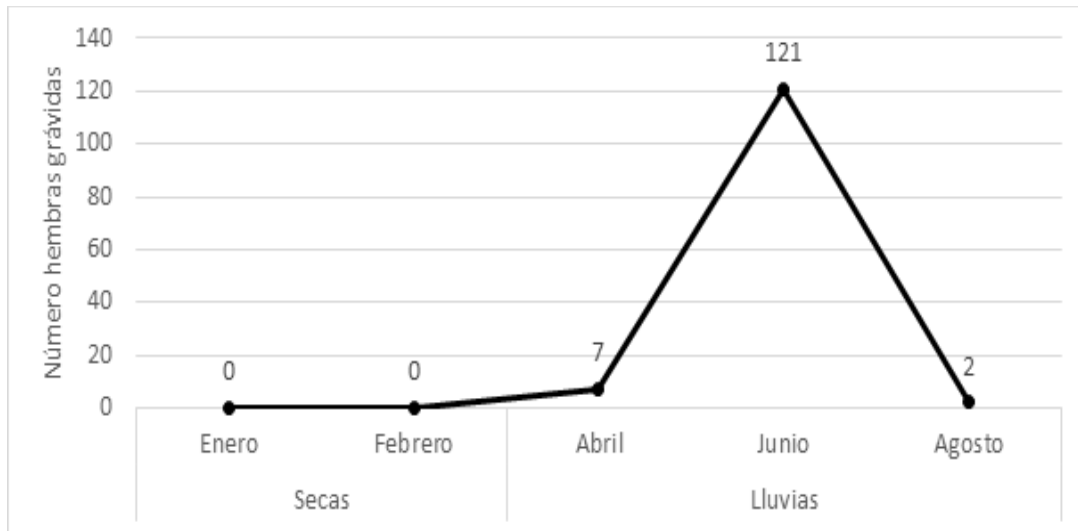
utilizar los valores de porcentaje de frecuencia (%FO), así como porcentaje de área (%PA) de cada artículo alimenticio. La información sobre la importancia de los artículos alimenticios en la dieta de *Z. tequila* fue obtenida a partir de la distribución de puntos a lo largo del diagrama. El eje en diagonal se extiende desde la parte inferior izquierda hacia la superior derecha, representando una medida de importancia de presas en función de su abundancia. El eje vertical representa la estrategia alimenticia del depredador en términos de especialista o generalista, según estén situados los puntos en el diagrama, por ejemplo, la parte superior representa depredadores especializados en alguna presa.

### 7.2.3 Resultados

Se obtuvieron un total de 1923 individuos de los cuales 1467 fueron hembras y 187 estaban grávidas, 456 fueron machos. El modelo de crecimiento estimó que la población tiene alrededor de 12000 individuos utilizando el promedio de captura de las trampas en todos los muestreos, teniendo un crecimiento exponencial con una tasa de crecimiento de 2.23 (R). La proporción sexual estimada fue de tres hembras por cada macho (3:1). Se obtuvieron tres clases de tallas, donde la “Talla I” van de la talla de nacimiento hasta pre-reproductores), la “Talla II” va de 25.3 a 40.1mm (reproductores) y la “Talla III” va de 40.2 a 56.7 (post-reproductores), siendo la talla dos la más abundante (Fig. 7.2). La mayor cantidad de hembras grávidas registradas fue en el mes de junio (Fig. 7.3).



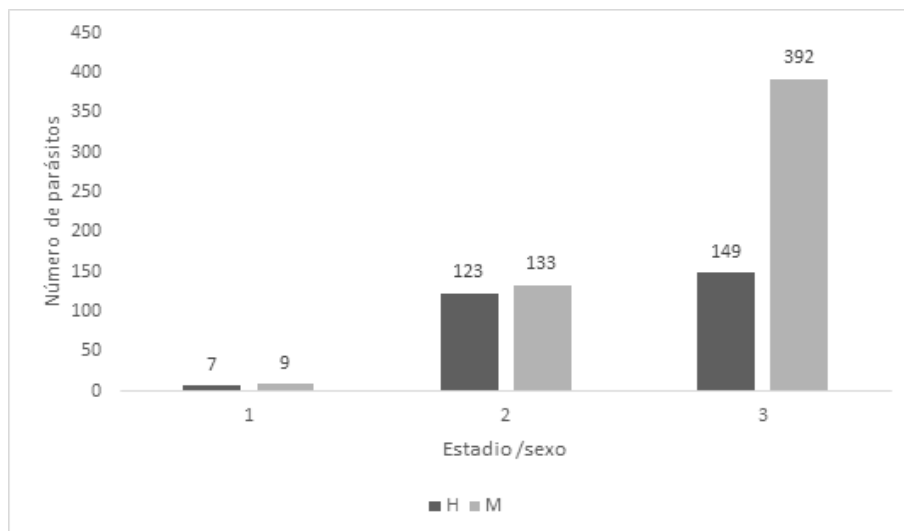
**Figura 7.2.** Clases de tallas de la población de *Z. tequila* en el estanque rústico.



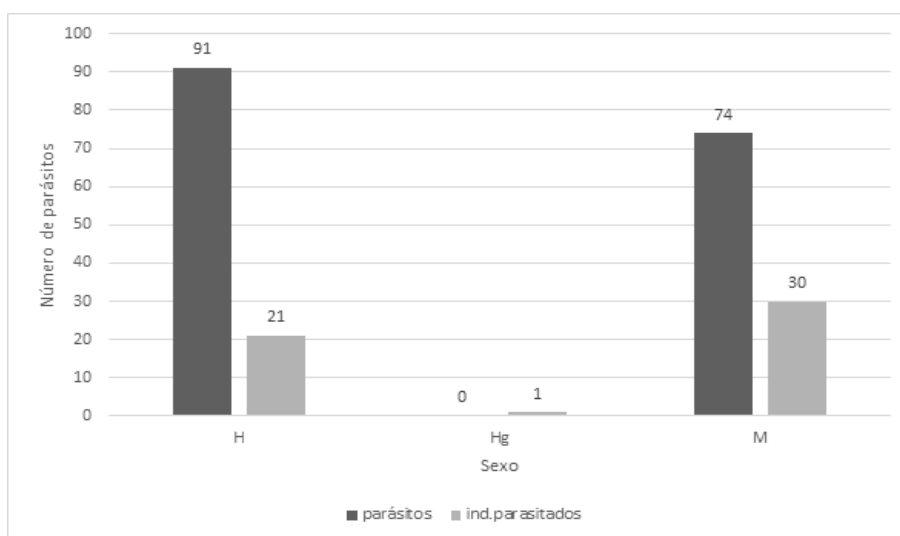
**Figura 7.3.** Número de hembras grávidas por meses de colecta en el estanque rústico

### Parásitos

En cuanto a los parásitos presentes en el estanque rústico se obtuvieron dos tipos de parásitos, el crustáceo ectoparásito *Lernaea cyprinacea* y el nemátodo *Spiroxys* sp. En lo que respecta el grado de parasitosis para *Spiroxys* se obtuvo, para la “Talla I”, 16 parásitos, para la “Talla II” 256 parásitos, y para la “Talla III” 541 parásitos (Fig. 7.4), siendo significativamente diferente el número de parásitos por talla (ANOVA  $F_{(2)}=23.1958$ ;  $p<0.001$ ). La prueba de Tukey arrojó que la incidencia parasitaria no es independiente a la clase de talla, donde las tallas mayores presentan la mayor cantidad de parásitos. En cuanto a los sexos sólo la “Talla III” muestra que la infección es mayor para los machos que para las hembras (Fig. 7.4).



**Figura 7.4.** Número de parásitos presentes en *Z. tequila* en el estanque rústico y su distribución entre sexos y talla.



**Figura 7.5.** Número de parásitos presentes en *Z. tequila* en el estanque rústico y su distribución entre sexos. La H representa hembras, Hg son hembras grávidas y M son machos.

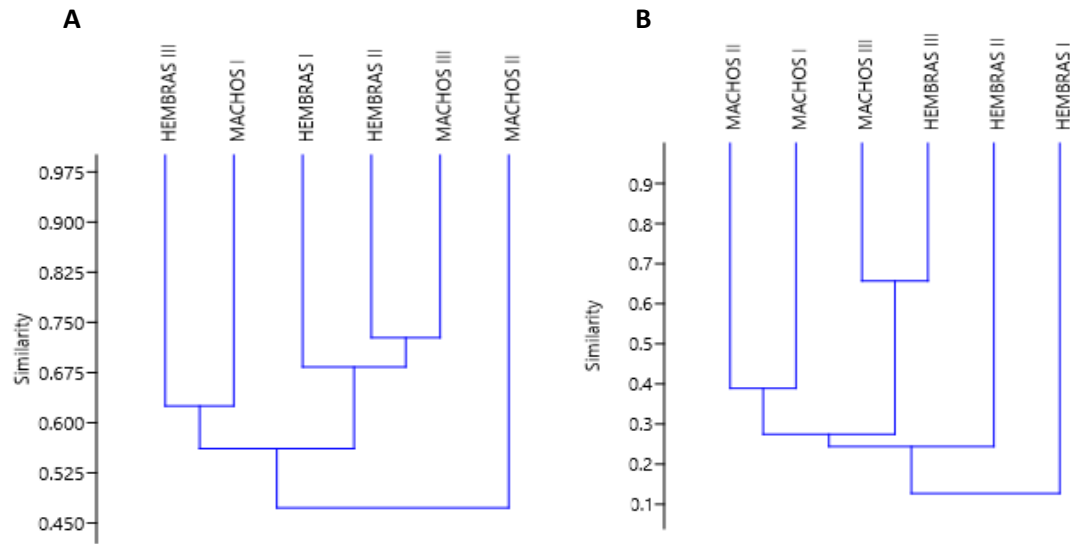
### Dieta

Se determinaron 10 artículos alimenticios de los que hace uso *Z. tequila* (Cuadro 7.1).

**Cuadro 7.1.** Gama trófica de *Z. tequila* del estanque rustico. Se muestra la etiqueta utilizada en el estudio y el artículo o componente trófico al que pertenece

<b>ETIQUETA</b>	<b>SIGNIFICADO</b>
MONI	Materia no identificada
R.V.	Resto vegetal
R.I.	Resto de insecto
R.P.	Resto de pez
A	Arácnidos
SE	Semillas
CH	Chironomido
ZO	Zooplancton
MA	Macro invertebrado

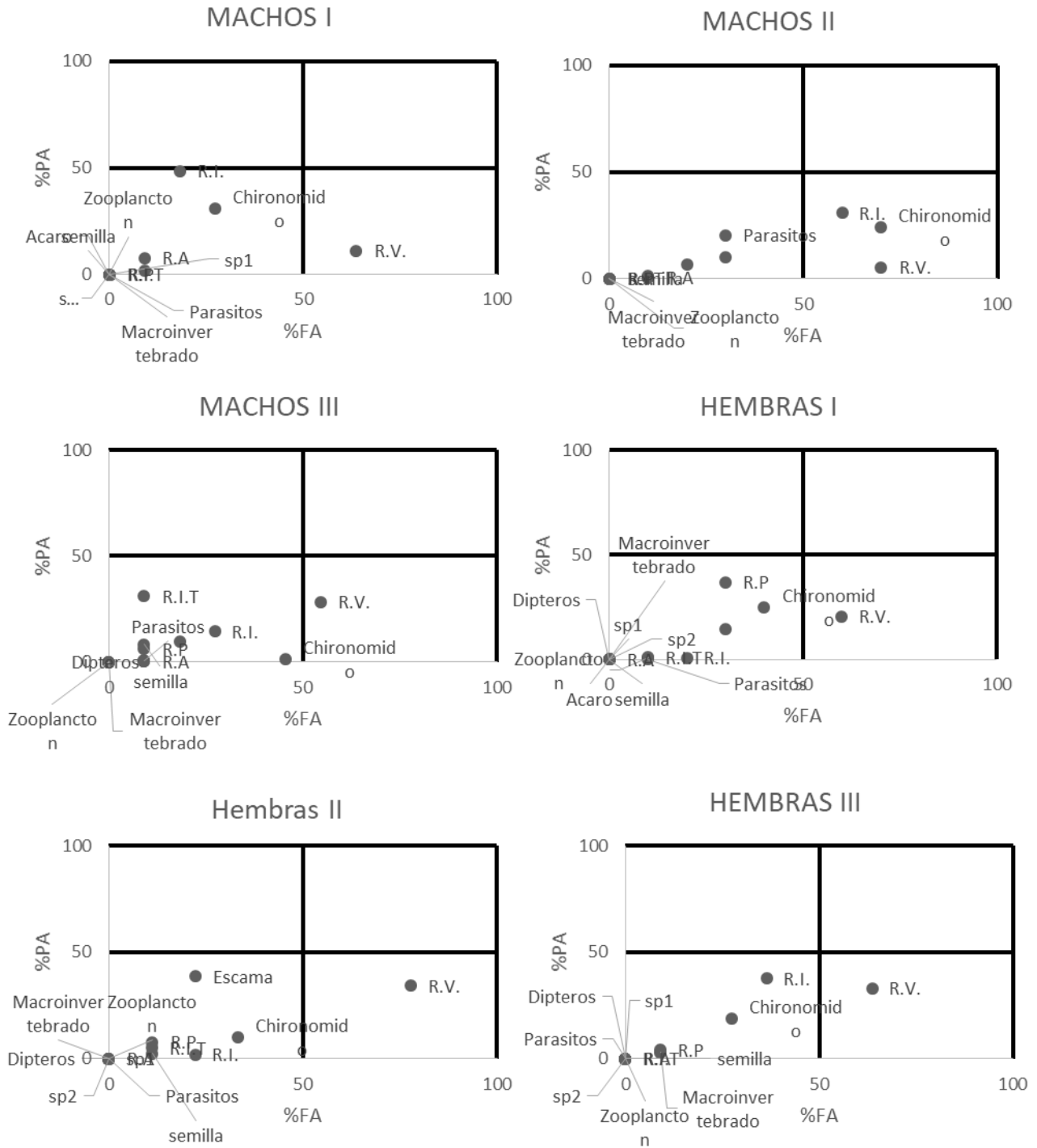
El resultado del índice de Jaccard indica que la dieta es diferente entre sexos y estadios y hay un recambio en la composición entre ellos. La mayor similitud en la composición de la dieta se observó entre los machos y hembras de estadio de desarrollo III, quienes comparten el 70% de los artículos alimenticios (Figura 7.6a). En el caso de la estructura de la dieta tiene una mayor similitud entre estadios y sexos compartiendo al menos el 40% de la estructura de los artículos alimenticios consumidos (Fig. 7.6b).



**Figura 7.6** Dieta de *Z. tequila* en el estanque rústico, por sexo y por estadio de desarrollo. Derecha, índice de Jaccard; izquierda, índice de Bray-Curtis.

En el caso de los diagramas de Costello, que permiten definir los hábitos alimenticios, en el caso de *Z. tequila* en el estanque rústico, los artículos alimenticios están posicionados en la parte inferior del diagrama, lo cual indica que no hay una preferencia por algún artículo alimenticio, por lo que es considerado como depredadores generalistas (Figura 7.7).





**Figura 7.7.** Representación de los diagramas de Costello para *Z. tequila* para cada sexo y estadio de desarrollo en el estanque rustico.

#### **7.2.4 Conclusiones**

En el estanque rustico se encuentran individuos de todas las clases de talla.  
EL mes donde se colectaron la mayor cantidad de hembras grávidas fue en junio.  
La incidencia parasitaria es independiente de las tallas  
Se identificaron ocho artículos alimenticios, más la materia no identificada.  
*Zoogoneticus tequila* es un depredador oportunista.

#### **7.3. Desparasitación**

De acuerdo con los estudios parasicológicos realizados en la población cautiva del estanque rústico del Jardín Botánico Nicolaita presentados en el apartado anterior, fue necesario establecer un tratamiento desparasitante previo a la re-introducción de la especie a los manantiales de Teuchitlán.

##### **7.3.1 Objetivos**

Definir la dosis adecuada de medicamento profiláctico desparasitante para la población de *Z. tequila* del Jardín Botánico Nicolaita.

##### **7.3.2 Métodos**

Una vez aclimatados se procedió a la aplicación de antibióticos de amplio espectro, en el agua, el cual consistió en Eritromicina y Tetraciclina durante 48 horas y se repitió la dosis, tras un cambio parcial de agua, por 48 horas más. Los tratamientos experimentales fueron en los porcentajes indicados en el Cuadro 7.2. Este tratamiento se aplicó en una primera dosis después de aclimatados y después de una semana de recuperación y observación se dio un tratamiento antihelmíntico y de parásitos externos, el cual consistió en Metronidazol durante 48 horas. Tras un cambio parcial de agua se repitieron las dosis por 48 horas más.

En un segundo lote experimental, se realizó un segundo experimento para probar alternativas naturistas y compararlas con el desparasitante comercial. Para esto se empleó Metronidazol en alimento (2.5 g/kg), epazote en el alimento (30mg/Kg), ajo en el alimento (40mg/Kg), desparasitante homeopático (1 gota x 2L), epazote en el

agua (60mg/l), Metronidazol en el agua (20mg/l) y ajo en el agua (20mg/l). Para todos los experimentos se realizaron cuatro replicas y se empleó un control.

Al terminar el tratamiento se dejaron una semana en recuperación y observación.

Se realizaron recuento diferencial de glóbulos blancos y conteo de hemoparásitos, además de la revisión de presencia de ectoparásitos y endoparásitos.

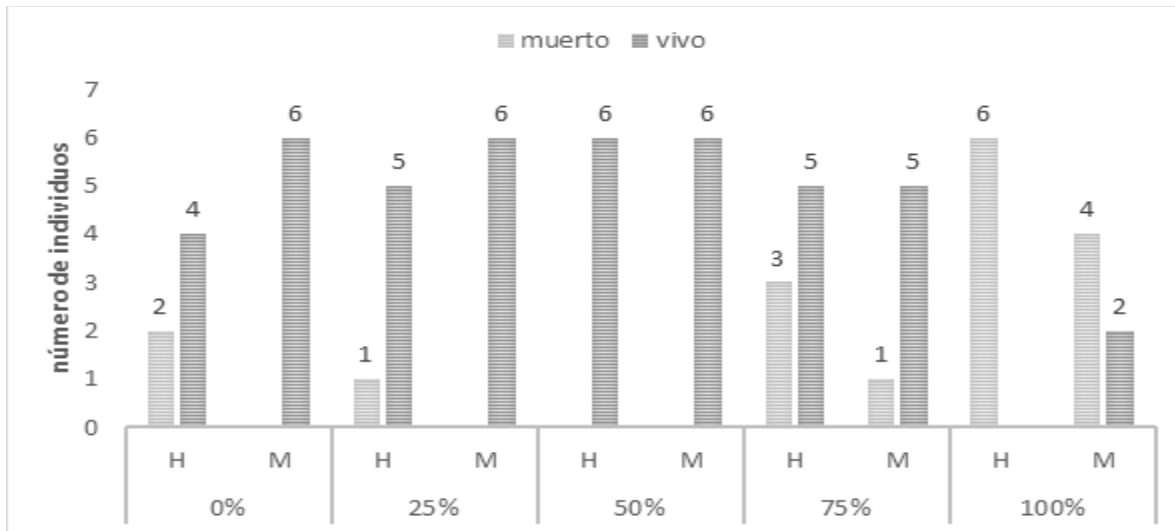
**Cuadro 7.2.** Dosis y tratamientos empleados en los tratamientos de *Z. tequila*.

Desparasitante	Dosis	Gramos
<b>Tetraciclina</b>	control	0g
	25%	0.281 g
	50%	0.562 g
	75%	0.843 g
	100%	1.124 g
<b>Eritromicina</b>	control	0 g
	25%	0.295 g
	50%	0.590 g
	75%	0.885 g
	100%	1.180 g
<b>Metronidazol</b>	control	0 g
	25%	0.292 g
	50%	0.584 g
	75%	0.876 g
	100%	1.168 g

### 7.3.3 Resultados

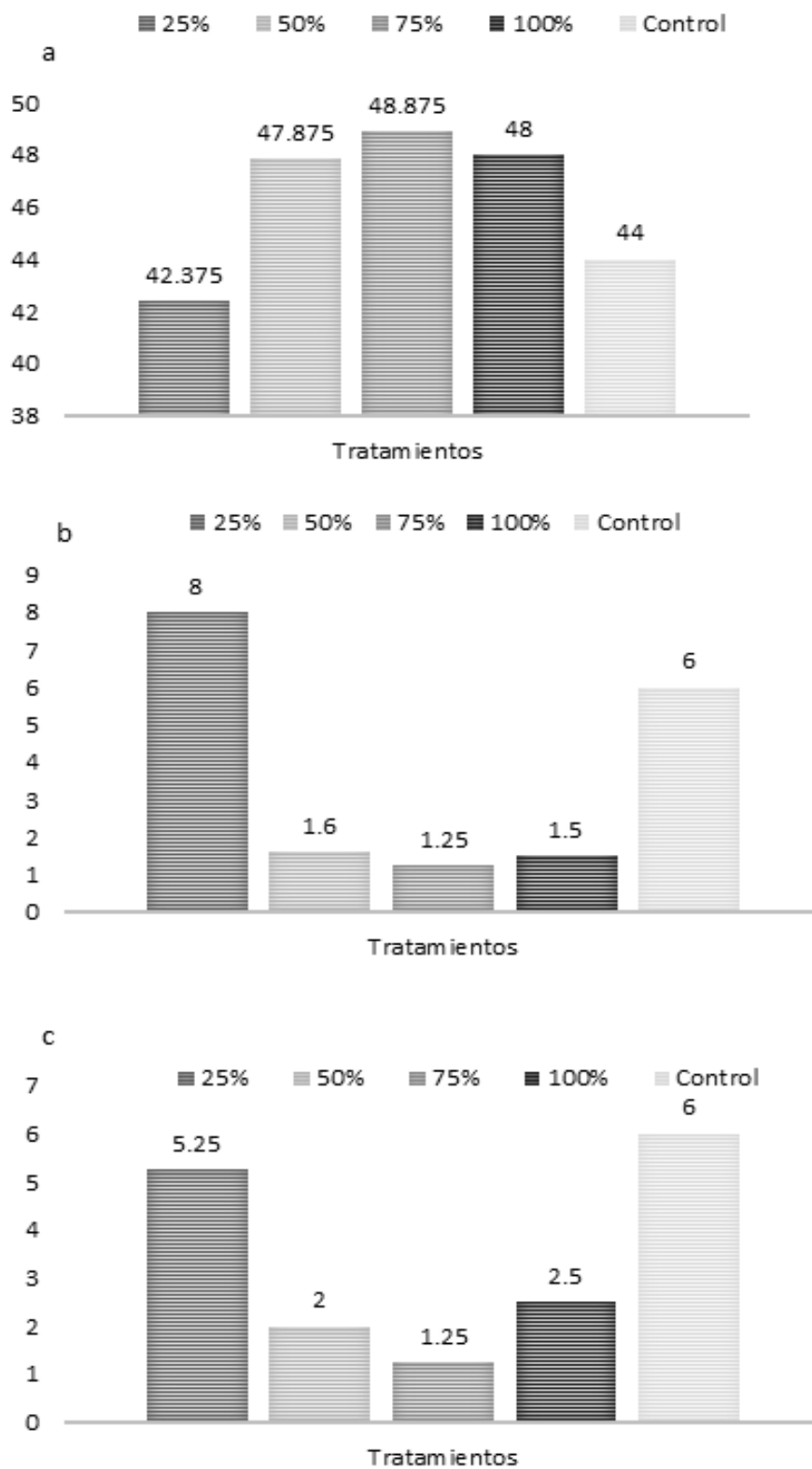
De acuerdo con los experimentos de dosis de medicamento, el tratamiento al 50% fue el que presentó una eficiencia del 100% de viabilidad y desparasitación (Fig. 7.8), para ambos sexos, siendo esta la dosis que fue seleccionada para el tratamiento de *Z. tequila* antes de la reintroducción (tratamiento de medicamento  $\chi^2=30.94$ ,  $df=4$ ,  $p=0.001$ ; sexo  $\chi^2=8.68$   $df=1$ ,  $p=0.99$ ; sexo\*tratamiento de

medicamento  $\chi^2=2.13$ ,  $df=2.13$ ,  $p=0.71$ , el peso como covariable  $\chi^2=0.20$   $df=1$ ,  $p=0.65$ ).

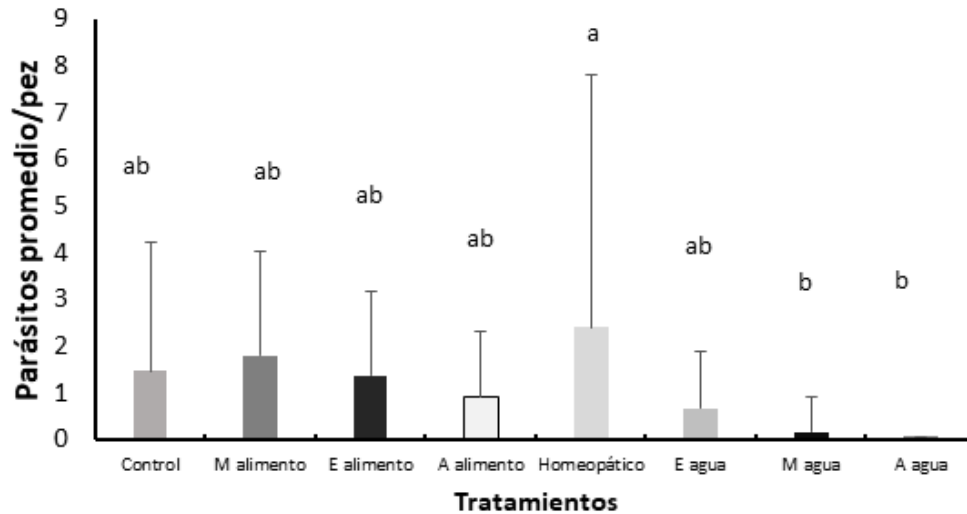


**Figura 7.8.** Número de individuos vivos y muertos que se emplearon en los diferentes tratamientos de medicamento.

Se obtuvieron diferencias significativas en la cantidad de linfocitos y monocitos ( $\chi^2=11.05$ ,  $df=4$ ,  $p=0.02$  y  $\chi^2=11.08$ ,  $df=4$ ,  $p=0.02$ , respectivamente) (Fig. 7.9). No se presentaron diferencias significativas en la cantidad de neutrófilos ( $\chi^2=9.39$ ,  $df=4$ ,  $p=0.052$ ). En el caso de los tratamientos alternativos o naturales se obtuvo un 100% de mortalidad en el ajo disuelto en agua. Mientras que se obtuvo una diferencia significativa en el número de parásitos por pez, siendo el Metronidazol en agua el que presentó la menor cantidad de parásitos ( $F=3.17$ ,  $gl=7$   $p=0.0032$ , Fig. 7.10).



**Figura 7.9** Promedio de a) linfocitos, b) neutrófilos y c) monocitos. De cada una de las dosis de desparasitante.



**Figura 7.10.** Parásitos promedio por pez de los tratamientos alternativos de desparasitación. Las líneas sobre las barras representan el error estándar y las letras representan diferencias significativas.

### 7.3.4 Conclusiones

Las cuarentenas con los tratamientos de 50%, 75% y 100% tuvieron una mejor respuesta de anticuerpos respecto a los antibióticos empleados.

La cuarentena de 25% no presenta diferencias significativas con respecto al control en cuanto a la eficacia del medicamento.

De las 5 cuarentenas de *Zoogoneticus tequila*, fueron las de 100% y 75% quienes reportaron mortandad más alta debido a las dosis de medicamento profiláctico.

El peso de los ejemplares no influye en la mortandad o la efectividad del medicamento profiláctico.

El mejor tratamiento de medicamentos profilácticos para uso en peces autóctonos fue el de la cuarentena 50% (debido a su baja mortandad, alto índice de Linfocitos y bajos índices de Neutrófilos y Monocitos).

## 7.4. Ensayos de interacciones

### 7.4.1 Objetivo

Determinar el efecto de *Pseudoxiphophorus bimaculatus* sobre la respuesta poblacional de *Zoogoneticus tequila* en condiciones controladas.

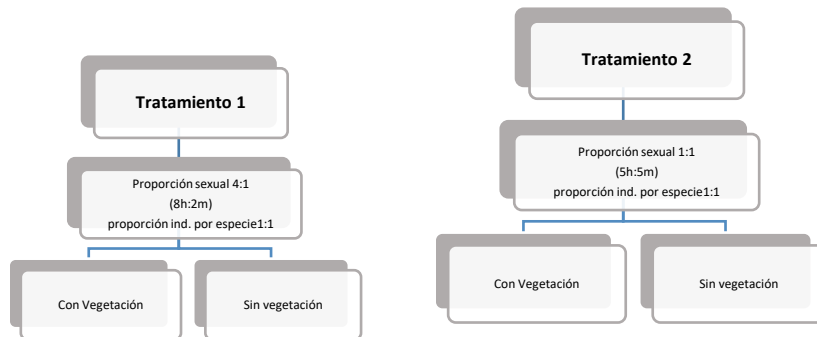
#### 7.4.2 Métodos

Se colectaron individuos de *Z. tequila* del estanque rústico del Jardín Botánico de la UMSNH y los *P. bimaculatus* se colectaron del Río Teuchitlán Jalisco. La colecta de individuos fue por medio de trampas tipo nasas de aluminio de 41cm de largo y 22.5cm de alto, con una abertura cónica de 19.5cm diámetro, y una abertura de malla 0.5cm y un ojo redondo de 2cm de abertura por un lapso de 1 hr. Después de obtener a los individuos se les tomaron las medidas de longitud patrón (LP), ayudándonos de un vernier marca Truper, se pesaron utilizando una balanza analítica, se sexaron y se procedió a marcar con un código único para su identificación por medio de elastómeros (polímero biocompatible luminiscente).

Se realizaron dos experimentos, en el primero se observó el desempeño de las dos especies con diferentes proporciones sexuales donde se analizaron los atributos poblacionales como es natalidad, mortalidad, sobrevivencia y su desempeño al no tener con quien compartir el mismo recurso (Fig. 7.11). El segundo es para determinar la competencia entre *Z. tequila* y *P. bimaculatus*, se observó la conducta que presentó cada especie, por medio de grabaciones en un periodo de 20 min una vez a la semana (Fig. 7.12). En cada tina se tenían un total de 20 peces, respetando la proporción sexual y la composición de especies (Fig. 7.11), de todos los tratamientos se tuvieron cinco réplicas.

Crecimiento poblacional (*Z. tequila* y *P. bimaculatus*)

a)



Crecimiento poblacional + Interacciones *P. bimaculatus* + *Z. tequila*

b)



**Figura 7.11.** Diseños experimentales a) Evaluación del crecimiento poblacional individual de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* y b) Evaluación del crecimiento poblacional de *Z. tequila* en presencia de *P. bimaculatus*.





**Figura 7.12.** a) lotes experimentales en cada una de las tinas. b) tratamiento de vegetación. c) revisión de los tratamientos y el sistema de recirculación.

#### 7.4.3 Resultados

Para determinar la sobrevivencia de los organismos en cada uno de los tratamientos se realizaron curvas de sobrevivencia y se calcularon los parámetros básicos de una tabla de vida. En el caso particular de los controles de *P. bimaculatus* hembras, se observó que en el proceso de establecimiento se presenta una mortalidad cercana al 20% en los tratamientos con vegetación y de un 12 % en los tratamientos sin vegetación. La mortalidad se incrementa alrededor de un 31.6% para el día 62 y 30% para el día 93 (Cuadro 7.3, Fig. 7.13). En los tratamientos sin vegetación, la mortalidad se mantiene en un promedio del 16% cada medición. En el caso de los controles con machos de *P. bimaculatus* en los primeros días de establecimiento se presentó una mortalidad de más del 50% de los individuos introducidos. Por otro lado, para las hembras de *P. bimaculatus* la mortalidad fue más marcada para los tratamientos sin vegetación en comparación con los tratamientos con vegetación (Cuadro 7.3, Fig. 7.13).

**Cuadro 7.3.** Tabla de Vida de los diferentes tratamientos de los experimentos de competencia. nx; número de individuos, lx; sobrevivencia, dx; mortalidad, kx; poder generacional.

<i>P. bimaculatus</i> con vegetación y sin vegetación para hembras y machos en una proporción sexual 3:1										
Hembras						Machos				
CON VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	kx	nx	lx	Dx	qx	kx
0	75	1.00	0.20	0.20	0.09	25.00	1.00	0.52	0.52	0.31
31	60	0.80	0.25	0.31	0.16	12.00	0.48	0.28	0.58	0.38
62	41	0.54	0.16	0.29	0.15	5.00	0.20	0.00	0.00	0.00
93	29	0.38	0.38	1.00	0.00	5.00	0.20	0.20	1.00	0.00
SIN VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	Dx	Qx	Kx	Nx	lx	Dx	Qx	Kx
0	75	1.00	0.12	0.12	0.05	25.00	1.00	0.76	0.76	0.62
31	66	0.88	0.13	0.15	0.07	6.00	0.24	0.12	0.50	0.30
62	56	0.74	0.13	0.17	0.08	3.00	0.12	0.04	0.33	0.17
93	46	0.61	0.61	1.00	0.00	2.00	0.08	0.08	1.00	0.00

*Z. tequila* con vegetación y sin vegetación para hembras y machos en una proporción sexual 3:1

Hembras						Machos				
CON VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	Dx	qx	kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	75	1.00	0.00	0.00	0.00	25	1.00	0.04	0.04	0.02
31	75	1.00	0.05	0.05	0.02	24	0.96	0.00	0.00	0.00
62	71	0.95	0.05	0.06	0.03	24	0.96	0.00	0.00	0.00
93	67	0.89	0.89	1.00	0.00	24	0.96	0.96	1.00	0.00
SIN VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	75	1.00	0.04	0.04	0.02	25	1.00	0.04	0.04	0.02
31	72	0.96	0.07	0.07	0.03	24	0.96	0.08	0.08	0.04
62	67	0.89	0.03	0.03	0.01	22	0.88	0.00	0.00	0.00
93	65	0.87	0.87	1.00	0.00	22	0.88	0.88	1.00	0.00

Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* en interacción con una proporción 4:1 con y sin vegetación.

Hembras <i>Z. tequila</i>						Hembras <i>P. bimaculatus</i>				
CON VEGETACIÓN										
Días	nx	Lx	Dx	qx	kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	24	0.32	0.01	0.04	0.02	24	0.96	0.24	0.25	0.12
31	23	0.31	0.09	0.30	0.16	18	0.72	0.20	0.28	0.14
62	16	0.21	0.03	0.13	0.06	13	0.52	0.00	0.00	0.00
93	14	0.19	0.19	1.00	0.00	13	0.52	0.52	1.00	0.00
SIN VEGETACIÓN										
Días	nx	Lx	Dx	qx	kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	16	0.21	0.01	0.06	0.03	16	0.64	0.16	0.25	0.12
31	15	0.20	0.05	0.27	0.13	12	0.48	0.16	0.33	0.18
62	11	0.15	0.08	0.55	0.34	8	0.32	0.00	0.00	0.00
93	5	0.07	0.07	1.00	0.00	8	0.32	0.32	1.00	0.00

Interacción de <i>Z. tequila</i> y <i>P. bimaculatus</i> con proporción 1:1 con vegetación y sin vegetación										
Machos <i>Z. tequila</i>						Machos <i>P. bimaculatus</i>				
CON VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	Kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	6	0.08	0.00	0.00	0.00	6	0.24	0.00	0.00	0.00
31	6	0.08	0.03	0.33	0.18	6	0.24	0.04	0.17	0.08
62	4	0.05	0.00	0.00	0.00	5	0.20	0.00	0.00	0.00
93	4	0.05	0.05	1.00	0.00	5	0.20	0.20	1.00	0.00
SIN VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	Kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	4	0.05	0.01	0.25	0.12	4	0.16	0.04	0.25	0.12
31	3	0.04	0.03	0.67	0.48	3	0.12	0.00	0.00	0.00
62	1	0.01	0.00	0.00	0.00	3	0.12	0.04	0.33	0.18
93	1	0.01	0.01	1.00	0.00	2	0.08	0.08	1.00	0.00

Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* con una proporción 1:1 con vegetación y sin vegetación

Hembras <i>Z. tequila</i>						Hembras <i>P. bimaculatus</i>				
CON VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	kx	Nx	lx	dx	qx	kx
0	15	0.20	0.04	0.20	0.10	15	0.6	0.00	0.00	0.00
31	12	0.16	0.00	0.00	0.00	15	0.6	0.04	0.07	0.03
62	12	0.16	0.00	0.00	0.00	14	0.56	0.00	0.00	0.00
93	12	0.16	0.16	1.00	0.00	14	0.56	0.56	1.00	0.00
SIN VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	kx	Nx	lx	dx	qx	kx
0	10	0.13	0.00	0.00	0.00	10	0.40	0.00	0.00	0.00
31	10	0.13	0.00	0.00	0.00	10	0.40	0.00	0.00	0.00
62	10	0.13	0.03	0.20	0.10	10	0.40	0.00	0.00	0.00
93	8	0.11	0.11	1.00	0.00	10	0.40	0.40	1.00	0.00

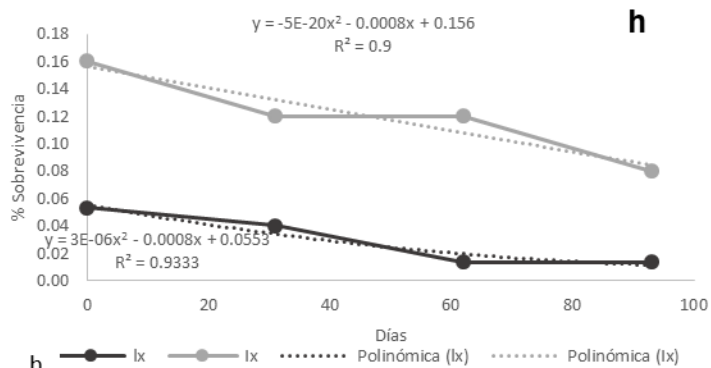
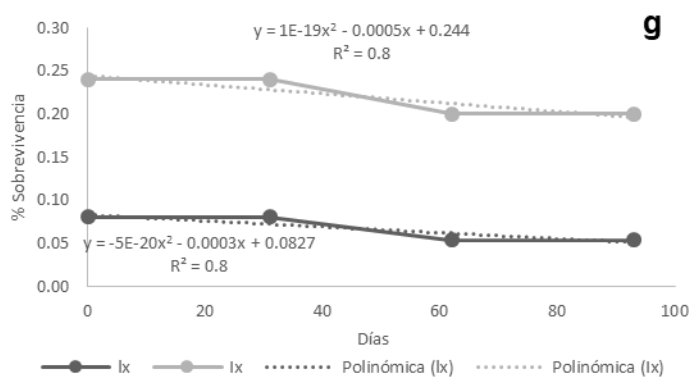
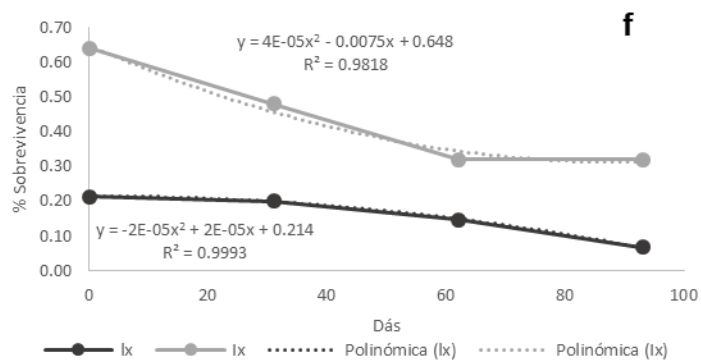
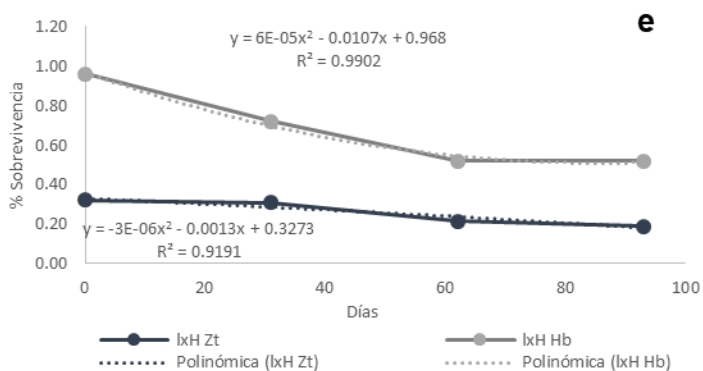
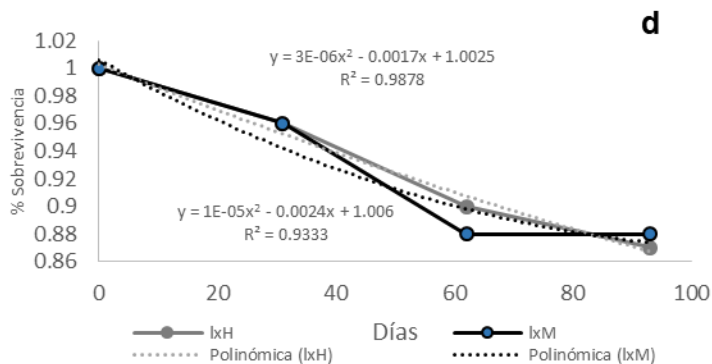
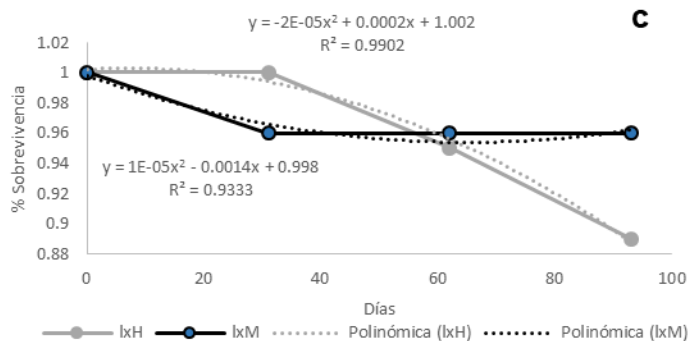
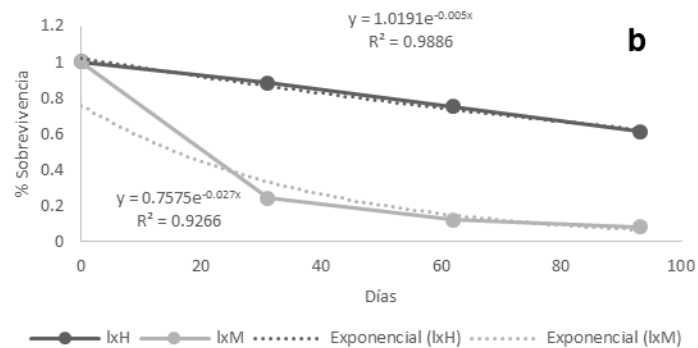
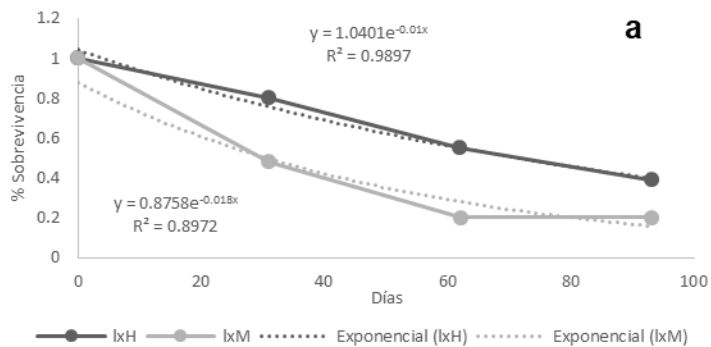
---

Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* con una proporción 1:1 con vegetación y sin vegetación

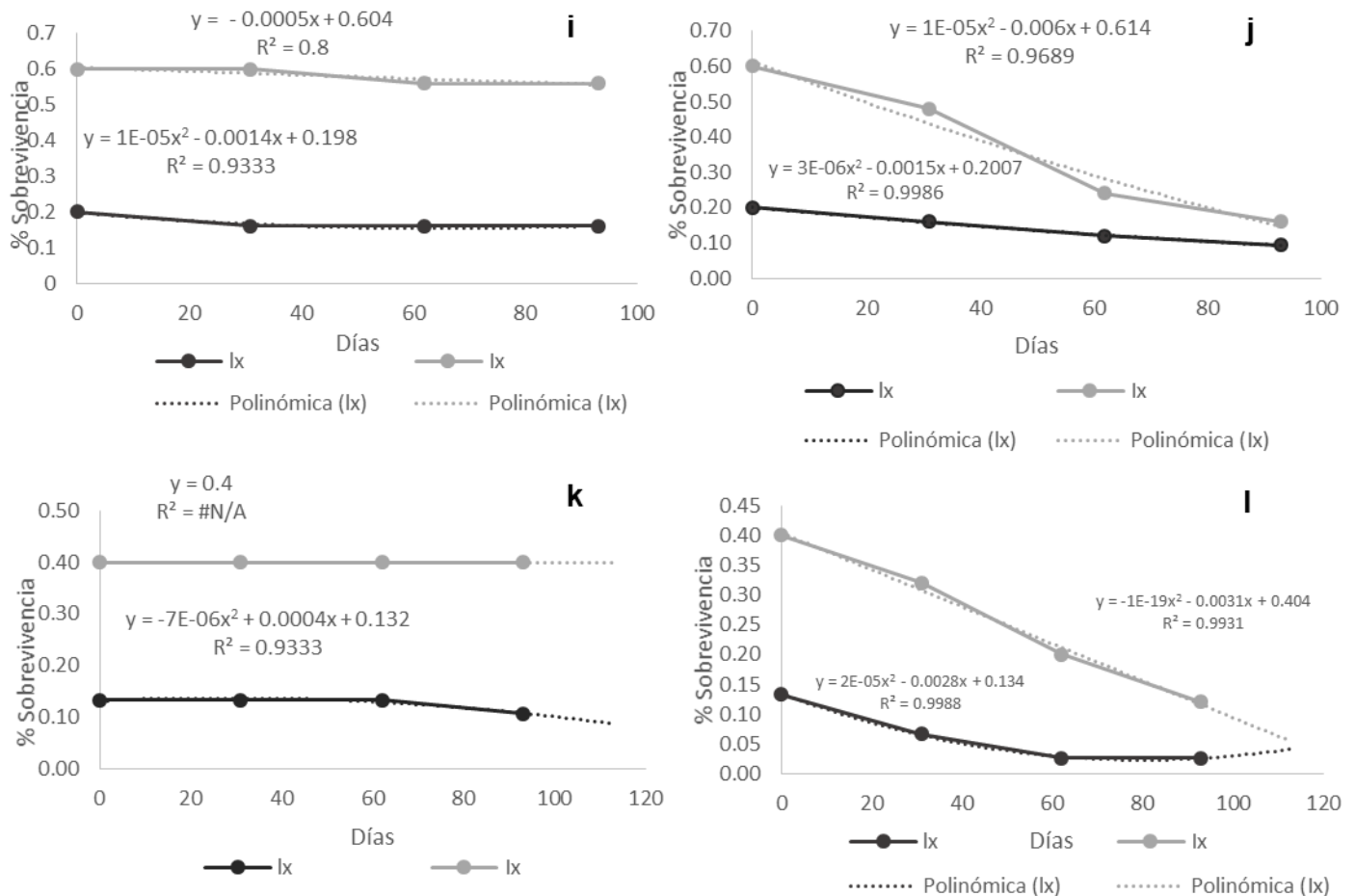
---

Machos <i>Z. tequila</i>						Machos <i>P. bimaculatus</i>				
CON VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	15	0.20	0.04	0.20	0.10	15	0.60	0.12	0.20	0.10
31	12	0.16	0.04	0.25	0.12	12	0.48	0.24	0.50	0.30
62	9	0.12	0.03	0.22	0.11	6	0.24	0.08	0.33	0.18
93	7	0.09	0.09	1.00	0.00	4	0.16	0.16	1.00	0.00
SIN VEGETACIÓN										
Días	nx	lx	dx	qx	kx	nx	lx	dx	qx	kx
0	10	0.13	0.07	0.50	0.30	10	0.40	0.08	0.20	0.10
31	5	0.07	0.04	0.60	0.40	8	0.32	0.12	0.38	0.20
62	2	0.03	0.00	0.00	0.00	5	0.20	0.08	0.40	0.22
93	2	0.03	0.03	1.00	0.00	3	0.12	0.12	1.00	0.00

---







**Figura 7.13.** Supervivencia de cada una de las especies por tratamiento a y b) *P. bimaculatus* con vegetación y sin vegetación para hembras y machos en una proporción sexual 3:1. c y d) *Z. tequila* con vegetación y sin vegetación para hembras y machos en una proporción sexual 3:1. e) Hembras en Interacción *Z. tequila* y *P. bimaculatus* en interacción con una proporción 4:1 con vegetación. f) Hembras en Interacción *Z. tequila* y *P. bimaculatus* en interacción con una proporción 4:1 sin vegetación. g) Machos en Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 4:1 con vegetación. h) Machos en Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 4:1 sin vegetación. La línea punteada representa la línea de ajuste. i) Hembras en Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 1:1 con vegetación j) Hembras en Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 1:1 sin vegetación. k) Machos en Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 1:1 con vegetación. l) Machos en Interacción de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 1:1 sin vegetación.

Durante el proceso de establecimiento para hembras de *Z. tequila* para los tratamientos con vegetación no se registró ninguna muerte, mientras que en los tratamientos sin vegetación la mortalidad fue de 4 %. Este patrón se mantuvo a lo largo del experimento, sin embargo, después de los 31 días la mortalidad se mantiene con un 6% para el día 62 y 1% para el día 93 (Cuadro 7.3, Fig. 7.13). En los tratamientos sin vegetación, la mortalidad es del 3% para el día 62 y 1% para el día 93. En el caso del experimento con machos de *Z. tequila* los primeros días de establecimiento se observa una mortalidad del 4% en los tratamientos con vegetación, la mortalidad se mantiene de 0% para el día 62 y 1% para el día 93. En los tratamientos sin vegetación la mortalidad es de un 8% para el día 31 y 0% para los días 62 y 93. Por otro lado, a diferencia de los machos, las hembras de *Z. tequila* presentaron mayor mortalidad y fue más marcada para los tratamientos sin vegetación en comparación con los tratamientos con vegetación (Cuadro 7.3, Fig. 7.13).

En el tratamiento de interacción de las hembras de *P. bimaculatus* y *Z. tequila* en proporción de 4:1, el proceso de establecimiento en los tratamientos registró una mortalidad cercana al 25% para hembras de *P. bimaculatus* y 4% para hembras de *Z. tequila* en los tratamientos con vegetación, siendo del 25% para el día 31 y 33% para el día 62 y 93 para *P. bimaculatus* en los tratamientos sin vegetación, mientras que para *Z. tequila* fue del 5% a los 31 días y 27% y 55% para el día 62 y 93 respectivamente. La mortalidad fue mayor en las hembras de *P. bimaculatus* en el tratamiento con vegetación (Cuadro 7.3, Fig. 7.13).

En la interacción de los machos de *P. bimaculatus* y *Z. tequila* en proporción de 4:1, registro una mortalidad de 17% para machos de *P. bimaculatus* y 33% después del día 31 para machos de *Z. tequila* en los tratamientos con vegetación. En el tratamiento sin vegetación la mortalidad es de 33% para *P. bimaculatus* después del día 62 y para *Z. tequila* la mortalidad es de 67% para los machos en el tratamiento sin vegetación después de los 31 días (Cuadro 7.3, Fig. 7.13). La mayor mortalidad de machos se registra para la especie *Z. tequila* en los tratamientos sin vegetación.

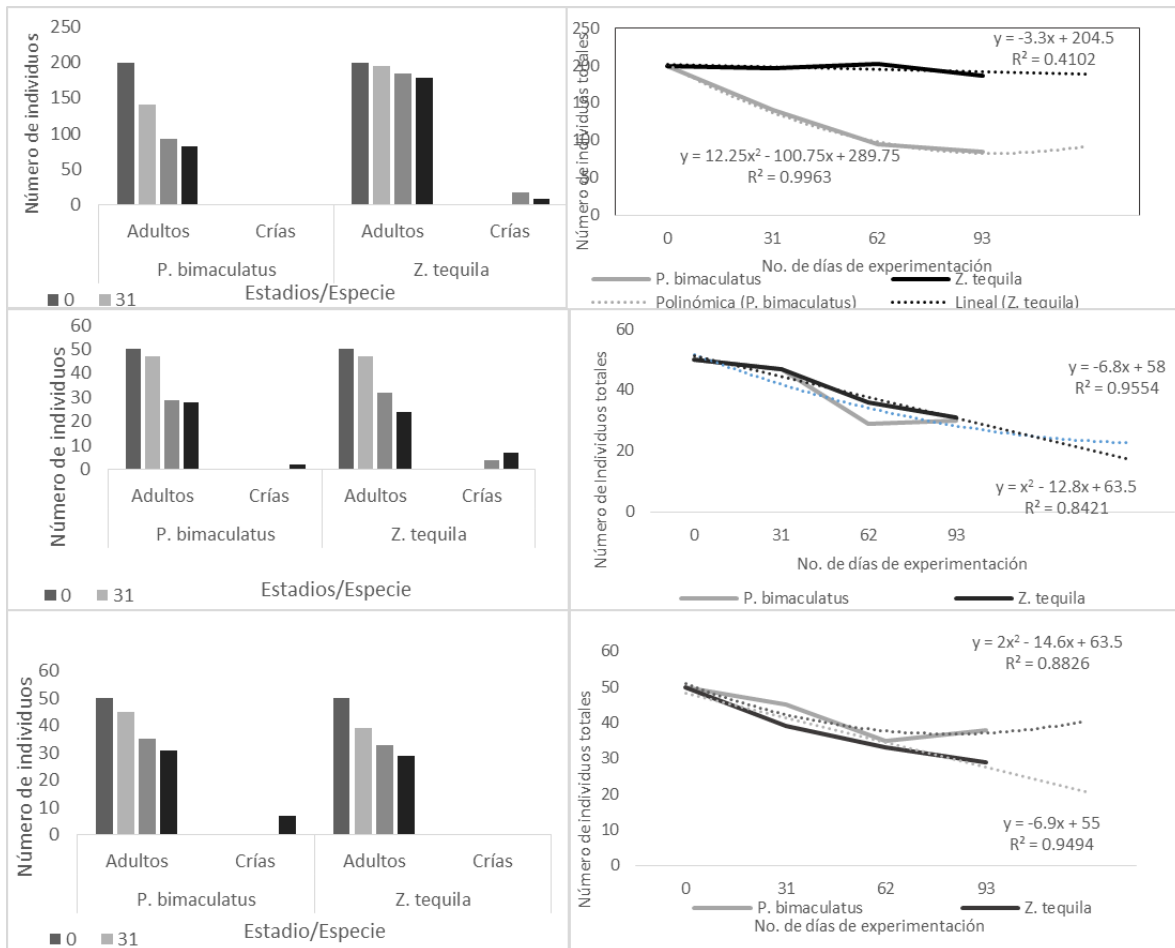
En la interacción de 1:1 en hembras de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* el establecimiento no ocasionó ninguna mortalidad en los tratamientos con vegetación para *P. bimaculatus*, mientras que fue de un 20% para *Z. tequila*. Después de los 31 días de experimento la mortalidad fue de 7% para *P. bimaculatus*, mientras que la mortalidad de *Z. tequila* es de 0% para los días 62 y 93 en el tratamiento con vegetación. Para el tratamiento sin vegetación, *P. bimaculatus* presenta una mortalidad nula de hembras, la mortalidad para *Z. tequila* es de 20% para el día 62 dentro del tratamiento sin vegetación, presentando mayor mortalidad *Z. tequila* en ambos tratamientos comparado con *P. bimaculatus* (Cuadro 7.3, Fig. 7.13).

Para el tratamiento de machos en la interacción de 1:1 la mortalidad es de 20%, para los tratamientos con vegetación para ambas especies. Después de los 31 días de experimento la mortalidad fue de un 50%. *Pseudoxiphophorus bimaculatus* para el día 62 la mortalidad es de un 33%, mientras que la mortalidad de *Z. tequila* es de 25% para el día 30, un 22% para el día 62 en el tratamiento con vegetación. Para el tratamiento sin vegetación *P. bimaculatus* presentó una mortalidad de 20% en los primeros días, después del día 31 la mortalidad es de un 38%, para el día 62 la mortalidad es de 40%. En el caso de *Z. tequila* la mortalidad que presenta es de 50% dentro del proceso de establecimiento, después del día 31 la mortalidad es de un 60%, para el tratamiento sin vegetación, presentando la mayor mortalidad *Z. tequila* en el tratamiento sin vegetación (Cuadro 7.3, Fig. 7.13).

El crecimiento poblacional estuvo influenciado por el tiempo, en el tratamiento de 3:1 el número de individuos va disminuyendo conforme van pasando los días. La población de *P. bimaculatus* presentó un número inicial de 200 individuos adultos reproductores, con el paso de los días la sobrevivencia de individuos ha sido para los primeros 31 días de 141 individuos con una mortalidad de 59 individuos, en los siguientes 31 días la mortalidad fue de 47 individuos con una sobrevivencia de 94 adultos y el nacimiento de una cría, al final del experimento la población era de sólo 82 adultos y dos crías. *Zoogoneticus tequila* comenzó el experimento con 200 individuos adultos, durante el proceso a los primeros 31 días presentó una reducción de cinco individuos dejando la población con 195 individuos y el nacimiento de una cría, posteriormente a los 62 días, pese a que hubo la muerte de 16 individuos, la

población presentó un incremento a 198 individuos, con el nacimiento de 18 crías, al final del experimento la sobrevivencia fue de 178 individuos adultos y el nacimiento de nueve crías, la población de *Z. tequila* presentó mayor número de sobrevivencia y mayor número de nacimientos (Fig. 7.14).

**Figura 7.4.3.2.** Número de individuo de arriba) *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 3:1 por Estadios/Especies, en medio) Proporción 4:1 por Estadios/Especies. Abajo) Número



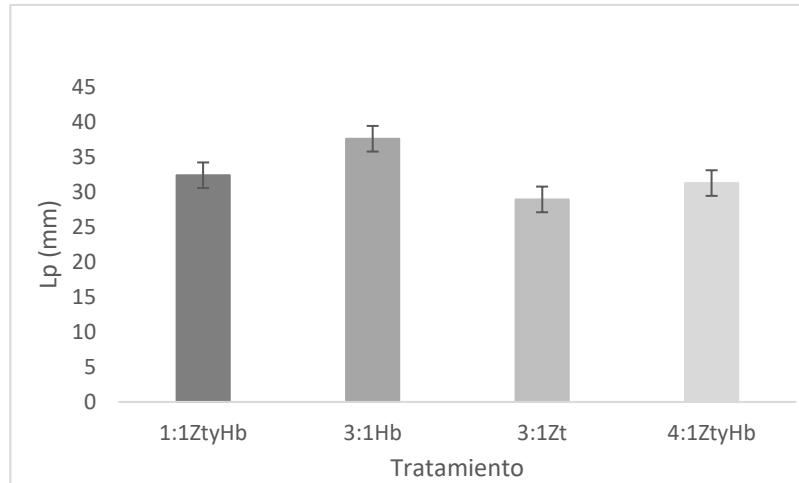
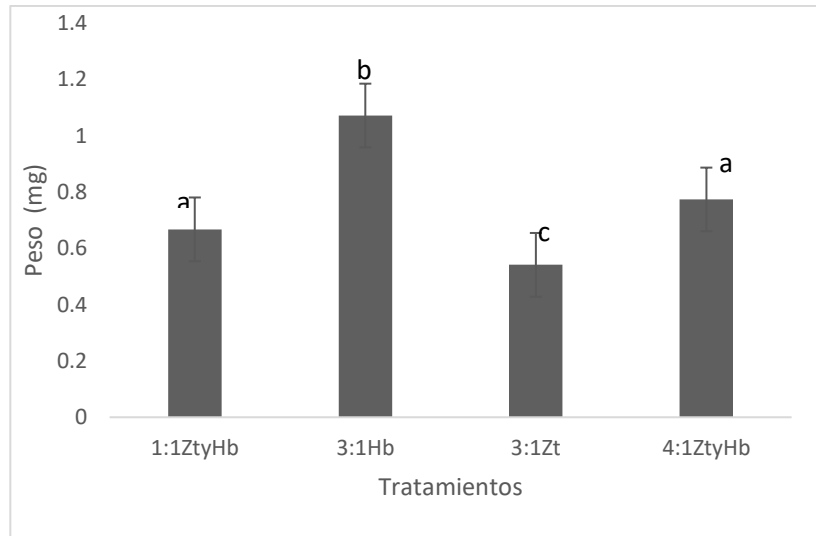
de individuo de *Z. tequila* y *P. bimaculatus* Proporción 1:1 por Estadios/Especies.

Los lotes experimentales de *P. bimaculatus* y *Z. tequila* en una proporción 4:1 comenzó con un total de 50 individuos adultos reproductores, presentando una mortalidad del 16% para ambas especies. Después de los 31 días la población de *P. bimaculatus* se reduce en un 60% y la de *Z. tequila* se reduce en un 32% (Fig. 7.14).

En la interacción de 1:1, el número de individuos va disminuyendo conforme van pasando los días. La población de *P. bimaculatus* comenzó con un total de 50 individuos adultos reproductores, a los 31 días la población disminuyó a 45 individuos dentro de los primeros 31 días del experimento. Posteriormente para el día 62 sobrevivían 35 individuos adultos con la muerte de 10 individuos, y para el día 93 se registraron 31 adultos y el nacimiento de siete crías. *Zoogoneticus tequila* comenzó con 50 individuos adultos reproductores, a los 31 días murieron 11 individuos, disminuyendo la población a 39 individuos, a 62 días la población era de 33 individuos adultos con la muerte de 3 individuos, al final del experimento la población fue de 29 adultos con la muerte de 4 individuos, en este experimento no se registraron crías de *Z. tequila* (Fig. 7.14).

Para comparar el incremento en peso y longitud patrón se realizó una ANOVA de medidas repetidas. Se presentaron diferencias significativas en el peso de los peces en cada uno de los tratamientos. El tratamiento que incrementó significativamente más su peso fue el de 3:1 *P. bimaculatus*, seguido de los tratamientos de interacción y por último el de *Z. tequila* sólo ( $F_{3,2400}=90.65$   $p<0.001$ , Fig. 7.15a). En el caso de la longitud patrón el tratamiento 3:1 de *P. bimaculatus* fue el que más incrementó y el tratamiento que menos incremento de longitud patrón fue el de *Z. tequila* sólo ( $F_{3,2400}=171.08$   $p<0.001$ , Fig. 7. 15b).

De acuerdo con los resultados aquí planteados, *P. bimaculatus* sin interacción con *Z. tequila* presentó la mayor sobrevivencia y capacidad reproductiva. Para *Z. tequila* otro punto importante es la presencia de vegetación, lo cual permite tener zonas de refugio tanto para las hembras grávidas como para los alevines. En condiciones de interacción, la sobrevivencia de *Z. tequila* se reduce de manera significativa. Los machos de *Z. tequila* fueron más vulnerables que las hembras, algo similar ocurrió con *P. bimaculatus*.



**Figuras 7.14** Incremento de a) peso y b) longitud patrón (lp).

#### 7.4.4 Conclusiones

*Zoogoneticus tequila* se ve beneficiada con la presencia de vegetación incrementando su reproducción y su sobrevivencia.

En el tratamiento de interacción sin vegetación hay un mayor incremento en peso y talla.

*Pseudoxiphophorus bimaculatus* se ve beneficiada con la ausencia de vegetación, para su reproducción

Para *Z. tequila* otro punto importante es la presencia de vegetación, lo cual permite tener zonas de refugio tanto para las hembras grávidas como para los alevines.

## **7.5. Conclusiones generales**

El número de organismos en el estanque rustico del Jardín Botánico Nicolaita es adecuado para iniciar una reintroducción. La especie tiene su pico reproductivo en junio, con nacimientos esporádicos de abril a julio. Esta población presenta algunos parásitos que se requiere eliminar antes de su reintroducción, siendo el tratamiento de metronidazol al 50% el más indicado para obtener una alta sobrevivencia con una eliminación del 100% de los parásitos presentes. *Zoogoneticus tequila* en condiciones de semicautiverio es un depredador oportunista, alimentándose principalmente de materia animal, por lo que no parece competir con las especies presentes en el río Teuchitlán, salvo quizá con *P. bimaculatus* y *Z. purhepechus*. La interacción entre *Z. tequila* y *P. bimaculatus* indica que su interacción no perjudica el crecimiento de *Z. tequila*, pero si su capacidad reproductiva, por lo que se recomienda la erradicación o control de las poblaciones de *P. bimaculatus* antes de la reintroducción de la especie.

## **8. Reintroducción**

### **8.1 Introducción**

Una vez realizada la caracterización limnobiológica del Río Teuchitlán, se han logrado determinar los lugares y los procesos a seguir para la reintroducción de *Z. tequila*. Con todos los estudios físicos, químicos y biológicos previamente presentados en el presente reporte, se ha logrado identificar a los sitios de manantiales en la cabecera del Río Teuchitlán (S1 y S2 en cuadro 3.1 y Fig. 3.2) y la porción alta del Río (S3) como los más adecuados para el proceso de reintroducción y repoblamiento de *Zoogoneticus tequila*. Sin embargo, el proceso de reintroducción debe presentar un seguimiento de la población reintroducida, esto con la finalidad de darle seguimiento al proceso de establecimiento de la población reintroducida, además de entender las interacciones que puede desarrollar la especie con su entorno.

## **8.2 Establecimiento de la población de *Zoogoneticus tequila* en un ecosistema cerrado**

### **8.2.1 Objetivos**

Determinar la capacidad de establecimiento de *Z. tequila* en condiciones semicontroladas en el río Teuchitlán.

### **8.2.2 Métodos**

Se introdujeron 40 individuos de *Zoogoneticus tequila* con una proporción de tres hembras por cada macho, en cada uno de los mesocosmos, en un total de cuatro mesocosmos. Los peces fueron colocados en la cabecera del río Teuchitlán, justo entre los sitios 2 y 3, esto para mantenerlos lejos del contacto humano, pero a la vez mantener una vigilancia permanente de los mesocosmos desde las instalaciones del balneario (Figs. 8.1a, b). Cada mesocosmos fue fabricado con tubos de CPVC de ½ pulgada, fueron cortados y pegados para tener un área de 1.20 m<sup>2</sup> y cubiertos con una red de malla sombra con orificios de 1 mm<sup>2</sup>, con lo cual se evitaba la salidas y entradas de peces. Estos fueron colocados en hilera de manera horizontal contra corriente, con 50 cm de separación cada uno para procurar que los cuatro tuvieran las mismas condiciones ambientales al interior del mismo. El experimento comenzó en febrero del 2018 y terminó en julio del 2018. Los organismos iniciales fueron marcados con un patrón único con ayuda de elastómeros. Para mantener una condición más cercana a la natural, no se alimentó a los peces durante el experimento. Se realizaron tres eventos de toma de datos, una en el mes de abril, la segunda en el mes de junio y la última en el mes de julio. En cada medición se obtuvo la longitud patrón, el peso, el número de hembras grávidas y el número de crías. Se obtuvieron algunos parámetros fisicoquímicos, midiéndose semanalmente para cada mesocosmos.

Para evaluar la supervivencia se registraron los organismos vivos y se restaron de los organismos marcados e introducidos en el inicio del experimento, esto fue realizado por sexo y mesocosmos. Además, se contabilizaron las hembras grávidas, los individuos no marcados y los alevines. Para estimar el crecimiento, fueron utilizadas las variables de respuesta longitud patrón y el peso. Al finalizar el



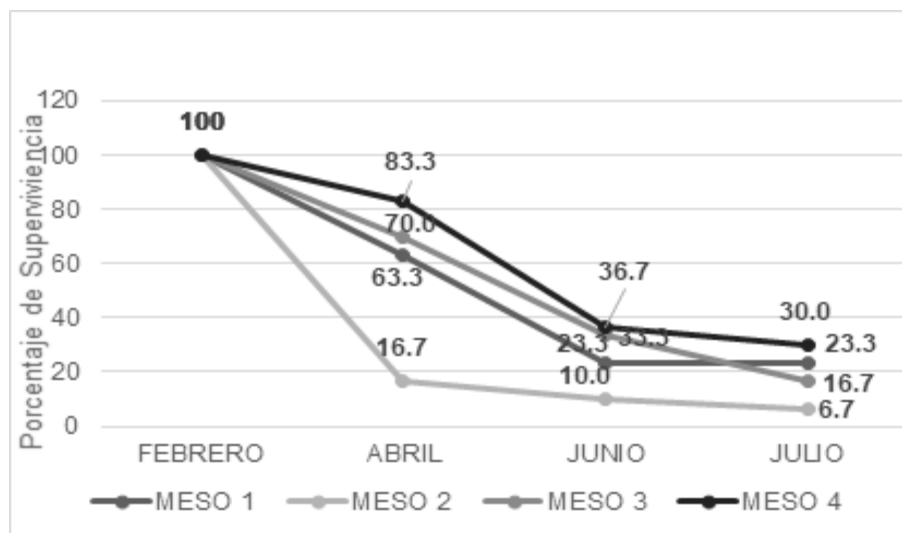
experimento se determinó la dieta y la carga parasitaria con los métodos presentados en el apartado 7.2.2 de este informe.



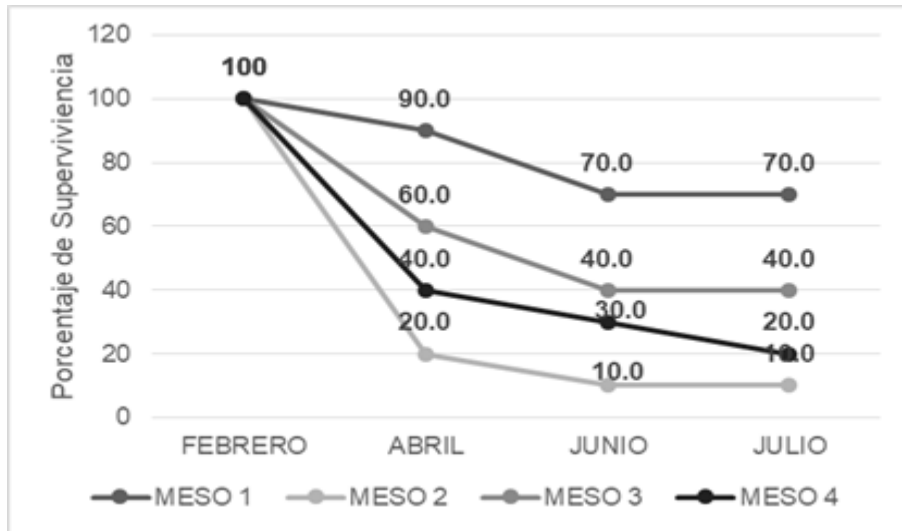
**Figura 8.1.** a) Vista general de los mesocosmos. B) ubicación de los mesocosmos en la parte alta del río Teuchitlán.

### 8.2.3 Resultados

En promedio la mortalidad en hembras al final del proyecto fue de 30% para los cuatro mesocosmos (Fig. 8.2), en los machos la supervivencia fue del 70% (Fig. 8.3).



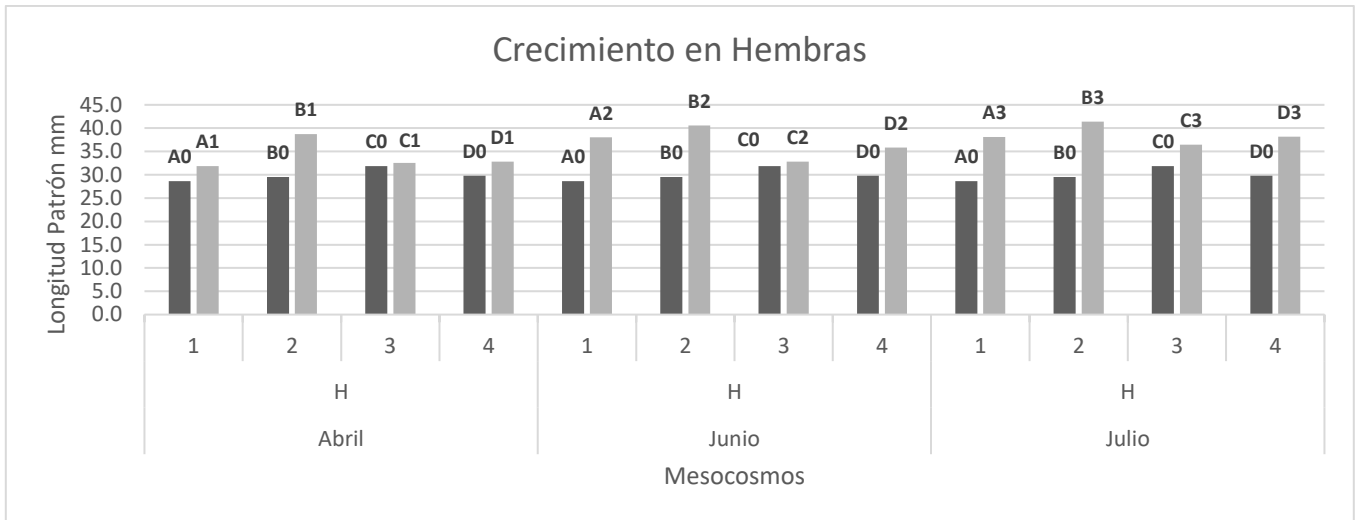
**Figura 8.2.** Supervivencia en cada mesocosmos en las hembras en cada evento de muestreo



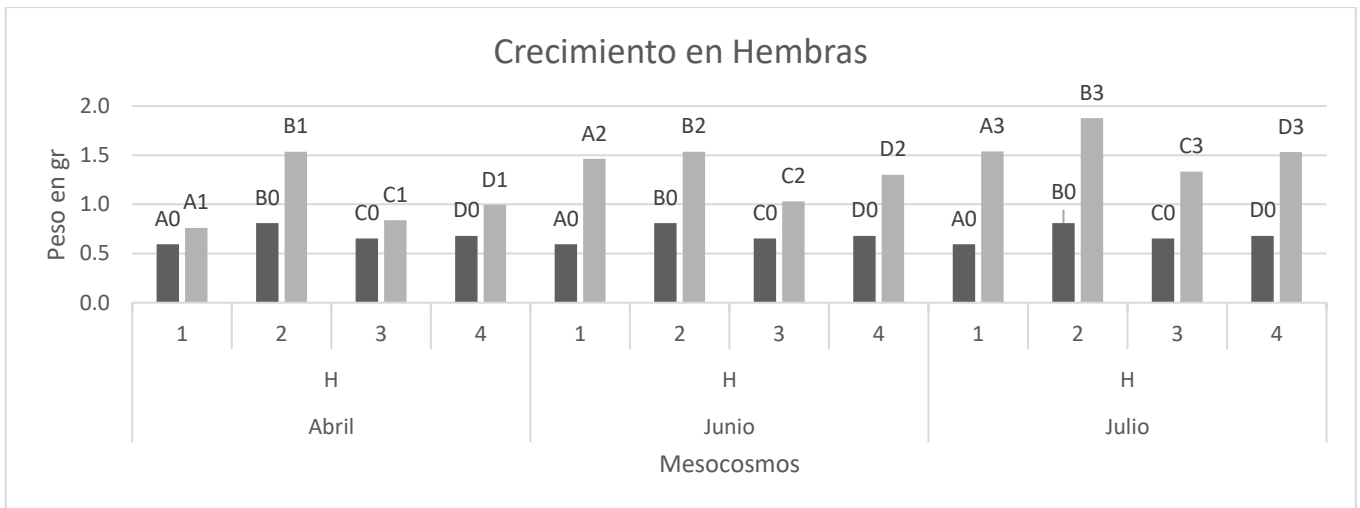
**Figura 8.3** Supervivencia de los machos por mesocosmos en cada evento de muestreo.

### Tasa de crecimiento

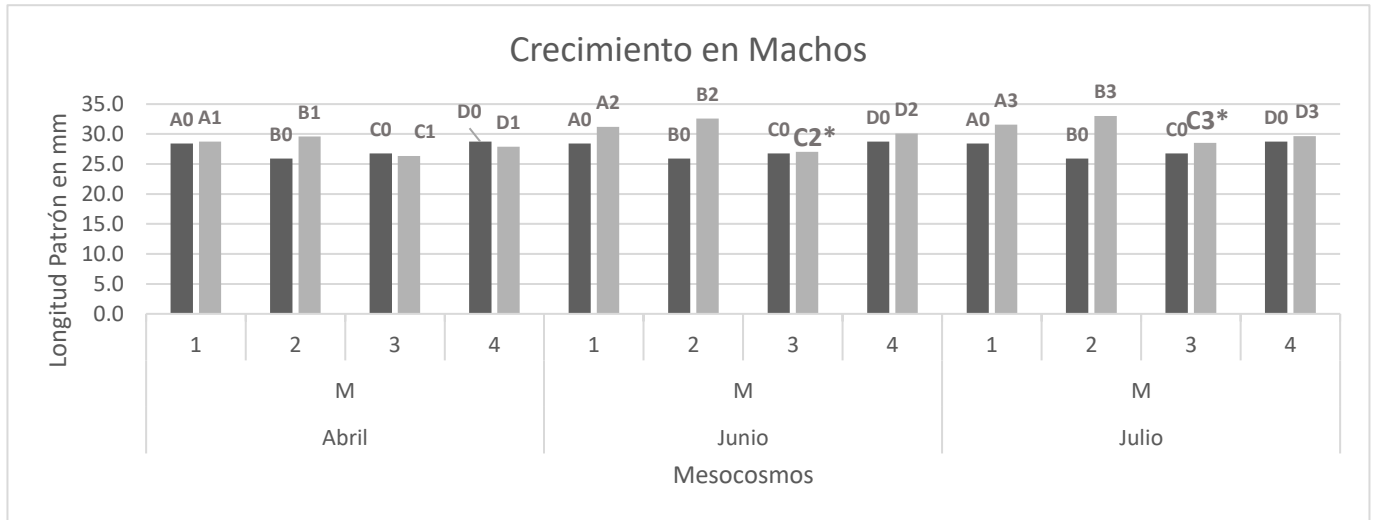
En todos los mesocosmos hubo un incremento de longitud y peso. En las hembras no existe diferencias significativas (Fig. 8.4), en cambio en los machos si hubo diferencias significativas en la medición 2 en el mesocosmos 3 (CL Lower 1.63-Upper 9.5 y una  $p=0.0108$ ) y en la medición 3 en el mesocosmos 3 (CL Lower 1.16-Upper 7.63 y una  $p=0.0132$ ) (Fig. 8.5). En cuanto a los machos, el incremento es proporcional en los cuatro mesocosmos en la longitud patrón (Fig. 8.6), en cambio el peso para la medición 2 es diferente en los mesocosmos 2, 3 y 4 (CL Lower 0.22-Upper 0.81 y una  $p= 0.0035$ ), (CL Lower 0.14-Upper 0.53 y una  $p= 0.0039$ ), (CL Lower 0.016-Upper 0.64 y una  $p= 0.0405$ ) y en la medición 3 los mesocosmos nuevamente 2, 3 y 4 (CL Lower 0.007-Upper 0.627 y una  $p= 0.049$ ), (CL Lower 0.20-Upper 0.85 y una  $p= 0.0049$ ), (CL Lower 0.0007-Upper 0.424 y una  $p= 0.0493$ ) respectivamente (Fig. 8.7)



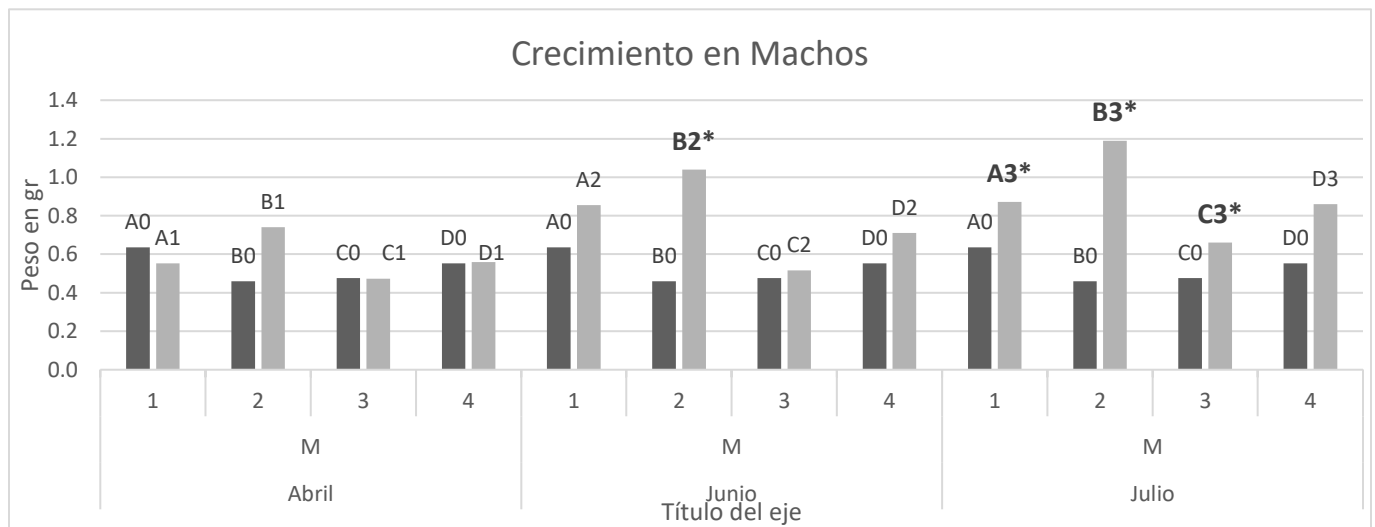
**Figura 8.4.** Longitud inicial vs la longitud de los organismos vivos en cada revisión. Las letras A, B, C y D con número indican la longitud tomada en cada muestreo 0= Inicial, 1=Primer, 2=Segundo y 3=Tercer muestreo.



**Figura 8.5.** Peso inicial vs el peso de los organismos vivos en cada revisión. Las letras A, B, C y D con número indican el peso tomado en cada muestreo, 0= Inicial 1=Primer, 2=Segundo y 3=Tercer muestreo.



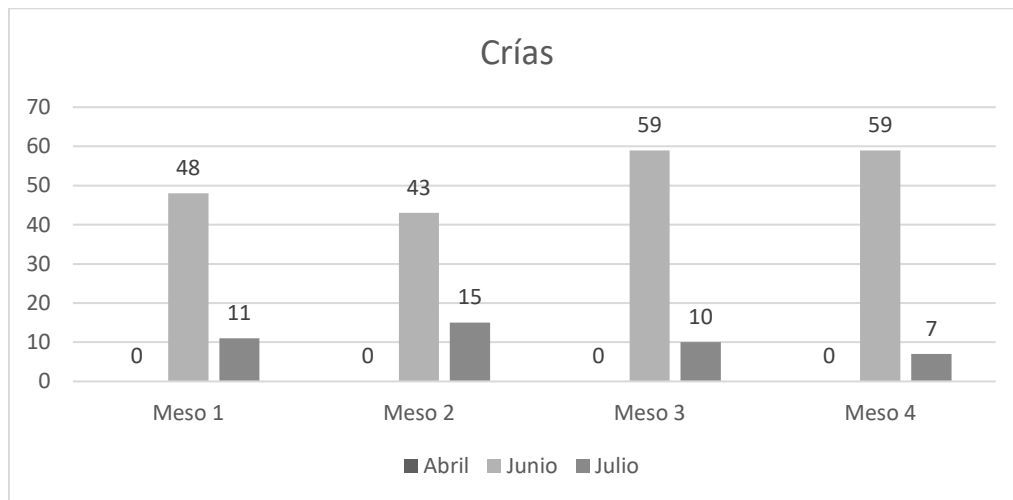
**Figura 8.6.** Longitud inicial vs la longitud de los organismos vivos en cada revisión. Las letras A, B, C y D con número indican la longitud tomada en cada muestreo 0= Inicial, 1=Primer, 2=Segundo y 3=Tercer Muestreo, "\*" significa diferencia significativa con respecto a los demás mesocosmos.



**Figura 8.7.** Peso inicial vs el peso de los organismos vivos en cada revisión. Las letras A, B, C y D con número indican el peso tomado en cada muestreo, 0= Inicial 1=Primer, 2=Segundo y 3=Tercer Muestreo, "\*" significa diferencia significativas con respecto a los demás Mesocosmos.

## Nacimientos

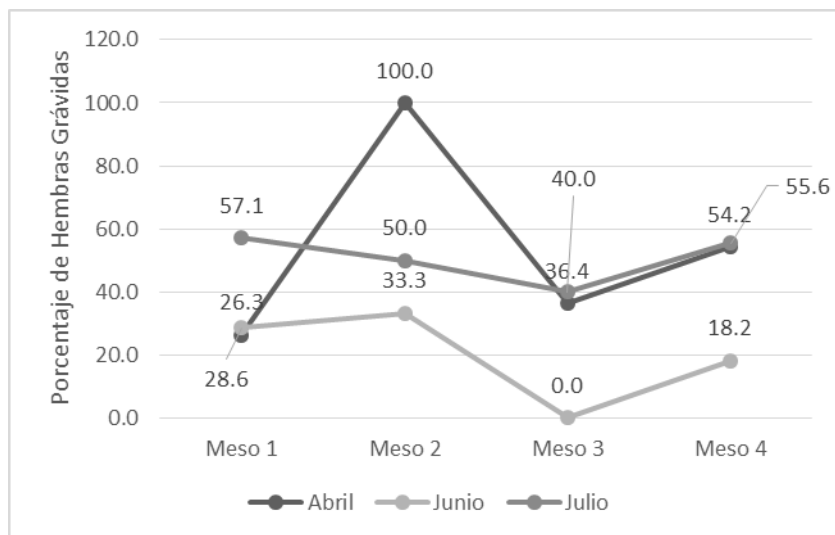
Se registró mayor cantidad de crías en el mes de junio para los cuatro mesocosmos, siendo el 3 y 4 en los que se reportaron la mayor cantidad de crías. A las poblaciones en los mesocosmos les tomó cuatro meses después de ser introducida para poder reproducirse. A lo largo del experimento los cuatro mesocosmos se encontraban estables en cuanto al número de individuos presentes en relación con los individuos que se introdujeron en un inicio (Fig. 8.8).



**Figura 8.8.** Número de crías registradas en cada muestreo

## Hembras grávidas

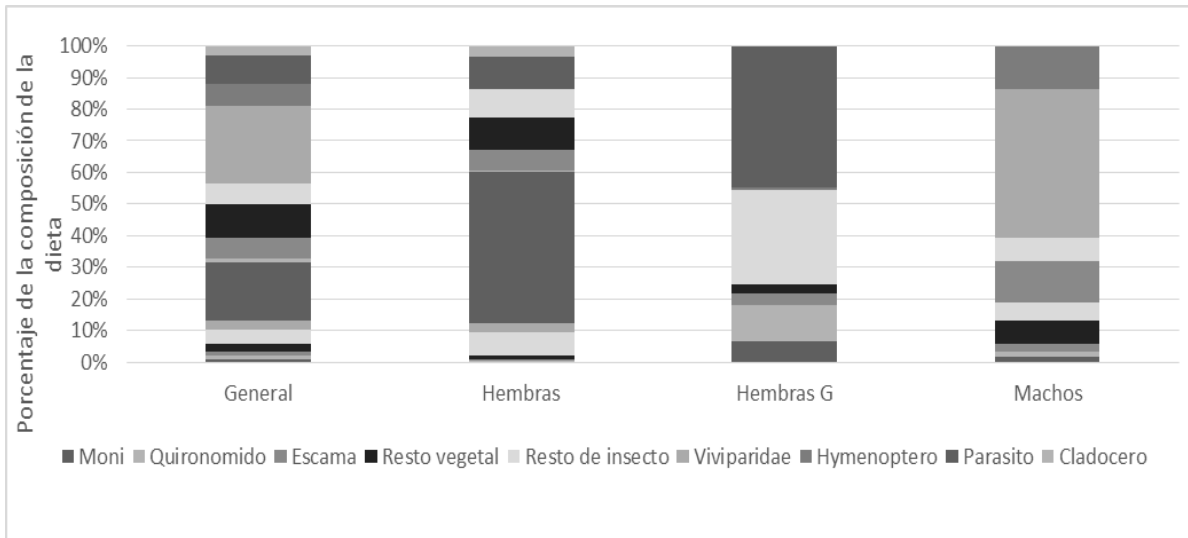
El mayor porcentaje de hembras grávidas registrado fue en el mes de abril, lo que concuerda con el incremento en el número de crías en el mes de junio. Para el mes de junio el número de hembras grávidas fue menor, exceptuando el mesocosmos uno donde el porcentaje se mantuvo igual (Fig. 8.9).



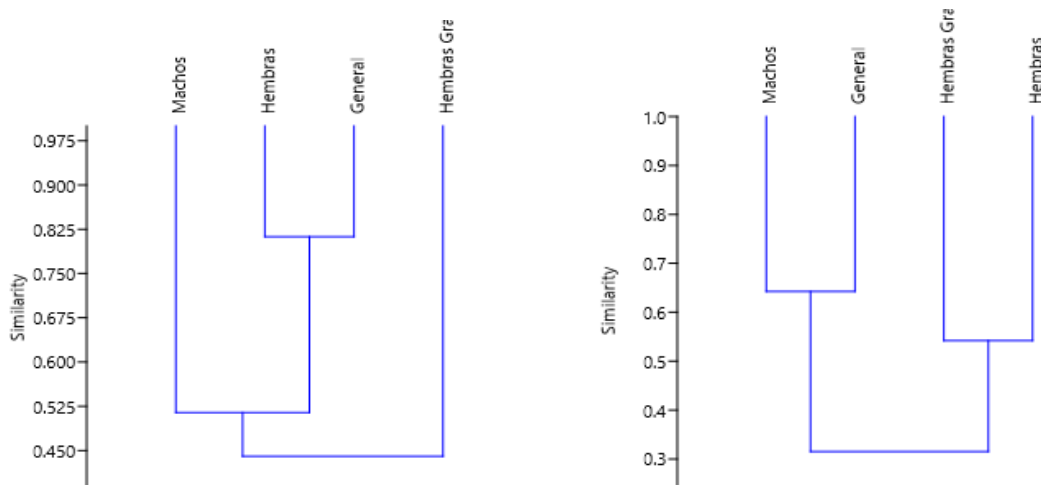
**Figura 8.9.** Porcentaje de Hembras Grávidas en cada muestreo

### Ecología trófica

Después de terminado el experimento, los organismos fueron sacrificados para determinar la dieta. Se identificaron 18 artículos alimenticios, lo que indica que los individuos de *Z. tequila* tiene la capacidad de obtener alimentos locales (Fig. 8.10). Existe una marcada diferencia entre la composición de la dieta de las hembras grávidas, los machos y hembras no grávidas. Esta diferencia se refuerza no sólo en la composición de la dieta, sino en la estructura de la dieta, donde se generan dos grupos, uno para las hembras grávidas y hembras no grávidas con la similitud de la dieta del 55%, mientras que la diferencia en la estructura de la dieta en comparación con los machos presenta una similitud del 30% (Fig. 8.11)

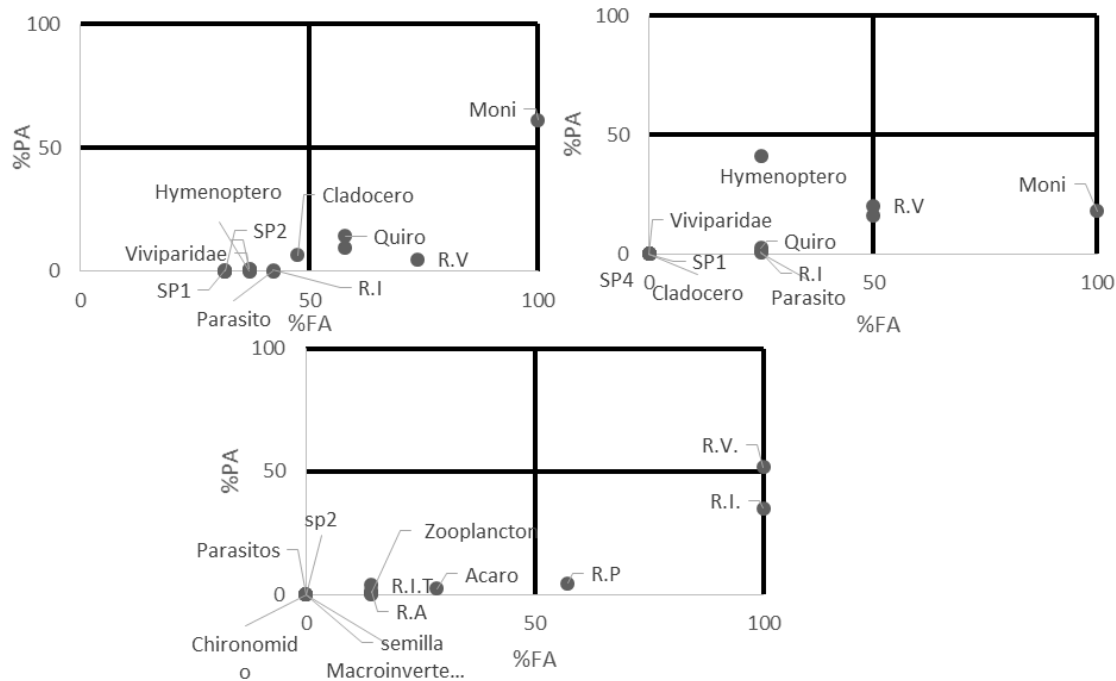


**Figura 8.10.** Composición de la dieta de *Z. tequila* en los mesocosmos, para hembras, hembras grávidas y machos.



**Figura 8.11.** Diagramas de similitud. Izquierda; composición de la dieta empleando el índice de Jaccard y derecha; estructura de la dieta empleando el índice de Bray-Curtis.

De acuerdo con la frecuencia de aparición y el porcentaje de área de los artículos alimenticios para las hembras, hembras grávidas y machos presentado en los diagramas de Costello, describen a *Z. tequila* como una especie generalista y no indican la preferencia por ninguno de los artículos alimenticios determinados (8.12).



**Figura 8.12.** Diagrama de Costello. Parte superior izquierda, hembras; superior derecha, hembras grávidas; inferior, machos.

## Parasitosis

Los individuos no presentaron parásitos.

## 8.2.4 Conclusiones

Los organismos sobrevivientes en cada revisión tuvieron un crecimiento, tanto de longitud patrón como de peso en los cuatro mesocosmos.

La supervivencia de los machos fue mayor en comparación a las hembras

La dieta de *Zoogoneticus tequila* incluyen ocho artículos alimenticios. Son depredadores consumiendo preferentemente materia animal.

*Zoogoneticus tequila* es capaz de adquirir su alimento del río Teuchitlán.

Después de realizado este ensayo de reintroducción en una población cerrada se considera que *Z. tequila* si es capaz de sobrevivir a las condiciones que le provee el río Teuchitlán.



### **8.3 Caracterización de la dieta de *Zoogoneticus tequila* in situ**

De acuerdo con los resultados obtenidos en el desarrollo de este proyecto (calidad del hábitat, zooplancton, perifiton, algas, macroinvertebrados, comunidades de peces, etc.), se determinó que la zona de manantiales, en la cabecera del río, era la más apta para la reintroducción de la especie, esto debido a que es la zona que presenta las mejores condiciones de calidad del hábitat, las poblaciones de especies nativas presentan una mayor abundancia y la disponibilidad de recursos es la adecuada. En esta zona de manantial se encuentra una alberca llamada “el Anillo” donde el manantial surge y abastece al Río Teuchitlán, es aquí donde se inició la reintroducción y se le dio seguimiento al proceso de colonización, previo control de las especies introducidas (ver apartado 6.4.7 de este informe)

#### **8.3.1 Objetivos**

Determinar la biología (alimentación, reproducción y el grado de infección de parasitismo) de *Z. tequila* en el manantial el Rincón.

#### **8.3.2 Métodos**

Todos los peces inicialmente liberados fueron obtenidos de la población establecida en el Jardín Botánico Nicolaita “Melchor Ocampo” de la Facultad de Biología de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo (ver apartado 7.2). Todos los organismos fueron cuidadosamente desparasitados y se comprobó que estos estuvieran libres de parásitos antes de su reintroducción (ver apartado 7.3). Los peces liberados fueron marcados con un identificador individual mediante elastómero. El proceso de liberación y seguimiento se llevó a cabo en dos fases; 1) la primera fue una introducción de 80 organismos en el mes de noviembre de 2016, proceso durante el cual las condiciones del lugar de reintroducción no cambiaron, es decir no existió ninguna intervención de ningún tipo. Posteriormente, en el mes de abril, fueron capturados todos los organismos de *Z. tequila* del sitio y otras especies que se encontraban compartiendo el hábitat de la especie reintroducida. Estos fueron sacrificados, pesados individualmente con una balanza electrónica en gramos (g). Posteriormente se obtuvieron con un calibrador digital

(MITUTOYO SERIE 505-637-50) las medidas de LP (longitud desde la punta del hocico hasta el último elemento óseo del pedúnculo caudal) y fueron registradas en milímetros (mm). Se realizaron análisis de contenido estomacal de todas las especies recolectadas con la finalidad de ver la posibilidad de traslape de dieta. Se identificaron los componentes de la dieta al menor nivel taxonómico posible, empleando la técnica y análisis citado en el apartado 6.4.1.

2) Para el segundo proceso de reintroducción, se realizó el control de las especies exóticas mediante su extracción directa (ver capítulo 6.4.7.3), de tal manera que la comunidad quedó compuesta principalmente de especies nativas. A partir de junio se han introducido 25 parejas al "Anillo" de manera bimestral desde agosto del 2017, hasta julio del 2018.

Para evaluar el proceso de colonización se colectaron de manera bimestral (alternando los periodos de introducción). Se colocaron 10 nasas en la parte superficial de manera aleatoria con cebo de maíz (Bañon 2016), por periodos de una hora empezando a las 4:00 pm hasta obtener 20 individuos (10 machos y 10 hembras). Posteriormente se separaron los peces por trampa en cubetas de 10 L, se registró el número de cada especie obtenida para después ser regresados al manantial. Solo se extrajeron los 20 individuos de *Z. tequila* necesarios para el estudio, los cuales fueron colocados en frascos con formol al 10%, posteriormente se lavaron con agua por una semana para después ser preservados en alcohol al 80%.

En el laboratorio los individuos se midieron con un vernier TRUPER en mm, para obtener su longitud patrón (LP) además de la longitud total (LT), también se hizo la toma del peso en húmedo con una balanza analítica en gr. Se observaron las gónadas y se obtuvo el peso en húmedo, identificando su estadio de madurez de acuerdo a la escala propuesta por Ramírez-Herrejón et al. (2007). La talla de primera madurez se obtuvo a través de la observación macroscópica, se midió la longitud patrón (mm), peso (g), sexo y estadio de madurez gonádica de cada organismo (Salazar-Tinoco et al., 2010).

Se identificaron los componentes de la dieta al menor nivel taxonómico posible, empleando la técnica y análisis citado en el apartado 6.4.1.

Para la obtención y cuantificación de parásitos, a los peces se les extrajo el intestino, hígado y corazón, para ser colocados en cajas Petri con agua limpia. Los órganos como los ojos y las branquias eran removidas y colocadas entre dos cubre objetos para una mejor visualización, por último, todos los órganos eran observados con ayuda de un microscopio estereoscópico.

### 8.3.3 Resultados

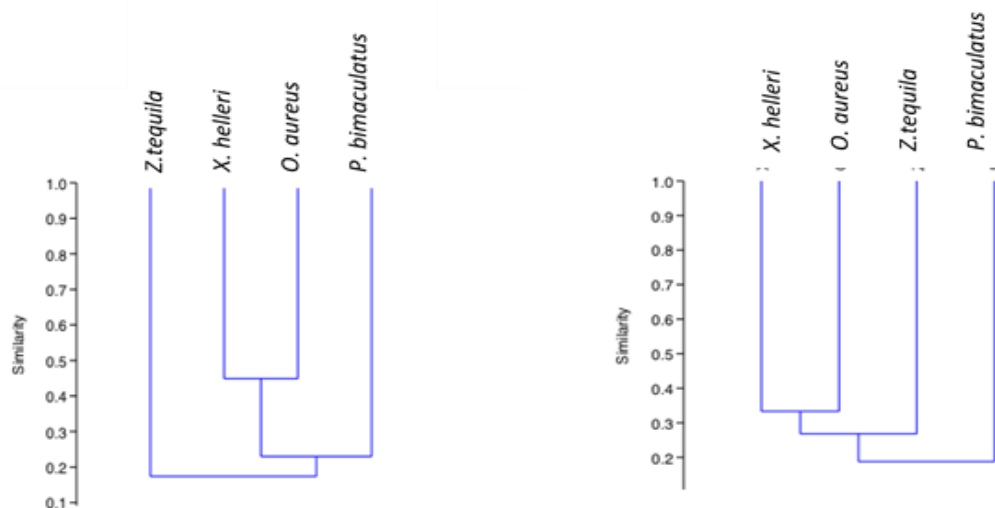
**Primera introducción:** Después de cinco meses de haberse introducido en “El Anillo”, se tomó una muestra de los individuos que se extrajeron y se evaluó la dieta, con la finalidad de: a) evaluar la capacidad de adaptarse a comer los artículos alimenticios presentes en el Anillo. b) Evaluar la posibilidad de competir por los artículos alimenticios con otras especies presentes en el Río Teuchitlán. Se revisaron un total de 345 individuos pertenecientes a cuatro especies, *Oreochromis aureus* (n=22), *Pseudoxiphophorus bimaculatus* (n=225), *Xiphophorus hellerii* (n=35) y *Zoogoneticus tequila* (n=63). Después de revisar la dieta de los individuos, se registraron 13 artículos alimenticios para *P. bimaculatus*, seis para *X. hellerii*, dos artículos para *O. aureus* y tres artículos para *Z. tequila* (Cuadro 8.2). En el caso particular de *P. bimaculatus*, la diversidad verdadera (ver apartado 6.4.1 para los métodos) de los artículos alimenticios encontrados en la dieta señala que son entre tres o cuatro artículos los que representan la dieta, restos de insecto terrestres, restos de peces, arañas y macroinvertebrados. En el resto de las especies son dos los artículos que representan la dieta, en particular para *X. hellerii* y *O. aureus* son principalmente restos vegetales y MONI. En cambio, en el caso de *Z. tequila* la mayor proporción de la dieta son restos de insectos.

**Cuadro 8.2.** Análisis de diversidad de la dieta para cada una de las especies presentes en “El Anillo”.

	<i>Oreochromis aureus</i>	<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i>	<i>Xiphophorus hellerii</i>	<i>Zoogoneticus tequila</i>
Taxa_S	2	13	6	3
Individuals	16	220	52	57
Dominance_D	0.5	0.32	0.43	0.39

Simpson_1-D	0.5	0.68	0.57	0.61
Shannon_H	0.69	1.48	1.01	1.00
Evenness_e^H/S	1	0.34	0.46	0.90
Chao-1	2	23	12	3
Diversidad verdadera	<i>Oreochromis aureus</i>	<i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i>	<i>Xiphophorus hellerii</i>	<i>Zoogoneticus tequila</i>
ORDEN CERO	2	23	12	3
ORDEN UNO	1.99	4.41	2.76	2.72
ORDEN DOS	2	3.11	2.32	2.53

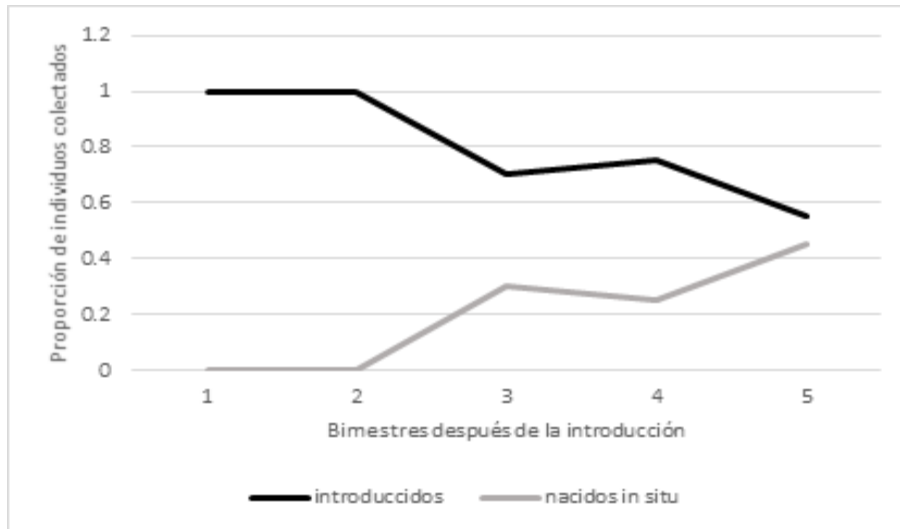
De acuerdo al índice Jaccard: a) La dieta de *P. bimaculatus* comparte artículos alimenticios con *Z. tequila*, pero el nivel de similitud en la composición es del 20%. Adicionalmente, la composición en la dieta con las otras especies dentro del estanque tiene niveles de similitud por debajo del 50% de la composición de la dieta (*X. hellerii* vs *O. aureus* 33%). En cuanto a la estructura en la dieta (Índice de Bray Curtis), la similitud entre las dietas es menor al 33 % entre las especies. De acuerdo con estos resultados se puede establecer que con base a la dieta se espera que exista un nivel bajo de competencia por artículos alimenticios en el Río Teuchitlán (Fig. 8.13).



**Figura 8.13.** Izquierda; Comparación entre la composición de la dieta de los peces presente en el estanque el Anillo. Derecha; Comparación en la estructura de la dieta de los peces presentes en el Anillo.

## Segunda introducción

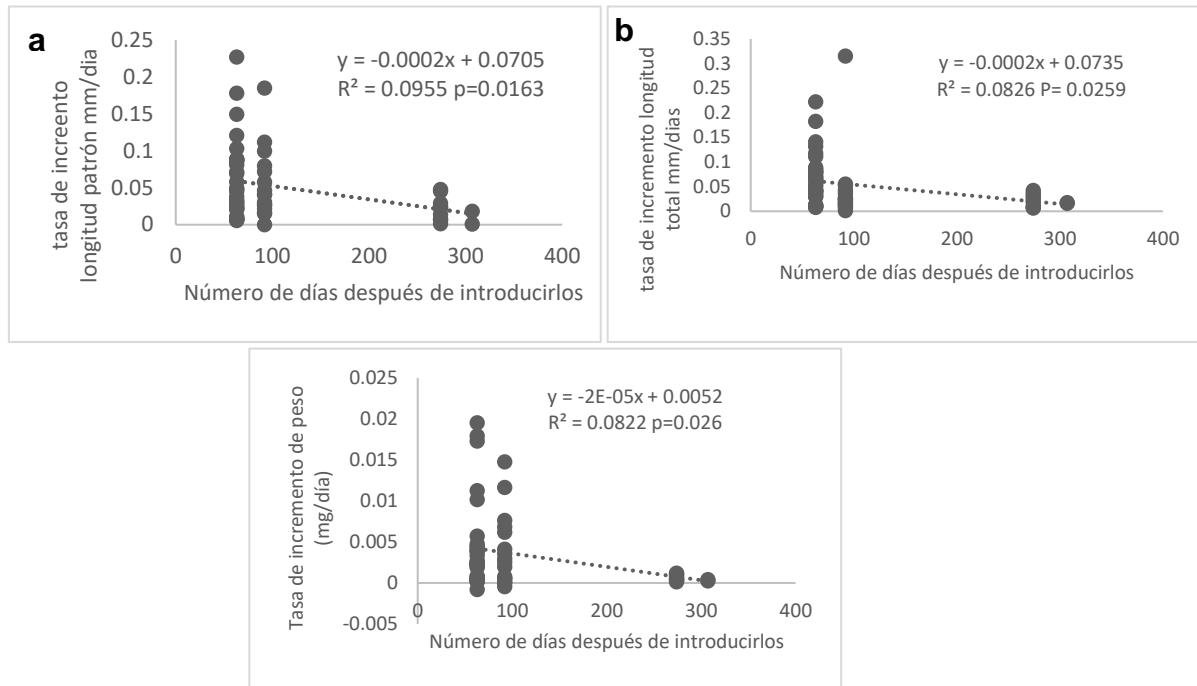
Un punto importante para evaluar el establecimiento de la población es la reproducción de los individuos. Un factor importante durante el proceso de evaluación fue la presencia de individuos que no estaban marcados, lo cual se interpreta como nuevos reclutas a la población debido a eventos reproductivos de la población introducida. De acuerdo con los resultados obtenidos, los organismos no marcados (nuevos reclutas) colectados seis meses después de la primera reintroducción fue de 30%, mientras que el décimo mes se registró un 45% de organismos no marcados (Fig. 8.14).



**Figura 8.14.** Proporción de individuos colectados por bimestre

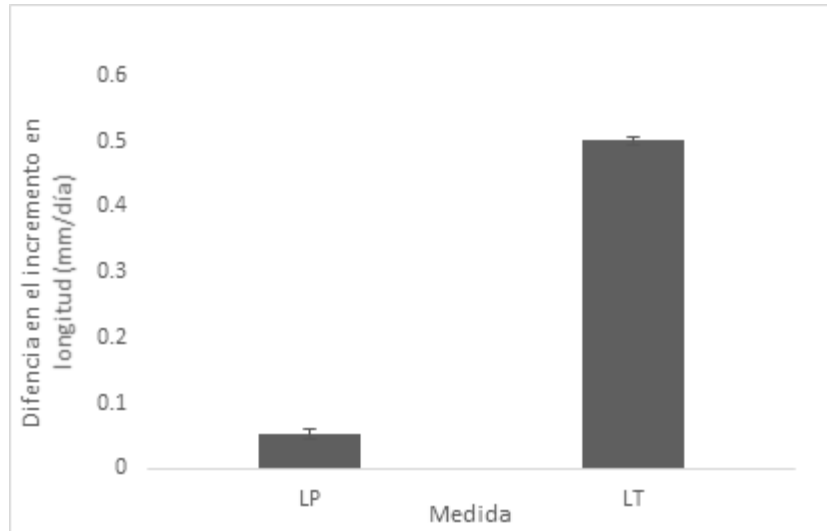
## Crecimiento

De los individuos colectados que fueron introducidos inicialmente (con marca de elastómero), se obtuvo que la mayor tasa de incremento en peso y longitud se llevó a cabo en los primeros 100 días después de introducirse en el estanque, ya para el día 300 decrece esta tasa de crecimiento de manera significativa, tanto de la longitud patrón (Fig. 8.15a), longitud total (Fig. 8.15b) y peso (Fig. 8.15c). Esto podría deberse a una mayor asignación de recurso a la reproducción o bien que los organismos alcanzan su talla máxima.



**Figura 8.15.** Relación entre los parámetros de crecimiento y el número de días después de ser introducidos. a) Tasa de incremento de longitud patrón. b) Tasa de incremento longitud total. c) Tasa de incremento de peso.

La población inicial presentó una tendencia de mayor peso en las hembras, mientras que en longitud patrón presentó una diferencia significativa, esto indica que las hembras eran más grandes que los machos al momento de su reintroducción, ocurre lo mismo con la longitud total y el peso. El crecimiento promedio fue de 0.05mm por día en la longitud total, mientras que para el crecimiento en longitud patrón el crecimiento promedio fue de 0.01mm (Fig. 8.16). No se presentaron diferencias significativas en el crecimiento entre sexos, pero si hay una variación significativa para las hembras y hembras grávidas, quienes presentaron un mayor incremento en peso, atribuida a la formación de alevines.



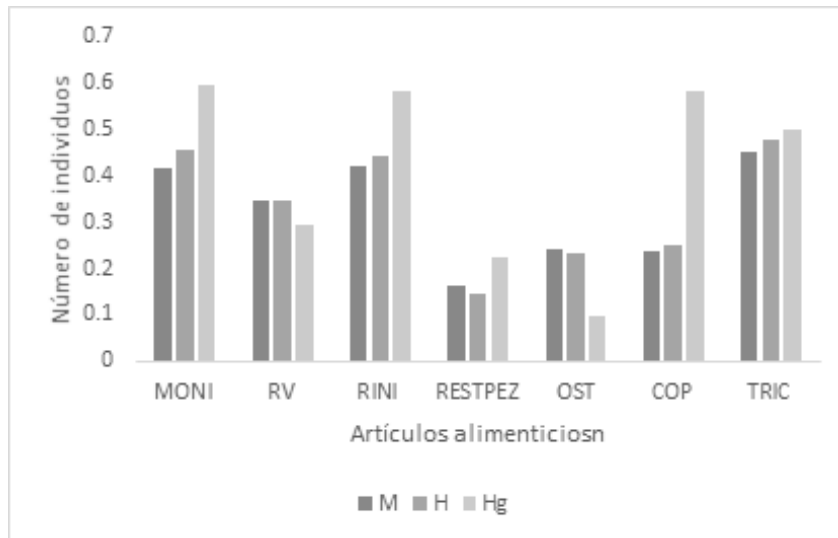
**Figura 8.16.** Diferencia en el incremento en longitud patrón y longitud total.

### Dieta

Para la dieta de los individuos provenientes de “el Anillo” se detectaron siete ítems alimenticios (Cuadro 8.3). El artículo alimenticio más frecuente fue el MONI con un valor de 0.59, seguido de los restos de insectos no identificados (RINI) con un valor de 0.58 y de los copépodos (COP) 0.58, siendo los ostrácodos (OST) el artículo alimenticio con el menor pequeño 0.09 (Fig. 8.17). Las hembras grávidas tienen un mayor consumo de restos de pez y copépodos.

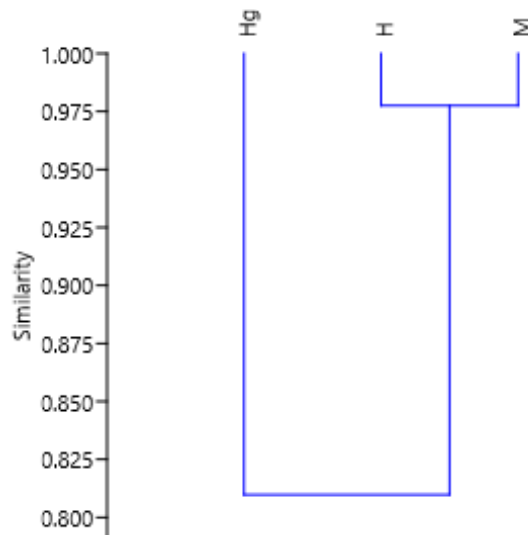
**Cuadro 8.3** Relación de artículos alimenticios que consume *Z. tequila*.

ETIQUETA	SIGNIFICADO
RINI	RESTOS DE INSECTOS NO IDENTIFICADOS
RV	RESTOS VEGETALES
RESTPEZ	RESTOS DE PEZ
OST	OSTRACODOS
COP	COPEPODOS
TRIC	DENTRITUS
ARANAE	ARAÑA



**Figura 8.17.** Comparación del valor promedio de los artículos alimenticios por sexo. H. Hembras, M, machos y Hg hembras grávidas.

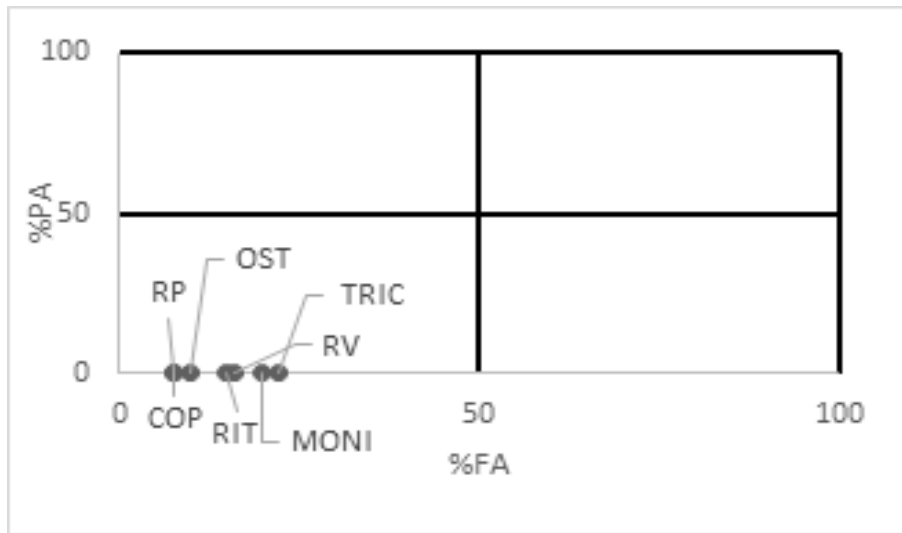
El análisis de Bray-Curtis compara de manera cuantitativa de los ítems alimenticios por sexo, donde los machos y las hembras comparten los mismos ítems alimenticios como restos vegetales, ostrácodos y detritus, mientras que las hembras grávidas son selectivas para otros, como los restos de pez y copépodos (Fig. 8.18.)



**Figura 8.18.** Cladograma de Bray Curtis para los ítems alimenticios de *Z. tequila* en “El Anillo”, para cada uno de los sexos. Hg; hembras grávidas, H; hembras y M; machos.



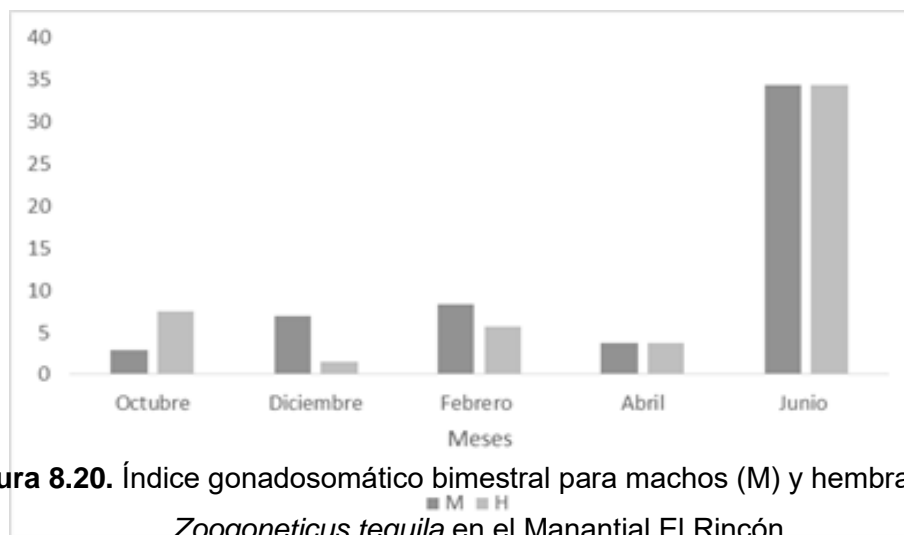
Se realizó el análisis de Costellos en el que se observa que *Zoogoneticus tequila* es una especie generalista (Fig. 8.19)



**Figura 8.19.** Diagramas de Costello para la dieta de los individuos de *Z. tequila* en el sitio de Manantial el Rincón (Alberca el Anillo).

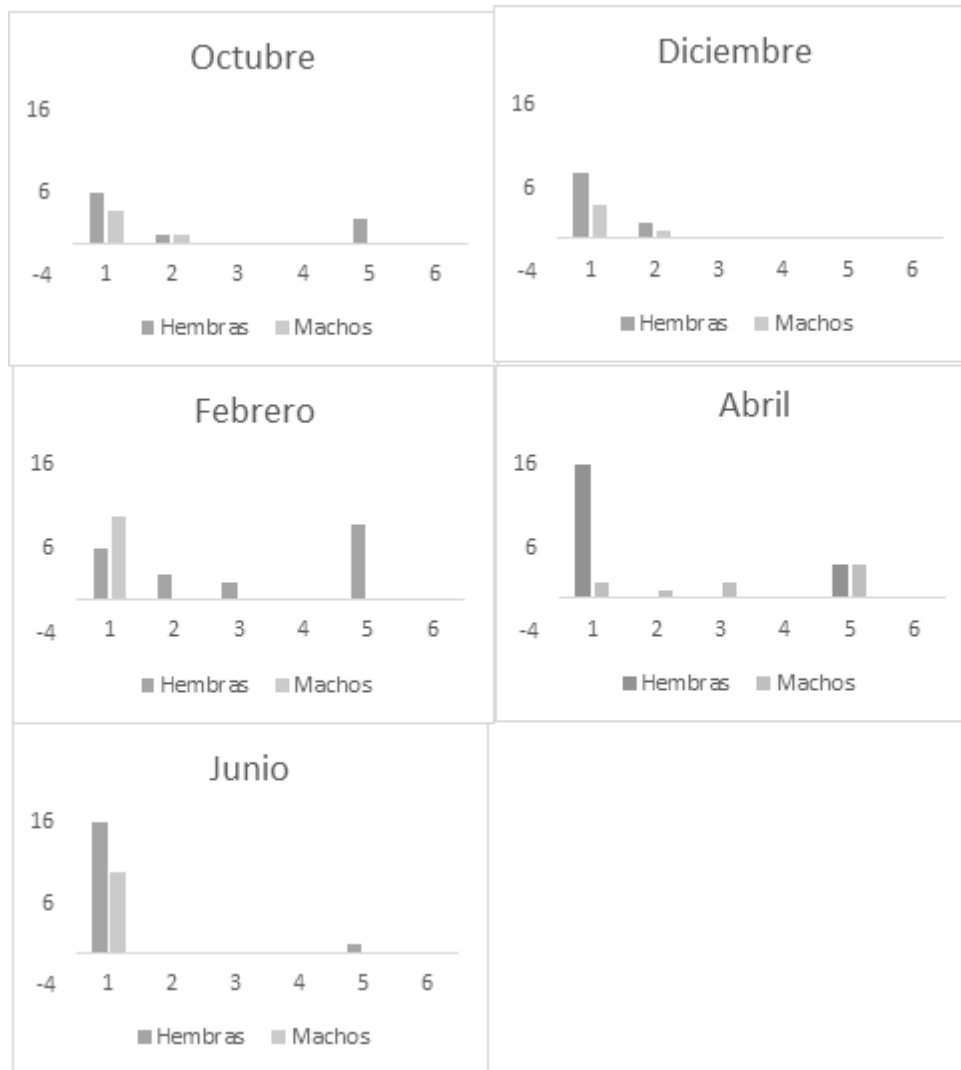
### Época reproductiva

*Zoogoneticus tequila* presenta una temporada de reproducción muy amplia, aunque se observó que en los meses de octubre y abril la presencia de organismos maduros es reducida para los machos (Fig. 8.20), y las hembras solo en diciembre (Fig. 8.21), por lo que se puede considerar estos meses como de baja actividad reproductiva. Los meses donde se muestra un pico reproductivo es junio.



**Figura 8.20.** Índice gonadosomático bimestral para machos (M) y hembras (H) de *Zoogoneticus tequila* en el Manantial El Rincón.

El estadio más frecuente es I y el V en los meses de febrero, octubre, abril y junio (Fig. 8.21). Mientras que los machos colectados en su mayoría en estadio I y el estadio V se encuentra con mayor frecuencia en el mes de abril, coincidiendo con el estadio V de las hembras.



**Figura 8.21.** Estadios gonadales por sexo y por mes.

## **Parasitosis**

Al realizar el análisis del grado de infección no se encontraron organismos parasitados.

### **8.3.4 Conclusiones**

*Zoogoneticus tequila* es capaz de alimentarse y obtener recursos en la zona de reintroducción.

No existe un traslape de dieta entre *Z. tequila* y las otras especies de la zona de manantial (estanque el anillo).

*Zoogoneticus tequila* se considera una especie omnívora con tendencia a la carnivoría.

La talla de primera madures para los machos es de 23.1cm y para las hembras de 25.1cm.

La época reproductiva para *Z. tequila* se presenta en el mes de junio

Abril es el mes con mayor grado de fecundidad.

El 3.75 % de los peces fueron parasitados

### **8.5 Conclusiones generales**

*Zoogoneticus tequila* es capaz de sobrevivir, obtener recursos y reproducirse, por lo que su establecimiento es altamente factible en el río Teuchitlán. La competencia con las especies que habitan el Río Teuchitlán, introducidas o nativas, es baja, con la única especie que se encuentra una ligera competencia es con *P. bimaculatus* por lo que se recomienda llevar a cabo un control de esta especie en las zonas de reintroducción. Aunque parece que el establecimiento de *Z. tequila* en el río y su reintroducción exitosa es factible, se requiere de un mayor tiempo de muestreo que pueda indicar la tendencia poblacional y su establecimiento en el mediano plazo.

## **9. Programa de educación ambiental**

### **9.1 Introducción**

El impacto ambiental que generan las actividades antropogénicas (la generación de residuos, las acciones agropecuarias, industrial y servicios) al medio ambiente han

causado gran preocupación en la sociedad. Es por ello que desde que se tiene conciencia de que el gran impacto es generado por nuestras acciones se ha luchado para solventar y mitigar dicha problemática, el cual ya es de carácter global (Rodríguez, 2008; y Banderas, 2011).

Existen problemas ecológicos como el cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, la pérdida de tierra cultivable y la desertificación; la destrucción de los bosques y los ecosistemas, la pérdida de diversidad biológica y de recursos genéticos; la escasez de agua y la degradación de su calidad (Calvo y González, 1999; y Banderas, 2011).

Lo anterior debido a la creencia generalizada de que el hombre puede hacer o dejar de hacer libremente sobre la naturaleza cualquier cosa sin proyectar su impacto al ambiente. El cual ha sido la principal razón de la crisis humana y ambiental (Deffis, 1989 y Banderas, 2011).

En México a través de los años se ha presentado un gran deterioro de sus recursos naturales de una manera considerable, propiciando la degradación del hábitat y la extinción de especies, debido a los avances tecnológicos, ya que para su sobrevivencia la población humana se ha valido del uso irracional e inconsciente de la naturaleza, impactándola al grado de estar en un punto crítico de desequilibrio entre el hombre y su ecosistema (Rodríguez, 2008).

Es por ello que en la actualidad se ha vuelto necesaria la búsqueda de alternativas que favorezcan la protección, conservación y manejo adecuado de la naturaleza, así como la conciencia sobre el valor biológico de la diversidad y las especies clave en los ecosistemas (Banderas, 2011).

Existen movimientos ambientalistas contra el deterioro ambiental y la inadecuada administración de los recursos naturales, paralelo a esto también ha surgido la educación ambiental para la transmisión del conocimiento sobre la problemática ambiental actual, además de que es utilizada como estrategia para mitigar sus tendencias un gran número de diversas iniciativas de educación ambiental (Toledo 1998).

La educación ambiental desde los 90's ha sido considerada como indispensable para dar a conocer la importancia de la conservación y manejo adecuado de la

naturaleza y los beneficios que nos otorga. La cual ha contribuido de una manera significativa a la mejora del medio ambiente y la realización de un desarrollo sostenible (Banderas, 2011).

Sin embargo, el desarrollo ambiental no ha sido una tarea fácil debido a que las innumerables vivencias han generado confusión en su definición y clasificación por lo que ha sido necesaria la identificación de su concepción de ambiente y la educación ambiental bajo estrategias metodológicas, con el objetivo de reconocer su contribución a un mejor tránsito hacia el desarrollo sustentable (Rodríguez, 2008).

Sin embargo, en una verdadera educación ambiental se requiere definir la relación entre hombre y naturaleza, en donde se dé a entender que el hombre forma parte de ella y no reconocerse irracionalmente como dueño de la misma, para ello, es necesario adquirir conocimiento dinámico del intercambio que existe entre los elementos bióticos, abióticos y sociales que conforman su hábitat (Venegas, 2009). La conciencia ambiental, ha develado la complejidad de la problemática por la que actualmente se está atravesando, por tanto es necesario tomar conciencia sobre todo el conjunto de problemas sobre el manejo de los recursos naturales, la contaminación, la extinción de especies y la presión sobre poblaciones naturales, en particular las del tipo endémico con la relación entre los problemas socioeconómicos de la población. Lo anterior correlacionado con el desarrollo humano, el medio ambiente, la salud y la economía por medio de mejores modelos educativos que permitan el desarrollo de capacidades interdisciplinarias (Banderas, 2011).

En nuestro país pequeños grupos y organizaciones han destacado la importancia que merece dicha problemática, por lo cual es necesario generar un currículo ambiental que desarrolle conciencia sobre la problemática social, la cual se debe solucionar de forma directa o indirecta (Venegas, 2009).

Es por ello que el presente programa de educación ambiental, pretende sensibilizar y concientizar a los habitantes del municipio y de zonas cercanas sobre la importancia de la conservación de los recursos acuáticos y la conservación de especies, con particular énfasis en las poblaciones endémicas de Teuchitlán,

Jalisco y la población de *Zoogoneticus tequila* que se encuentra sometida a un programa de reintroducción en la zona, a través de la concientización del uso racional del medio ambiente natural, la mitigación de las actividades que propician contaminación en los sistemas acuáticos y una conciencia ambiental en vías de la recuperación y conservación del medio ambiente.

El programa de educación ambiental contempla una visión ecosistémica, más allá de la especie *Zoogoneticus tequila*, la gestión del espacio natural como un ámbito específico hacia la consecución de un óptimo nivel de consenso social.

Ante el origen antropogénico de las alteraciones ocasionadas al medio ambiente acuático donde la referida especie llegó a vivir, el desarrollo de posibles conductas humanas en pro del ambiente conlleva necesariamente a procurar la conservación del hábitat en su totalidad.

En este caso, el diseño participativo prevé el involucramiento social en las soluciones que se contemplen al respecto; y aún más, las acciones a implementar deberán contar necesariamente con el respaldo de los habitantes del lugar a fin de garantizar el impacto del proyecto en el largo plazo.

Así, aun cuando la reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en los manantiales del río Teuchitlán implica un nuevo reacomodo en la interacción entre los distintos elementos bióticos y abióticos que conforman el ecosistema, la estrategia de promocionar a la especie en cuestión como emblemática de Teuchitlán y algo único en su género, intenta aplicar la persuasión desde el punto de vista psicológico para propiciar el trabajo colectivo en pro de la conservación.

Una apropiación de la especie de forma emblemática y el desarrollo de sentimientos de apego en la población local hacia el recurso natural que representa *Zoogoneticus tequila*, busca remontar dos desventajas: por un lado el tamaño reducido de los organismos que resulta prácticamente imperceptible para todos aquellos sin conocimiento al respecto; y por otro, el que el pez microendémico carece de importancia económica.

## **9.2 Establecimiento de un Programa de Educación Ambiental con énfasis en los ambientes acuáticos.**

### **9.2.1 Objetivos**

Sensibilizar y concientizar a los habitantes del municipio de Teuchitlán, Jalisco y de zonas cercanas sobre la importancia de la conservación de los recursos acuáticos y la conservación de especies, con particular énfasis en la población endémica de *Zoogoneticus tequila* que se encuentra sometida a un programa de reintroducción en la zona, a través de la concientización del uso racional del medio ambiente natural, la mitigación de las actividades que propician contaminación en los sistemas acuáticos y una conciencia ambiental que promueva la recuperación y conservación del medio ambiente.

### **9.2.2 Métodos**

La implementación del programa de educación ambiental se llevó a cabo considerando el marco metodológico del programa de educación ambiental del proyecto, el cual incluye la validación de los instrumentos de educación ambiental, el ámbito del programa, la construcción de valores y habilidades como se detalla a continuación:

#### **Validación de los instrumentos de educación ambiental**

Los materiales y actividades lúdicas, así como los talleres, han tenido un proceso de validación con diversos estratos de la población. Se ha tomado en consideración la edad de los participantes, el nivel educativo y la procedencia de la población de prueba, atribuido a la cercanía con reservas naturales y el entorno rural, que atribuye al participante un conocimiento previo de los recursos naturales y las especies de cada zona geográfica del país (Espinoza, 2002).

Primera validación:

La primera prueba puesta en marcha se efectuó en la ciudad de Morelia en el mes de abril del 2015, en la actividad de divulgación masiva de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo denominada "Tianguis de la Ciencia". En la

cual se atendió como población piloto a público en general, particularmente al sector educativo, integrado por el alumnado de educación preescolar, primaria, secundaria, preparatoria, bachillerato y nivel superior. Así como a familias asistentes a este evento de divulgación.

Segunda validación:

La segunda validación fue en el Colegio de Bachilleres del municipio de Tingambato en el mes de julio del 2015, con el motivo de las Jornadas internas del plantel a nivel estatal, en las cuales se atendió a una población de 500 estudiantes provenientes de la zona educativa de la meseta Purhépecha.

Tercera validación:

El tercer evento que se utilizó como instrumento de validación se efectuó en el área de estudio, dentro del evento anual que organiza el Comité técnico para el manejo integral del sitio RAMSAR Presa de la Vega-Teuchitlán, Jalisco con motivo del día internacional de los humedales. En el cual se atendió a la población escolar de los municipios que integran la región de Los Valles, así como al público en general asistente al evento en febrero del 2016.

### **Población de interés**

La población objetivo en el presente programa está representada por la comunidad educativa de diversos niveles, preescolar, primaria, secundaria, preparatoria y educación especial, además de servidores públicos dentro de la estructura del gobierno municipal, cooperativas de pescadores, los dueños de los predios y organizaciones ejidales con terrenos en los cuales se tienen registrados manantiales. Organizaciones civiles y población en general.

El proceso de la educación ambiental que recibe cada sector es agendado de forma sistemática, de tal manera que se atiendan por evento de formación y divulgación grupos no mayores de 500 personas. Los cuales participan de forma activa en una serie de 10 talleres implementados de forma simultánea.



## **Ámbito del programa**

El programa de educación ambiental en Teuchitlán se implementa bajo dos ámbitos educativos:

Educación no formal:

La cual se desarrolla de forma independiente y paralela al programa de educación formal que se implementa en las instituciones de educación. Por tanto, no involucra su incorporación al currículo del ciclo escolar, por lo que no acredita al asistente con una valoración que impacte en su currículo profesional. Sin embargo, impacta en el currículo ambiental de diferentes grupos de la población y puede adaptarse a diferentes sectores de la misma (Novo, 1996).

Educación informal:

El proyecto de educación ambiental, ha detonado una serie de acciones para alcanzar a un público amplio, particularmente interesado en el conocimiento de la zona de estudio.

Como parte de esta modalidad de educación se ha centralizado en un desarrollo de conciencia ambiental de forma individual y colectiva, en la cual el lector selecciona el nivel de interés sobre el conocimiento que se ha generado en la zona de estudio (Novo, 1996).

Esta vía de formación busca explorar un estrato de la población que no se alcanza por medio de la educación no formal, para desarrollar una estructura cognitiva que permita el aprendizaje con un trasfondo ambiental.

Hasta ahora la intervención se ha mantenido en medios periodísticos de circulación local y nacional, en vía impresa y digital, utilizando como recurso a “The Guadalajara Reporter”

([http://media.wix.com/ugd/bdf72d\\_d5cac7fbccc845ed833657dcf2aecaafb.pdf](http://media.wix.com/ugd/bdf72d_d5cac7fbccc845ed833657dcf2aecaafb.pdf)), y la Gaceta Nicolaita ([http://media.wix.com/ugd/bdf72d\\_01f35c8c13684c4a9cd4989f33ba8406.pdf](http://media.wix.com/ugd/bdf72d_01f35c8c13684c4a9cd4989f33ba8406.pdf)).

Se trabaja en una exposición itinerante con el Centro Interpretativo Guachimontones y la Secretaría de Cultura del Estado de Jalisco.

### **Construcción de valores**

El programa de educación ambiental considera el desarrollo de valores como parte del proceso social, los cuales se adquieren progresivamente en la población humana. El sistema de valores es dinámico y se consolida con el entorno a partir de tendencias, creencias y doctrinas. Los cuales permiten el cuidado y la protección de los recursos naturales (Novo, 2009).

El proceso de adquisición de valores se obtiene por medio de estrategias, permitiendo a través de un pensamiento crítico el desarrollo de responsabilidad, bondad, compromiso, generosidad, y la búsqueda de verdad.

### **Desarrollo de habilidades**

El método constructivo permite la detección de habilidades (Díaz y Hernández, 2002), las cuales se conducen a la ejecución de acciones que permiten la protección de los recursos naturales y la protección de especies, particularmente las endémicas a una región geográfica determinada.

### **Caracterización de instrumentos de educación ambiental**

Los instrumentos que se utilizan como herramientas en el proceso de la educación ambiental permiten la adquisición de habilidades y destrezas en la población objetivo, además de permitir la consolidación del aprendizaje (Marcote y Suárez, 2005).

Entre los instrumentos destacan: Materiales auditivos, como grabaciones de audios con temática ambiental, los cuales centralizan escenarios en donde las especies de un sistema acuático interactúan entre sí. Materiales gráficos, como ilustraciones, fotografías de especies, ecosistemas y videos, así como materiales impresos como carteles, trípticos, posters y juegos como loterías, serpientes y escaleras, así como un juego interactivo relacionado con la protección de recursos naturales y la conservación de especies.

### 9.2.3 Resultados

La estrategia de educación ambiental se implementó desde el mes de junio de 2015, el primer evento se realizó en el mes de marzo, consistió en un circuito de talleres educativos dirigido a estudiantes de nivel básico (Primaria y Secundaria), su objetivo fue “El presentar a los estudiantes la importancia de la conservación del río Teuchitlán y el mantenimiento tanto de Zoogoneticus tequila como de las especies que habitan en él”. Se atendió una población escolar de 405 a nivel primaria de tres centros escolares, 159 estudiantes de un centro escolar a nivel secundaria y 24 docentes (Fig. 9.1) Total, de población estudiantil atendida 564 de 4 centros educativos y 24 docentes durante tres años.



**Figura 9.1** Inauguración de la estrategia de educación ambiental en Teuchitlán, Jalisco.

### **Ejes de implementación del programa de educación ambiental**

La estrategia de educación ambiental abordó dos ejes de implementación, entre los cuales destacan la educación formal y la educación no formal.

## Educación formal

Este eje se ejecutó en coordinación con el Colegio de Bachilleres del Estado de Jalisco, plantel Teuchitlán. En donde se fortaleció la currícula ambiental en los programas de las materias básicas del plan de estudios.

En el proceso se impartió el Curso Taller “Incorporación de la sustentabilidad en la práctica docente”, dirigido a docentes de nivel básico y medio básico. El objetivo general fue: “Incorporar la dimensión ambiental en la educación básica y media para transformar la práctica docente”. Se integró por 4 módulos: 1) Sensibilización y teoría ambiental, 2) Modelo educativo, 3) Educación ambiental y transversalización y 4) Presentación de proyectos. Participaron 6 docentes del Colegio de Bachilleres del plantel Teuchitlán y como producto tangible de dicha actividad curricular se presentaron 3 propuestas para su incorporación en la práctica docente (Fig. 9.2).



**Figura 9.2** Entrega de reconocimientos a docentes del COBAEJ plantel Teuchitlán dentro del Curso Taller “Incorporación de la sustentabilidad en la práctica docente”.

Otra actividad fue la capacitación a ciudadanos comprometidos con la conservación de las especies y los recursos naturales, en un periodo de 24 meses, dentro de un programa de educación continua como extensión de la Universidad Michoacana de



San Nicolás de Hidalgo (Fig. 9.3). Dicha capacitación consistió en un módulo de calidad del agua y un módulo de monitoreo de especies de peces del río Teuchitlán.



**Figura 9.3.** Grupo de Monitores Ambientales. Curso de Monitores

Se ha involucrado dentro de la sociedad civil a los administradores locales y trabajadores del balneario “El Rincón” (Fig. 9.4), estudiantes de distintos niveles (Fig. 9.5, 9.6 y 9.7), estudiantes y profesores del COBAEJ (Fig. 9.8), personas de la iniciativa privada de la organización PROTEU, y personal del Centro Interpretativo Guachimontones (Fig. 9.9).



**Figura 9.4** Administradores del Balneario “El Rincón”. Curso de Monitores



**Figura 9.5.** Estudiantes del curso de Monitores.



**Figura 9.6.** Estudiantes en el curso de Monitores





**Figura 9.7.** Estudiantes en el curso de Monitores



**Figura 9.8.** Profesores del COBAEJ. Curso de Monitores



**Figura 9.9.** Personal CIG-Guachimontones. Curso de Monitores

El plan de capacitación del monitor ambiental, tiene su fundamento en la apropiación del recurso, por lo cual el usuario, es el actor principal para el registro de parámetros ambientales y fisicoquímicos, así como datos biológicos de especies exóticas, herramienta que ha permitido delimitar la calidad del agua de los sitios en los que se reintroducirá a *Zoogoneticus tequila*. Esta acción en todo momento ha tenido un seguimiento con técnicas estándares de laboratorio, con base en la normatividad mexicana.

En el proceso de formación se ha capacitado a los monitores ambientales en el protocolo para recolecta de muestras para análisis de laboratorio, así como el registro de parámetros *in situ*. (Fig. 9.10). La información recabada por el grupo de trabajo se ha registrado en una bitácora diseñada en un taller, que incluye la aseguranza de la calidad de datos en la capacitación de un monitor ambiental.





**Figura 9.10.** Capacitación de Monitores Ambientales en Actividades de Campo. Curso de Monitores

En el centro de capacitación que se adecuó en el área de estudio, se han adaptado las técnicas estándares de laboratorio a procedimientos simplificados de campo, con la finalidad de lograr la valoración de parámetros de laboratorio (Fig. 9.11). Actualmente los grupos de monitores ambientales que se consolidaron, y posteriores a la capacitación, han comenzado a registrar sus parámetros de forma autónoma, después de un largo proceso de seguimiento (Fig. 9.12).



**Figura 9.11.** Capacitación de Monitores Ambientales en Actividades de Laboratorio a Escala. Curso de Monitores



**Figura 9.12.** Seguimiento y Trabajo autónomo. Curso de Monitores

Al término del mes de diciembre del 2017 se han desarrollado nueve talleres mensuales, en los cuales se registra avance del 100 % del programa de formación de monitores ambientales, mismo que continuó hasta el mes de agosto de 2018. El proyecto de monitores ambientales fue presentado por estudiantes del Colegio de Bachilleres de Teuchitlán en la VIII Feria COBAEJ, “proyectos de ciencias e innovación y modelo emprendedor meems 2018”. El cual obtuvo el segundo lugar a nivel Estatal.

### **Educación no formal**

En el eje de educación no formal se generaron ciclos de actividades lúdicas (Fig. 9.13), pláticas, talleres y exposiciones (Fig. 9.14), tanto en la plaza pública del pueblo y calles como en el centro interpretativo Guachimontones. Estas actividades estuvieron dirigidas a la población en edad escolar de Teuchitlán, con el fin de difundir la importancia de los recursos acuáticos y el papel de las especies que viven en éstos. La importancia de la conservación de las especies nativas, los endemismos y la flora y fauna que sostienen el equilibrio ecológico. En las diversas actividades de divulgación se ha hecho particular énfasis en la importancia de la reintroducción y conservación de *Zoogoneticus tequila*.





Figura 9.13 Teatro: Al rescate de Zoogy, una especie endémica de Teuchitlán



Figura 9.14. Talleres y exposiciones implementadas en el programa de educación ambiental.

Se montó una exposición temporal durante los meses de julio a septiembre del pez *Zoogoneticus tequila* en coordinación con el Centro Interpretativo Guachimontones “Phil Weigand” (Fig. 9.15). El objetivo de la exposición fue “el permitir la comprensión de la información científica, ecológica y cultural de la especie, así como la generación de la empatía con la especie y su situación”. En el marco de la inauguración de la exposición se instaló un circuito de talleres sobre la importancia de la especie, su hábitat, problemática y formas de participación para conservarla. En ella, participaron integrantes del colectivo “eco cultural literario deportivo de Teuchitlán, Jalisco” y docentes y alumnos del COBAEJ, dirigida a los visitantes del Centro Interpretativo y población local.



**Figura 9.15.** Exposición temporal en el centro interpretativo Guachimontones

Actualmente se ha generado estrategia coordinada con autoridades locales y la sociedad civil, para diseñar y llevar a cabo una agenda de trabajo en torno a la conservación de los manantiales, el río, las especies de peces endémicas y nativas y los recursos asociados, lo cual se encuentra en marcha.

Como parte de dicha estrategia se realizó un trabajo en coordinación con la Sala de la Lectura “La Ranita” a través de su proyecto de Acción Poética y con docentes del Colegio de Bachilleres de Teuchitlán, en la que participaron 60 estudiantes de



Bachillerato seleccionando frases de naturalistas y filósofos, y de creación propia en relación a la conservación del río, cuidado del agua e importancia de las especies de peces endémicas y nativas del Río Teuchitlán. Se plasmaron 35 mensajes en bardas de las localidades de Teuchitlán, La Mora y La Estanzuela, municipios de Teuchitlán, Jalisco (Fig. 9.16). El objetivo fue visibilizar las especies endémicas y nativas, la importancia del río y su conservación. La actividad se realizó de abril a mayo del 2018.



Figura 9.16 Estrategia de educación no formal en las avenidas principales de Teuchitlán, Jalisco.

### 9.6 Impacto social del proyecto

Con la finalidad de hacer un sondeo sobre la opinión pública de la sociedad de Teuchitlán, Jalisco y conocer el impacto del proyecto, se han efectuado cuatro eventos de encuesta, en diciembre de 2016, mayo y diciembre de 2017 y mayo de 2018, los cuales permiten observar las métricas sobre la incursión social que ha

tenido el proyecto y de forma paralela valorar el grado de conciencia ambiental relativo a la protección y conservación de los recursos acuáticos, así mismo la sensibilidad de la población a la conservación de especies endémicas en el área de estudio.

Dentro de esta actividad, ha colaborado un grupo nutrido de estudiantes voluntarios de la Facultad de Biología de la UMSNH, interesados en la conservación de especies endémicas y por ende en la reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en manantiales del río Teuchitlán (Fig. 9.17).



**Figura 9.17.** Participantes en la evaluación de la incursión social del proyecto.

Se realizaron informes de campo, los cuales integran aquellas percepciones que la encuesta no recoge por medio de una entrevista formal, por ello además de las métricas estandarizadas como instrumentos de evaluación, se cuenta con la percepción de campo y la recopilación de la memoria colectiva de los habitantes de Teuchitlán, Jalisco, en materia de conservación de especies endémicas y registros históricos de la fauna acuática presente en la zona de estudio.

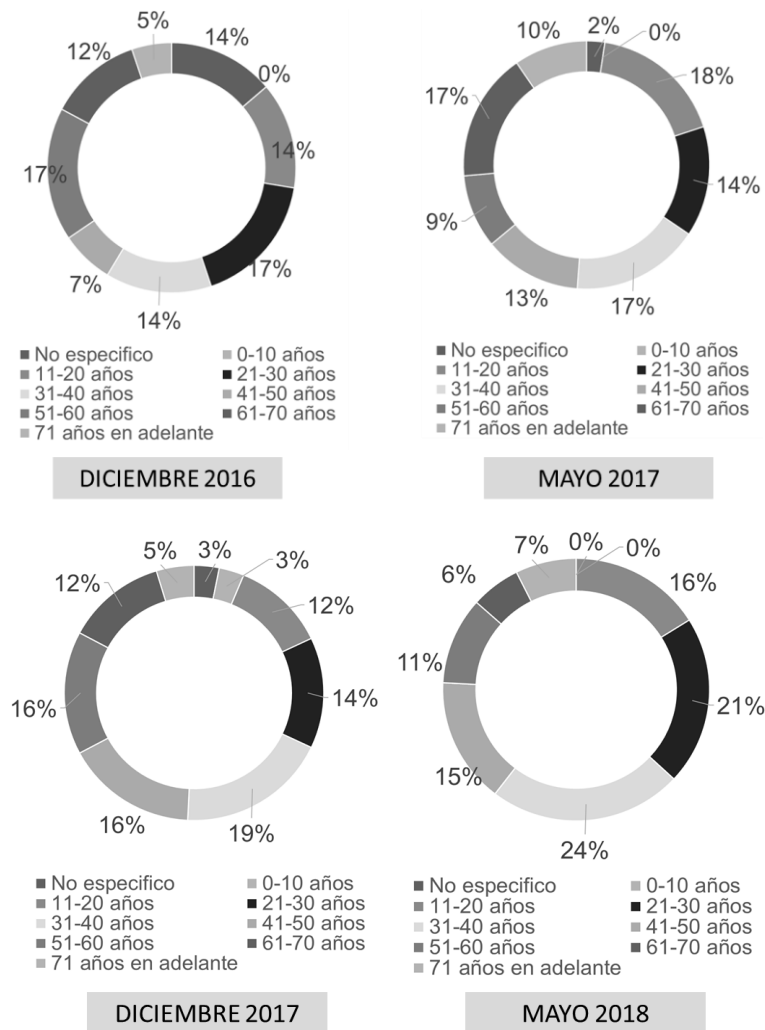
### **Población encuestada**

La muestra en cada periodo de implementación del instrumento de evaluación fue seleccionada de forma aleatoria, considerando como submuestras a individuos de

0-10 años, 11-20 años, 21-30 años, 31-40 años, 41-50 años, 51-60 años, 61-70 años, así como individuos mayores a 71 años (Fig. 9.18). De los cuales 58 fueron entrevistados en diciembre de 2016, 125 en mayo de 2017, 129 en diciembre de 2017 y 149 en mayo de 2018.

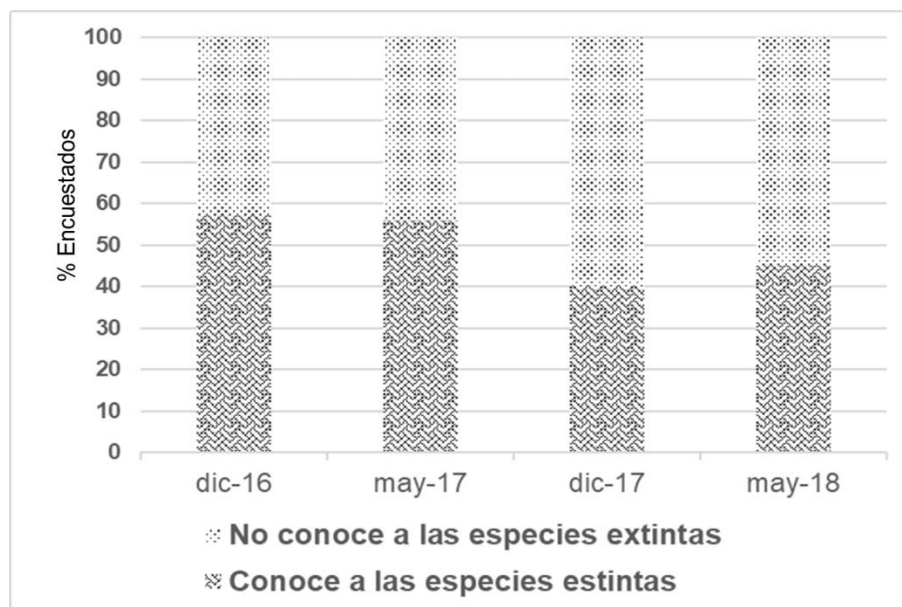
El intervalo de edades muestra que, en diciembre de 2016, se registró la opinión de una cohorte encabezada por personas entre los 21 a 30 años, seguidos de personas entre los 51 a 60 años, 11 a 20 años y 31 a 40 años.

En mayo y diciembre de 2017 se contó con la opinión de personas entre los 31 y 40 años, seguidas de habitantes de 11 a 20 años, 61 a 70 años y 41 a 50 años. Mientras que en mayo de 2018 se recopiló la opinión de personas entre los 31 a 40 años, seguidos de habitantes de 21 a 30 años y de 11 a 20 años.



**Figura 9.18** Cohortes poblacionales de habitantes entrevistados del 2016 al 2018.

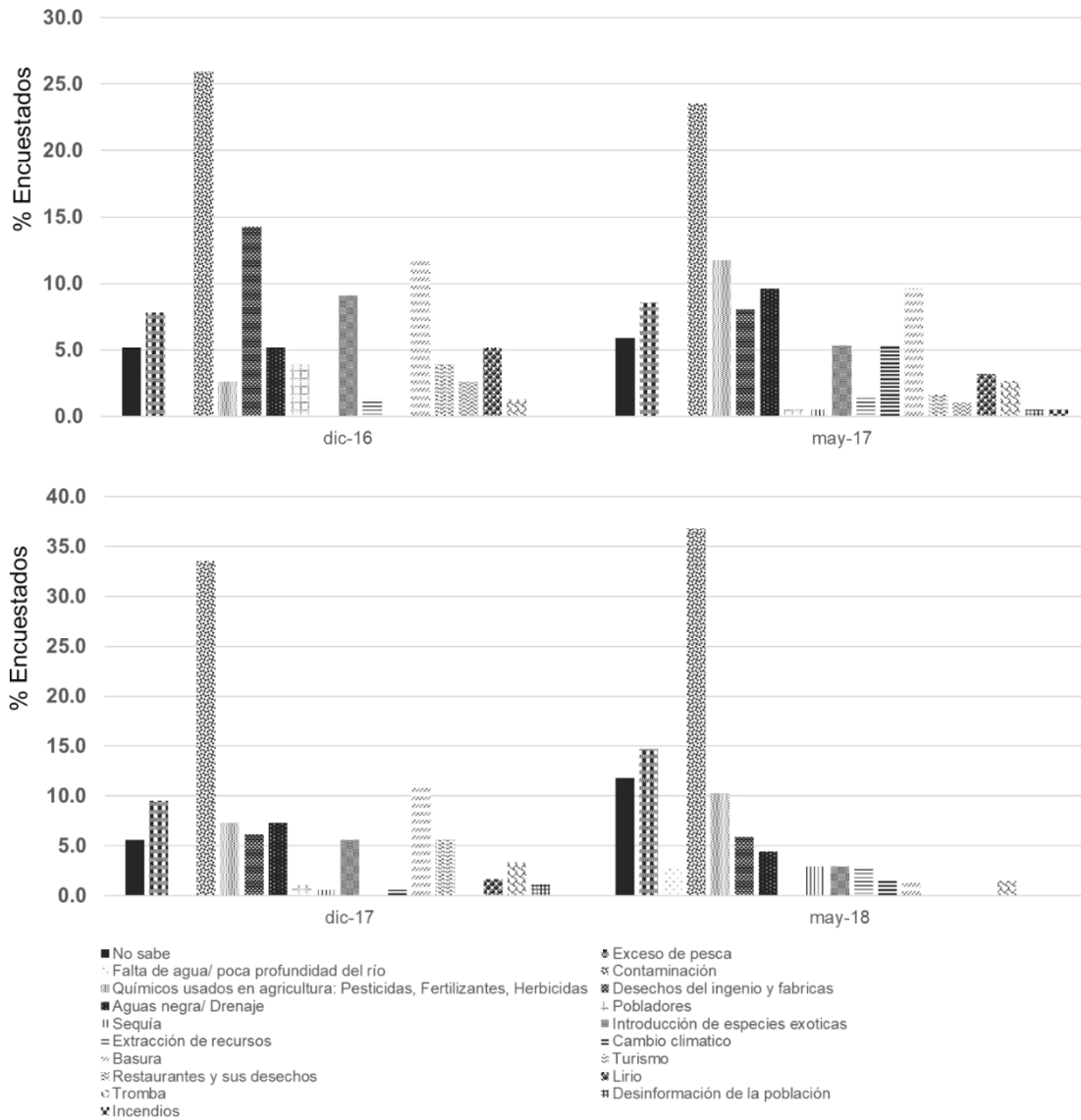
La opinión de la población encuestada muestra que los esfuerzos del programa de educación ambiental en su inicio permitieron que los habitantes de Teuchitlán, Jalisco obtuvieran conocimiento sobre las especies que se catalogaban como extintas en el medio natural, con poco más del 50 % de la población encuestada (n=58 en 2016 y n=125 en 2017). Sin embargo, en el tercer y cuarto semestre de la implementación del instrumento de evaluación, este valor decrece con un valor cercano al 40 %, el cual repunta ligeramente en el año 2018 (n=129 en 2017 y n=149 en 2018), lo cual exhibe la necesidad de intensificar los esfuerzos del programa (Fig. 9.19).



**Figura 9.19** Conocimiento sobre las especies que se extinguen en los manantiales y el río Teuchitlán

En otro contexto, la información que ha sido proporcionada a los habitantes de Teuchitlán, Jalisco, en el programa de educación ambiental, indica que la población asimila que la contaminación de los sistemas acuáticos es una de las principales causas de la extinción del medio natural de las poblaciones de *Zoogoneticus tequila*, con una opinión del 30 y 35 % del total registrado en diciembre de 2017 (n=129) y mayo de 2018 (n=149), lo cual se ha focalizado a este factor como una de las causas prioritarias de atención en los manantiales y el río Teuchitlán (Fig. 9.20).

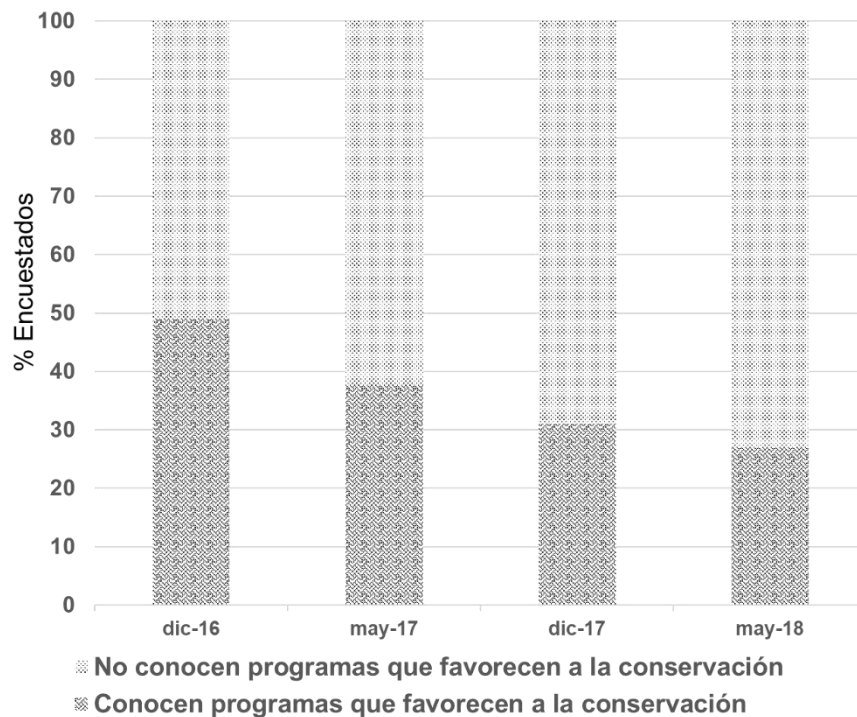




**Figura 9.20** Causas de la extinción de especies en los sistemas acuáticos de Teuchitlán, Jalisco

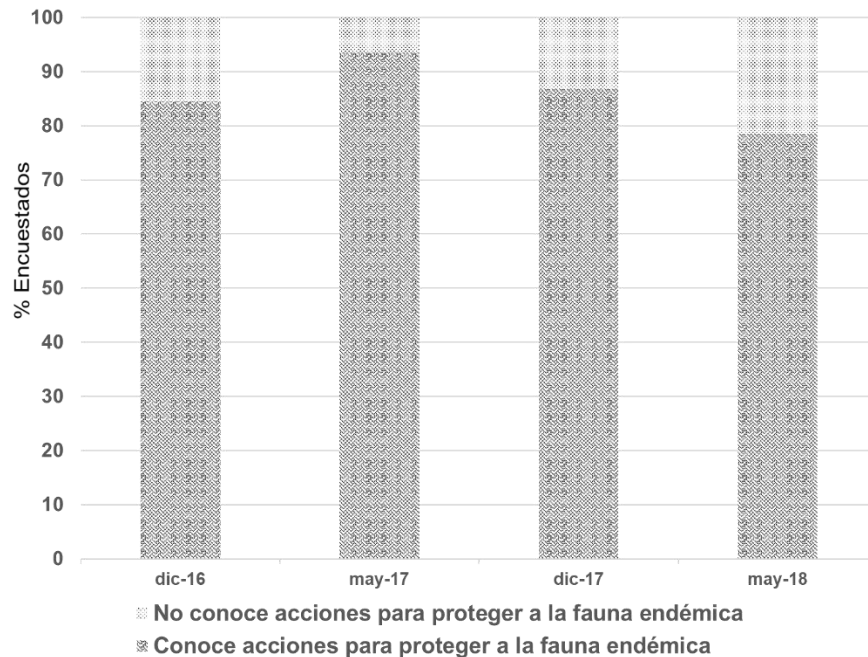
El programa de educación ambiental permitió que los habitantes de Teuchitlán, Jalisco, conocieran que existen programas gubernamentales y de organizaciones públicas y privadas que están enfocados a la conservación de fauna silvestre, particularmente de especies con alguna categoría de protección, indicando que

cerca del 50% de la población encuestada en el 2016 manifestara un conocimiento de las estrategias de conservación (n=58). Sin embargo, este valor decreció al 2017 y 2018, hasta alcanzar un valor cercano al 30% en el 2018 (n=148), atribuido a que se intensificaron estrategias de divulgación científica orientadas al conocimiento del medio ambiente en el cual habita *Zoogoneticus tequila*, disminuyendo los esfuerzos en la difusión de programas que se dedican a la conservación de fauna silvestre, o bien al aumento en el tamaño de muestra encuestada (Fig. 9.21).



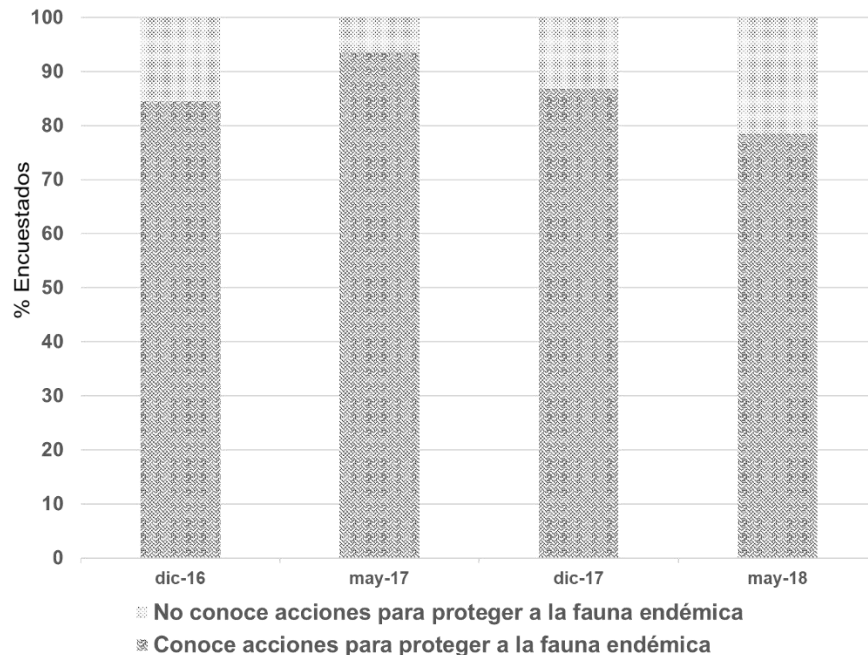
**Figura 9.21** Población que conoce programas gubernamentales o de organizaciones públicas o privadas que se pueden implementar para propiciar la conservación de especies en el medio natural.

Esta nueva orientación del programa de educación ambiental permitió que, durante el periodo de implementación de las actividades lúdicas, talleres, exposiciones y conferencias, la población de Teuchitlán, Jalisco mantuviera un conocimiento sobre las acciones que se pueden implementar en el municipio para conservar a la fauna endémica del municipio con un valor máximo en mayo del 2017, con una opinión mayor al 90 % de las encuestas registradas (Fig. 9.22).



**Figura 9.21** Proporción de habitantes que conocen acciones que pueden implementarse para conservar a la fauna endémica de Teuchitlán, Jalisco

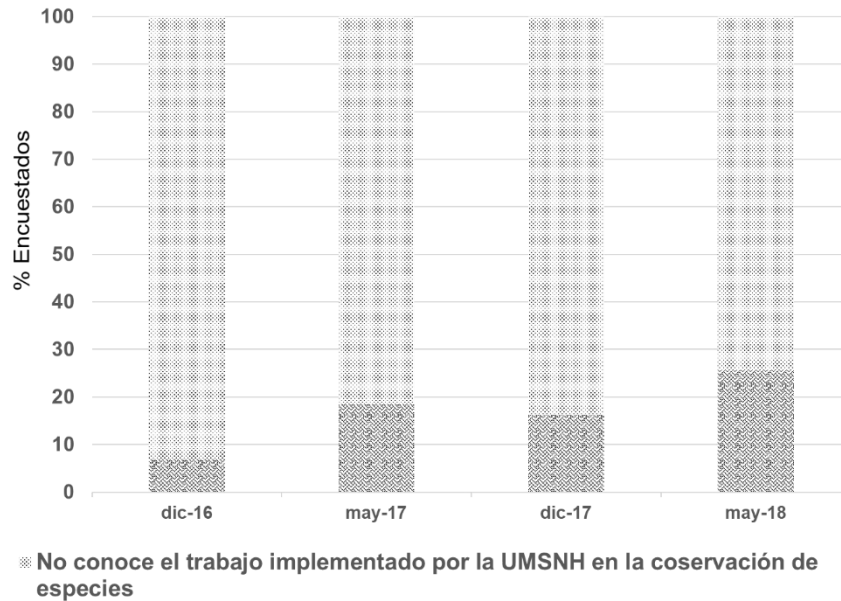
En el mismo contexto, los habitantes de Teuchitlán, Jalisco, tienen información suficiente para manifestar que *Zoogoneticus tequila* es una especie que era residente de los manantiales y el río Teuchitlán (Fig. 9.22), extinguiéndose del medio natural en los últimos 30 años, con una opinión mayor al 90 % en mayo de 2017 (n=125), la cual decreció a poco menos del 80 % en mayo de 2018 (n=149).



**Figura 9.22.** Proporción de habitantes que conocen que *Zoogoneticus tequila* desapareció de los manantiales y el río Teuchitlán.

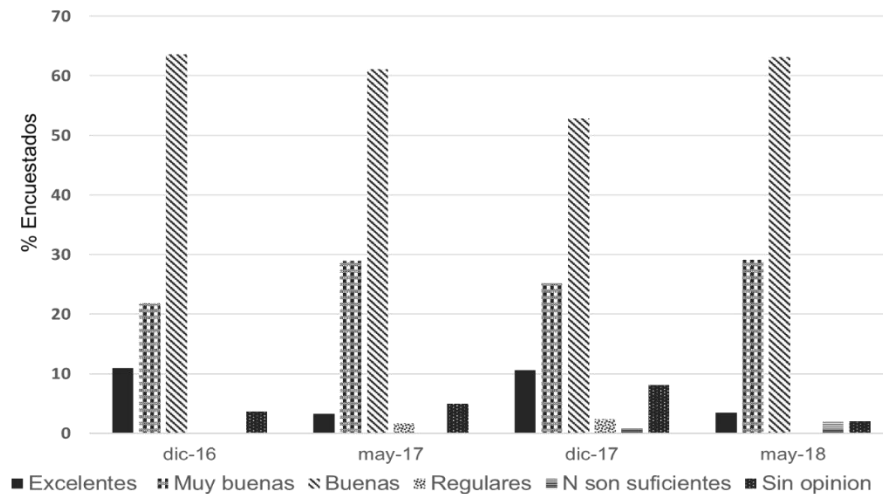
Otro avance del programa de educación ambiental, se centra en el posicionamiento de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, como una institución pública comprometida con la protección de las especies que habitan en Teuchitlán, Jalisco, la cual como meta al corto plazo busca la reintroducción de *Zoogoneticus tequila* en el medio natural.

En este contexto el instrumento de evaluación del programa de educación ambiental exhibe que paulatinamente los habitantes de Teuchitlán, Jalisco, tienen conocimiento de las actividades de conservación e investigación en el área de estudio, tal como lo muestra la (Fig. 9.23), la cual revela que en el 2016 cerca del 7% (n=58) de los habitantes de Teuchitlán, Jalisco conocen el trabajo de la UMSNH en el municipio, hasta alcanzar un valor cercano al 25 % en el 2018 (n=149).



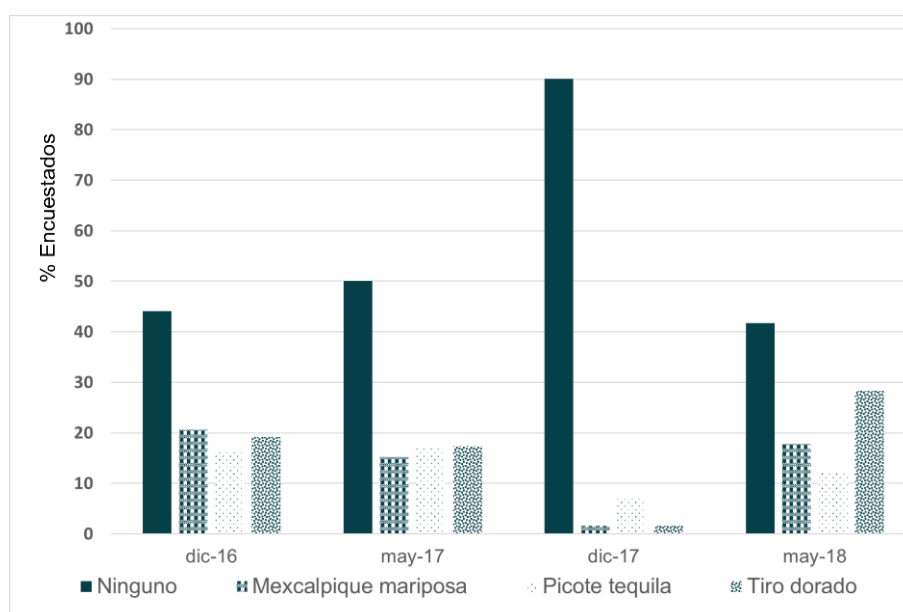
**Figura 9.23** Personas que conocen el trabajo de conservación e investigación que ha implementado la UMSNH en Teuchitlán, Jalisco.

Una vez que se explicaron las actividades de conservación e investigación que realiza la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, los habitantes mencionan que el trabajo de esta institución en Teuchitlán, Jalisco se cataloga como bueno, con la mayor aceptación en diciembre de 2016 y en mayo de 2018 (Fig. 9.24).



**Figura 9.24** Opinión sobre el trabajo de la UMSNH

En el periodo de estudio, los habitantes de Teuchitlán, Jalisco exhiben que conocen a las especies de la familia Goodeidae que habitan o fueron registradas para los manantiales y el río Teuchitlán (Fig. 9.25), registrando que cerca del 15 % (n=58) de los habitantes encuestados conocen a *Zoogoneticus tequila* (Picote tequila) en diciembre de 2016 y mayo de 2017. Sin embargo, el conocimiento de esta especie decrece en diciembre de 2017, para incrementar en mayo de 2018 con cerca del 12 % (n=149). Uno de los peces comúnmente identificado por la población es *Ameba splendens*, atribuido a la coloración de su aleta y a los letreros provistos por los balnearios de la zona.



**Figura 9.25** Habitantes que conocen a peces de la familia Goodeidae que habitaron a los manantiales y al río Teuchitlán

## 9.7 Conclusión

El programa de educación ambiental ha logrado sensibilizar y concientizar a cerca del 80 % de los habitantes del municipio de Teuchitlán, Jalisco, sobre la importancia de la conservación de los recursos acuáticos y las especies que estos albergan.

Se trabajó en la apropiación de *Zoogoneticus tequila*, como un símbolo emblemático de Teuchitlán, Jalisco, con un avance en el 40 % de los habitantes de este municipio, quienes conocen a las especies que se encuentran extintas en el medio natural, y

reconocen con una proporción del 80 % de los habitantes encuestados que *Z. tequila* es una de las especies importantes en el ensamblaje faunístico de los sistemas acuáticos del municipio.

Se reconoce que el programa de educación ambiental debe priorizar todos los ejes planteados en el esquema de la transformación de paradigmas, impulsando iniciativas en la educación formal y no formal, ya que después del evento de evaluación se delimitan algunos retrocesos en el conocimiento de programas que favorecen la conservación de la fauna silvestre y el listado y función ecosistémica de las especies que han sido extirpadas del medio natural.

Como fortalezas del programa de educación ambiental se consideran los vínculos de colaboración institucional con el Colegio de Bachilleres del Estado de Jalisco, plantel Teuchitlán y el gobierno municipal de Teuchitlán, Jalisco, así como la participación destacada de miembros estratégicos de la sociedad civil, entre los que destacan la asociación PROTEU y la agrupación de la Rana Lectora, estrategia que permitirá que las acciones de conservación continúen en el mediano plazo.

Se considera que las actividades del programa de educación ambiental deben continuar en el corto plazo, para alcanzar a los sectores de la población de la cabecera municipal que aún están pendientes por atender, así como de las agrupaciones de ganaderos, pescadores, ejidatarios y los titulares de la pequeña propiedad que se encuentran asociados a la zona de influencia de los manantiales, el río y la presa de la Vega, involucrando de forma permanente al Consejo que administra el sitio Ramsar en éste embalse.

## **10. Conclusiones generales del proyecto**

El presente proyecto representa unos de los pocos casos exitosos de reintroducción de una especie extinta de pez en México. La aproximación desarrollada en el presente proyecto, la cual constó en el análisis general del hábitat y las especies que habitan la zona de reintroducción, detectar las posibles interacciones de la especie a reintroducir y las especies que se encuentran en el sitio, ubicar el mejor sitio para iniciar la reintroducción, detectar posibles problemas en el proceso de reintroducción, mitigar dichos problemas, estudiar y analizar de manera detallada la

población cautiva a ser reintroducida, llevar a cabo el proceso de reintroducción de manera controlada, dar seguimiento minucioso al proceso de reintroducción y desarrollar estrategias de educación ambiental y monitoreo comunitario que garantice la conservación a largo plazo de la especie reintroducida. Todo este proceso se logró de manera eficiente, por lo que la especie *Zoogoneticus tequila* se encuentra actualmente reintroducida en los manantiales de Teuchitlán, con una tendencia poblacional a la alza, con organismos nacidos *in situ* ya en fase reproductiva, sin embargo, debido al poco tiempo que duro el monitoreo de la población reintroducida, no se tienen datos suficientes que aseguren el establecimiento de la especie en el río Teuchitlán. El programa de educación ambiental y de monitoreo comunitario también arrojó resultados positivos, ya que los resultados sugieren que la población de Teuchitlán incrementó su conocimiento e interés por la conservación de su entorno y en especial del río, con grupos de personas locales que están dando el seguimiento a las actividades planteadas, sin embargo, se considera que una intervención a más largo plazo puede asegurar la incorporación de más personas e incluso de las escuelas locales al proceso de educación para la conservación del entorno natural de Teuchitlán.

## 11. Referencias

- Arbuatti, A. L. Della Salda, y M. Romanucci. 2013. Pathology Survey on a Captive-Bred Colony of the Mexican Goodeid, Nearly Extinct in the Wild, *Zoogoneticus tequila* (Webb y Miller 1998). *The ScientificWorld Journal*. 2013; ID 401468, 6 pp.
- Bailey N.W., C. Macías Garcia y M. G. Ritchie. 2007. Beyond the point of no return? A comparison of genetic diversity in captive and wild populations of two nearly extinct species of Goodeid fish reveals that one is inbred in the wild. *Heredity*. 98, 360–367 pp.
- Banderas P. E. 2011. Indicadores para realizar programas de Educación Ambiental. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología UMSNH. Morelia, Michoacán. 148 pp.



- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Zinder y J. B. Stribling. 1999. Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish. Second Edition. EPA 841 – B41-99-002. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D.C
- Bearlin, A. R., Schreiber, E. S. G., Nicol, S. J., Starfield, A. M., y Todd, C. R. 2002. Identifying the weakest link: simulating adaptive management of the re-introduction of a threatened fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 59, 1709–1716 pp.
- Beck, B. B., Rapaport, L. G., Price, M. S., y Wilson, A. C. 1994. Reintroduction of captive-born animals. In *Creative conservation*. Springer, Dordrecht. 265-286 pp.
- Boto, L., y I. Doadrio. 2003. Polymorphic microsatellites in two different species of the genus *Zoogoneticus* Meek, 1902 (Goodeidae, Actynopterygii). *Molecular Ecology* 3:70–72 pp.
- Bunte, K. y S .R. Abt. 2001. Sampling Surface and Subsurface Particle-Size Distributions in Wadable Gravel- and Cobble-Bed Streams for Analyses in Sediment Transport, Hydraulics, and Streambed Monitoring. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-74. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station. 428 pp.
- Burch, B. J, y A. Cruz-Reyes. 1987. Clave genérica para la identificación de gastrópodos de agua dulce en México. Primera edición. Instituto de Biología. UNAM. México.
- Calvo, S., González, M., 1999. “Libro Blanco de la Educación Ambiental en España. Ministerio de Medio Ambiente”, Secretaría General de Medio Ambiente.
- Canto-Maza W. G. y M. E. Vega-Cendejas. 2008. Hábitos alimenticios del pez *Lagodon rhomboides* (Perciformes: Sparidae) en la laguna costera de Chelem, Yucatán, México. *Rev. Biol. Trop.* 56 (4): 1837-1846 pp.

- Cortés, E. 1997. A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 54:726-738 pp.
- Comas, A. G. 1996. *Los Chlorococales dulceacuícolas de Cuba*. J. Cramer. Stuttgart Berlin. 100 pp.
- Conforti V. 1986. *Euglenophyta*. Strauss Offsetdruck. Hirschberg, Germany. 301 pp.
- Costello, M. J. 1990. Predator feeding strategy and prey importance: a new graphical analysis. *Journal of Fish Biology*, 36: 261-263 pp.
- Chao, A. 1984. Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scand. J. Statist.*, 11: 265-270 pp.
- De La Vega Salazar M. Y., E., Ávila-Luna y C., Macías-García. 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 pp.
- Deffis, C. A. 1989. *La basura es la solución*. México, D.F: Editorial Concepto.
- Dillard G. E. 1990. *Freshwater algae of the Southeastern United States Part. 3. Chlorophyceae: Zygnematales: Zygnemataceae, Mesotaenaceae, and desmidiaceae (section 1)*. J. Cramer Germany. 172 pp.
- Domínguez-Domínguez O., Zambrano L., Escalera-Vázquez L. H., Pérez-Rodríguez R. y Pérez-Ponce de León G., 2008a. Changes in the distribution of goodeids (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) in river basins of Central Mexico. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79(2): 501-512 pp.
- Domínguez-Domínguez O., Pérez-Rodríguez R. y Doadrío I. 2008b. 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 pp.
- Dzul-Caamal R., H. F. Olivares-Rubio, C. G. Medina-Segura y A. Vega-López. 2013. Endangered Mexican fish under special protection: Diagnosis of

- habitat fragmentation, protection, and future a review. In: Lucas-Borja M. E. (Ed.) *Endangered species: habitat, protection and ecological significance*. Nova Science Publishers, New York, 109-130 pp.
- Elías-Gutiérrez, M. 2006. Estudio comparativo del zooplancton en dos regiones de México. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. AS019. El Colegio de la Frontera Sur, Distrito Federal, México.
  - Elías-Gutiérrez, M., E. Suárez-Morales, M. A. Gutiérrez-Aguirre, M. Silva-Briano, J. G. Granados y T. Garfias. 2008. Cladóceros y copépodos de las aguas continentales de México. Guía ilustrada. Universidad Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Iztacala, Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, El Colegio de la Frontera Sur, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. México, D. F. 322 pp.
  - Elster, H.J., y W. Ohle. 1974. *Plankton Rotifer Biology and Taxonomy*. Chapter 'Die Rotatorien', Printed from Gebrüder Ranz, Dietenheim-Stuttgart. ISBN 3510407350, 146 pp.
  - Escalera-Vázquez, L. H., O. Domínguez-Domínguez, D. Hinojosa-Garro y L. Zambrano. 2016. Changes in diet, growth and survivorship of the native Teuila Splitfin *Zoogoneticus tequila* in co-occurrence with the non-native Shortfin Molly *Poecilia mexicana*. *Fundam. Appl. Limnol.* 188, 341-351 pp.
  - Franco, L. J., De la Cruz, G., Cruz, G. A., Rocha, R. A., Navarrete, S. N., Flores, M. G., y Winfield, I. 1985. *Manual de ecología*. Trillas. México, 101-107 pp.
  - Froese, R. 2006. Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, 22, 241–253 pp.
  - Gozlan R. E., J. R., Britton, I. Cowx y G.H. y Copp 2010. Current knowledge on non-native freshwater fish introductions. *Journal of fish biology*, 76(4), 751-786 pp.

- Hammer, Ø., Harper, D. A. T. y Ryan y P. D. 2001. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia Electronica* 4(1): 9 pp.
- Huff, D. D., Miller, L. M., Chizinski, C. J., y Vondracek, B. 2011. Mixed-source reintroductions lead to outbreeding depression in second-generation descendents of a native North American fish. *Molecular Ecology*, 20(20), 4246-4258 pp.
- Iserentant R., L. Ector, F. Straub y Hernández-Becerril D.U.. 1999. Mé-thodes et techniques de préparation des échantillons de diatomées. *Cryptogamie Algology* 20: 143-148 pp.
- Jiménez-Badillo, M., y Nepita-Villanueva, M. R. 2000. Espectro trófico de la tilapia *Oreochromis aureus* (Perciformes: Cichlidae) en la presa Infiernillo, Michoacán-Guerrero, México. *Revista de Biología Tropical*, 48(2-3), 487-494 pp.
- John M. D., B. A. Whitton y A. J. Brook. 2002. The freshwater algae flora of the British Isles: an identification guide to freshwater and terrestrial algae. Cambridge University Press. 702 pp.
- Karr, J.R. 1981. Assessment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6:21-27 pp.
- Komárek J. y K. Anagnostidis. 2001. Cyanoprokaryota 1. Teil: Chroococcales. Ed. Spektrum Akademisher Verlag. 548 pp.
- Komárek J. y K. Anagnostidis. 2002. Cyanoprokaryota 2. Teil: Oscillatoriales. Ed. Spektrum Akademisher Verlag. 759 pp.
- Komárek J. y K. Anagnostidis 2005. Cyanoprokaryota 2 Teil: Oscillatoriales. Elsevier. Italy. 759 pp.
- Koste, W. 1978. Rotatoria. Die Rädertiere Mitteleuropas. Ein Bestimmungswerk, begründet von Max. Vol 2 Tafelband. Voigt Überordnung Monogononta. Germany. 673 pp.
- Koste, W. y Shiel, R.J. 1987. Rotifera from Australian inland waters II. Ephyphaniidae and Brachionidae (Rotifera: Monogononta). *Invertebrate Taxonomy*. 1: 949-1021 pp.

- Koste, W. y Shiel R. J. 1989. Rotifera from Australian inland waters III. Euchlanidae, Mytilinidae and Trichotriidae (Rotifera: Monogononta). Transactions of the Royal Society of South Australia. 113: 85-114 pp.
- Krammer K. 2000. Diatoms of Europe. Ed. Lange-Bertalot. Vol I. The genus *Pinnularia*. H. Lange-Bertalot (Ed.). ARG Gantner Verlag K.G. 703 pp. y 217 laminas.
- Krammer K. 2002. Diatoms of Europe. Ed. Lange-Bertalot. Vol III. *Cymbella*. Gantner Verlag K.E. Germany. 584 pp.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1986. Bacillariophyceae. Teil 1: Naviculaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning y D. Mollenhauer (eds.) Die Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/1:876 pp. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart. 876 pp.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1988. Bacillariophyceae. Teil 2: Bacillariaceae, Ephitemiaceae, Surirellaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning y D. Mollenhauer (eds.) Die Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/2: 596 pp. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1991a. Bacillariophyceae. Teil 3: Centrales, Fragillariaceae, Eunotiaceae. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning y D. Mollenhauer (eds.) Die Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/3: 576 pp. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart.
- Krammer K. y Lange-Bertalot H. 1991b. Bacillariophyceae. Teil 4: Achnanthaceae. Kritische Ergänzungen zu *Navicula* (Lineolatae) und *Gomphonema*. Gesamtliteraturverzeichnis Teil ¼. In H. Ettl, J. Gerloff, H. Heyning y D. Mollenhauer (eds.) Die Süßwasserflora von Mitteleuropa Band 2/4:438 pp. Gustav. Fischer Verlag: Stuttgart.
- Krebs, C. J. 1985. Ecología: estudio de la distribución y la abundancia. Edit. Harla. México.
- Krebs C. J. 1989. Ecological methodology. New York Harper Collins.
- López-López E. y J. Paulo-Maya, 2001. Changes in the fish assemblages in the upper río Ameca, México. Journal of Fresh water Ecology 16(2), 179-187 pp.

- López-López E., J., Paulo-Maya, A. L., E., Carvajal Ortiz-Ordóñez, E., Uría-Galicia y Mendoza-Reynosa E. 2004. Populations of the Butterfly Goodeid (*Ameca splendens*) in the Upper Rio Ameca Basin, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology* 19: 575-580 pp.
  - Lyons, J., S. Navarro-Pérez, P. Cochran A., E. Santana C. y M. Guzmán-Arroyo. 1995. Index of Biotic integrity based on Fish assemblages for the conservation of streams and rivers in west-central Mexico. *Conservation Biology* 9: 569-584 pp.
  - Lyons, J., A. Gutiérrez-Hernández., E. Díaz-Pardo, E. Soto- Galera, M. Medina-Nava y R. Pineda-López. 2000. Development of a preliminary index of biotic integrity (IBI) based on fish assemblages to assess ecosystem condition in the lakes of central Mexico. *Hydrobiologia* 418:57-72 pp.
  - Margalef, D.R. 1958. Information Theory in Ecology. *General Systematics*, 3: 36-71 pp.
  - Martínez, T. M. 1983. Contribución al conocimiento de *Poecillia sphenops* Valenciennes (Pisces: Poecilliidae), en la presa de Zicuirán, Mich.". Tesis de licenciatura. UMSNH.
  - Mercado-Silva, N., Lyons, J. D., Maldonado, G. S., y Nava, M. M. 2002. Validation of a fish-based index of biotic integrity for streams and rivers of central Mexico. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12(2-3), 179-191 pp.
  - Merrit, R. W. y K. W. Cummins, editors. 1996. An introduction to the aquatic insects of North America, tercer edición. Kendall/Hunt, Dubuque, Iowa
  - Merrit, R. W., K. W. Cummins y M. B. Berg. 2008. An Introduction to the AQUATICS INSECTS of NORTH AMERICA. Cuarta edición Kendall/Hunt Publishing Company. U.S.A.
- Mexicana, N. O. (2002). Norma Oficial Mexicana NOM-059-ECOL-2002, que determina las especies y subespecies de flora y fauna silvestre terrestre y acuática en peligro de extinción, amenazadas, raras y sujetas a protección especial, y establece especificaciones para su protección. *Diario Oficial de la Federación*, 6.

- Miller R. R. y L. M. Smith. 1986. Origin and geography of the fishes of central Mexico. PP: 487-517 In: C. R. Hocutt y E. O. Wiley (eds). Zoogeography of North American Fresh water Fishes. John Wiley y Sons, New York.
- Nogrady, T. y H. Segers (Eds.). 2002. Rotifera. Vol. 6. Asplanchnidae, Gastropodidae, Lindiidae, Microcodidae, Synchaetidae, Trochosphaeridae and Filinia. Guides to the identification of the microinvertebrates of the continental waters of the world. Backhuys Publishers. Belgium. 264 pp.
- Olivier, S. R. 1965. Rotíferos planctónicos de Argentina. Con claves de las principales especies, datos biológicos y distribución geográfica. Revista del Museo de La Plata Zoología, 8, 177-260 pp.
- Patrick R. y W. C. Reimer. 1966. The diatoms of the United States exclusive of Alaska Hawaii. Monograph of the Academy of natural Sci. of Philadelphia. I (13); XI 688 pp.
- Patrick R. y W. C. Reimer. 1975. The diatoms of the United States exclusive of Alaska and Hawaii. Monograph of the Academy of natural Sci. of Philadelphia. II (13); XI 213 pp.
- Pauly, D., Froese, R., Sa-a, P. S., Palomares, M. L., Christensen, V., y Rius, J. (2000). TrophLab manual. ICLARM, Manila, Philippines.
- Pennak, W. 1978. Fresh Water Invertebrates of the United States. John Willey and Sons, USA. 803 pp.
- Pérez-Munguia, R. M. y R. Pineda-López. 2005. Diseño de un Índice de Integridad para Ríos y Arroyos del Centro de México, usando las asociaciones de Macroinvertebrados. Entomología Mexicana. 4: 242-245 pp.
- Prescott, R. y Vinyard, C. W. 1982. A synopsis of north American desmids. University of Nebraska Press. United States of American. 685 pp.
- Ramírez-Herrejón, J. P., Nava, M. M., y Salasar-Tinoco, C. I. 2007. Algunos aspectos reproductivos de. Zoogoneticus quitzeoensis, 63-71 pp.
- Ramírez-Herrejón, J. P., Mercado-Silva, N., Medina-Nava, M., y Domínguez-Domínguez, O. 2012. Validación de dos índices biológicos de integridad

- (IBI) en la subcuenca del río Angulo en el centro de México. *Revista de Biología Tropical*, 60(4).
- Ramírez-Herrejón J. P. 2013. Ecología trófica de *Cyprinus carpio* y su relación con la estructura comunitaria de peces del lago de Pátzcuaro, Michoacán. Tesis de doctorado, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste, S. C.
  - Rodríguez P. G. 2008. Programa de educación ambiental lúdica del “ecocentro del Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología UMSNH. Morelia Michoacán. 168 pp.
  - Rodríguez P. G. 2008. Programa de educación ambiental lúdica del “ecocentro del Cupatitzio”, Uruapan, Michoacán, México. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología UMSNH. Morelia Michoacán. 168 pp.
  - Rosgen, D. 1996. Applied River Morphology. Wildand Hydrology. USA
  - Sarma, S. S. S., y Elías-Gutiérrez, M. 1999. Rotifers (Rotifera) from four natural water bodies of Central Mexico. *Limnologia-Ecology and Management of Inland Waters*, 29(4), 475-483 pp.
  - Shute, J. R. Rakes, P. L. y Shute, Peggy W. 2005. Reintroduction of four imperiled fishes in Abrams Creek, Tennessee. *Southeastern Naturalist*. vol. 4, no 1, p. 93-110 pp.
  - Sládeček, V. 1973. System of water quality from the biological point of view. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung.
  - Round F. E., R. Crawford M. y D. Mann G. 2000. The Diatoms biology y Morphology of the Genera. Cambridge University Press. Great Britain. 747 pp.
  - SEMADET Jalisco. 2014. Programa de conservación y manejo presa de la Vega. Secretaria de Medio Ambiente y Desarrollo Territorial del Estado de Jalisco. <http://semadet.jalisco.gob.mx/desarrollo-territorial>
  - Sládeček, V. 1973. The reality of three British biotic indices. *Water Research*, 7(7), 995-1002 pp.
  - Stark, W. y R. Schroeder, 1970. Investigation on the grey Snapper *Lutianus griseus*. *Studies in Tropical Oceanography*. 101: 210-224 pp.



- Thorp, H. J. y Covich P. A. 2001 Ecology and classification of North American Freshwater invertebrates. Ed. Academic Press. 1056 pp.
- Toledo, V.M. 1998 La diversidad biológica de México. Ciencia y Desarrollo. México.
- Trujillo-Jiménez, P., y Toledo Beto, H. (2007). Alimentación de los peces dulceacuícolas tropicales *Heterandria bimaculata* y *Poecilia sphenops* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). Revista de Biología Tropical, 55(2), 603-615 pp.
- Utermöhl, H. 1958. Improvement of quantitative phytoplankton analysis. Met Mitt Int Ver Limnol, 9, 1-38 pp.
- Van der Veer G., y W. Nentwig. 2014. Environmental and economic impact assessment of alien and invasive fish species in Europe using the generic impacts coring system. Ecology of Fresh water Fish.84:646-656 pp.
- Venegas E. R. 2009. Educación ambiental en el nivel primario de la escuela Ignacio Zaragoza del Municipio de Álvaro Obregón (Cabecera) Morelia Michoacán. Tesis de Licenciatura. Facultad de Biología UMSNH. Morelia Michoacán. 137 pp.
- Vitousek P. M., C. M. D'Antonio, L. L. Loope y R. Westbrooks. 1996. Biological invasions as global environmental change. American Scientist 84:468–478 pp.
- Webb S. A., y Miller R. R. 1998. *Zoogoneticus tequila*, a new goodeid fish (Cyprinodontiformes) from the Ameca drainage of Mexico, and a rediagnosis of the genus. Occasional Papers of the Museum of Zoology the University of Michigan No. 725, 23 pp.
- Wiggins, B. G. 1996. Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera). Second Edition. University Of Toronto Press. U.S.A.
- Yáñez-Arancibia A., J. Curriel-Gómez y V. L. de Yáñez. 1976. Prospección biológica y ecológica del bagre marino *Galeichthys caerulescens* (Gunther), en el sistema lagunar costero de Guerrero, México (Pises: Ariidae). Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología. UNAM. México. 3 (1): 125-180 pp.

- Zimmermann, S. 2005. Reproducción de Tilapias, in Reproducción de peces en el trópico (ed Landines, M.), Instituto Colombiano de Desarrollo Rural (INCODER). Imprensa Nacional de Colombia, Bogota, Colombia. p. 147-164 pp.