



BENEMÉRITA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE PUEBLA

---

FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS

Evaluación de la relación longitud peso y factor de condición de hembras y machos de *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848) y *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) de la represa "Los Pinos", San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
LICENCIADO EN BIOLOGÍA

PRESENTA:  
ISRAEL LUNA CABALLERO

DIRECTOR DE TESIS  
Mtro. Hugo Rodolfo Molina Arroyo  
ASESORES DE TESIS  
Dra. María Concepción López Téllez  
Dr. Angel Alonso Romero López



JULIO 2024

**Dedicatoria**

**A mis padres y hermanos.**

## **Agradecimientos**

**Al Mtro. Hugo Rodolfo Molina Arroyo por su importante apoyo.**

**A mis sinodales por sus valiosas aportaciones.**

**A los que de alguna manera contribuyeron con la realización de este trabajo.**

## Índice

	Página
Dedicatoria	<i>i</i>
Agradecimientos	<i>ii</i>
Índice	<i>iii</i>
Lista de figuras	<i>iv</i>
Lista de Tablas	<i>v</i>
1. Resumen	1
2. Introducción	2
2.1 Familia poecilidae	2
2.2 <i>Heterandria bimaculata</i>	2
2.3 <i>Poeciliopsis gracilis</i>	4
2.4 Peces exóticos, translocación	6
2.5 Crecimiento, relación longitud peso y factor de condición	9
2.6 Revisión sistemática	12
3. Antecedentes	15
4. Justificación	16
5. Objetivos	17
6. Materiales y métodos	18
7. Resultados	26
8. Discusión	40
9. Conclusiones	53
10. Literatura citada	54
11. Anexos	66

## Lista de Figuras

	Página
<b>Figura 1.</b> Juvenil hembra (♀) y macho (♂) de <i>Heterandria bimaculata</i> , se destacan sus características morfológicas (Heckel, 1848).	3
<b>Figura 2.</b> Juveniles de <i>Poeciliopsis gracilis</i> que muestran sus características morfológicas (Heckel, 1848).	5
<b>Figura 3.</b> Vista aérea de la represa “Los Pinos”, Municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México. Modificada de Jaime Millan. Nov 26, 2018	18
<b>Figura 4.</b> Vista satelital de la represa “Los Pinos” en el municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.	18
<b>Figura 5.</b> Longitud total (LT, cm) como medida biométrica del modelo de estudio. Se muestra un ♂ de <i>Heterandria bimaculata</i> .	20
<b>Figura 6.</b> Proceso para la obtención de la información requerida. Modificado de Codina, 2017 y Gómez -Luna, 2014.	23
<b>Figura 7.</b> Diagrama explicativo para obtener información mediante una búsqueda bibliográfica sistematizada. Modificado de Codina, 2017 y Gómez -Luna, 2014.	23
<b>Figura 8.</b> Relación longitud-peso de los machos juveniles de <i>Heterandria bimaculata</i> de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.	27
<b>Figura 9.</b> Relación longitud-peso de las hembras juveniles de <i>Heterandria bimaculata</i> de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.	28
<b>Figura 10.</b> Relación longitud-peso de los machos juveniles de <i>Poeciliopsis gracilis</i> de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.	29
<b>Figura 11.</b> Relación longitud-peso 236 individuos hembra de <i>Poeciliopsis gracilis</i> de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.	30
<b>Figura 12.</b> Factor de condición K para juveniles hembras y machos de <i>H. bimaculata</i> y <i>P. gracilis</i> obtenidos de la represa “Los Pinos” San Pedro Zacachimalpa	31

## Lista de Tablas

	Página
<b>Tabla 1.</b> Formulación o construcción de: ecuaciones de búsqueda y palabras clave para el poecílido <i>Heterandria bimaculata</i> .	24
<b>Tabla 2.</b> Formulación o construcción de: ecuaciones de búsqueda y palabras clave para el poecílido <i>Poeciliopsis gracilis</i>	24
<b>Tabla 3.</b> Lista de motores o buscadores empleados para la búsqueda bibliográfica	25
<b>Tabla 4.</b> Peso y longitud total, parámetros determinados de la relación longitud peso, para hembras y machos de <i>H. bimaculata</i> , obtenidos de la represa “Los Pinos” en el municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.	27
<b>Tabla 5.</b> Peso y longitud total, parámetros determinados de la relación longitud peso, para hembras y machos de <i>P. gracilis</i> , obtenidos de la represa “Los Pinos” en el municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.	29
<b>Tabla 6.</b> Factor de condición K para juveniles hembras y machos de <i>H. bimaculata</i> y <i>P. gracilis</i> , de la represa “Los Pinos”, de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.	31
<b>Tabla 7.</b> Parámetros fisicoquímicos del agua de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México. Se indican valores promedio del mes de noviembre del 2022.	32
<b>Tabla 8.</b> Parámetros del suelo obtenidos del suelo de la represa “Los Pinos”, durante el en San Pedro Zacachimalpa Puebla.	32
<b>Tabla 9.</b> Número total de resultados de la búsqueda para <i>Heterandria bimaculata</i>	33
<b>Tabla 10.</b> Número total de resultados de la búsqueda para <i>Poeciliopsis gracilis</i>	33
<b>Tabla 11.</b> Estudios científicos realizados con el poecílido <i>H. bimaculata</i> , se señala al autor, año, nombre del trabajo, sitio, tema que aborda y los resultados de la RLP y FC	34
<b>Tabla 12.</b> Estudios científicos realizados con el poecílido <i>P. gracilis</i> , se señala al autor, año, nombre del trabajo, sitio, tema que aborda y los resultados de la RLP y FC.	37

## Resumen

Los poecílidos: *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis*, se caracterizan por su tolerancia a desechos de origen urbano e industrial, aspectos que, al parecer, les permite sobrevivir y adaptarse a los nuevos ambientes en los que se encuentran como invasores. Tal es el caso de la represa “Los Pinos”, al Sur de la Ciudad de Puebla. Resulta relevante reconocer algunos aspectos morfométricos que den respuesta de su estado actual. Con este propósito, se analizó la relación longitud-peso (RLP) para machos y hembras de *H. bimaculata* y *P. gracilis* determinando el modelo de crecimiento ( $W=aL^b$ ). Así mismo, se evaluó el factor de condición (FC) para reconocer su “estado de bienestar”, esto a través de la formula  $K=100W/L^3$ . Tomando en cuenta el impacto de los peces invasores se llevó a cabo, una revisión bibliográfica sistemática, identificando los trabajos realizados sobre ambas especies. Se estableció que el modelo de ajuste más adecuado, en todos los casos, es de tipo potencial ( $W=aL^b$ ) con  $R^2 >0.90$ , así mismo, se determinó, que el crecimiento es de tipo alométrico positivo ( $b=3.17$  y  $3.11$ ) para machos y hembras de *H. bimaculata* denotando organismos más rollizos que largos, por el contrario, el crecimiento se reporta de tipo alométrico negativo ( $b=2.79$  y  $2.69$ ) para machos y hembras de *P. gracilis* señalando peces más largos que rollizos. Se ha postulado que estos valores en *P. gracilis* son resultado de la estrategia reproductiva de las hembras (superfetación), presentando cuerpos hidrodinámicos. En cuanto al FC se determinó que en general estos peces gozan de buena condición, con valores de  $1.28 \pm 0.013$  para machos y de  $1.3 \pm 0.013$  para las hembras de *H. bimaculata* y de  $1.2 \pm 0.015$  y  $1.1 \pm 0.011$  para machos y hembras de *P. gracilis* respectivamente. Su estado de bienestar refleja que el ambiente en el que se ubican (represa “Los Pinos”) es adecuado para desarrollo y reproducción de ambas especies, surtiendo nuevos ejemplares a la Presa Manual Ávila Camacho, parte del alto Balsas, con el impacto que esto representa para el sistema. Respecto a la revisión documental (17 motores de búsqueda) se registraron aproximadamente 392 documentos que abordan estas especies, destacando los temas: sistemática, evolución, etología, parasitología, genética, especies invasoras, reproducción, morfología, biología molecular e ictiología. Sobre el tema específico de RLP y FC se reconocieron un total de 6 artículos para *H. bimaculata* y 6 artículos para *P. gracilis*.

**Palabras Clave:** *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis*, modelo de crecimiento, factor de condición.

## 2. Introducción

### 2.1 La familia poeciliidae

La familia Poeciliidae está organizada en 190 especies, que se clasifican en 22 géneros, son conocidos como: guayacones y topotes, habitan en aguas dulces y salobres. Pueden tener tallas que van desde los 3 a los 7cm de longitud total y excepcionalmente se observan tallas de 20cm (Miller et al., 2005). Se encuentran distribuidos desde el este de los Estados Unidos hasta el noroeste de Argentina, también habitan en África que incluye Madagascar (Miller et al., 2005; Nelson, 2006). La familia esta constituida por tres subfamilias: Aplocheilichthyinae, Procatopodinae y Poeciliinae (Ghedotti, 2000). Los organismos de la subfamilia Poeciliinae se encuentran distribuidos desde el sureste de Canadá hasta el noreste de Argentina y Uruguay, así como el Caribe (Nelson, 2016).

En los machos de esta familia el órgano reproductor intromitente está constituido por una aleta anal que genera un gonopodio (Nelson, 2016). En cuanto a su estrategia reproductiva son vivíparos (Livebearers, “portadores de vida”) y algunas otras especies tienen superfecundación (Miller et al., 2005). Su alimentación puede fluctuar de acuerdo con la época del año, la localidad y la disponibilidad de alimento (Schoener, 1982, citado en Trujillo-Jiménez y Toledo Beto, 2007).

### 2.2. *Heterandria bimaculata*

La especie *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848) se le conoce comúnmente como: guatopote manchado, gupy o moly. El cuerpo de *H. bimaculata* es alargado, un poco robusto, no muy comprimido, con una cabeza aplanada en el dorso, tanto el gonopodio como las bases de la aleta dorsal son muy largos, con pectorales cortas y amplias, aleta caudal redondeada y un pedúnculo caudal alto. Dos manchas una en el opérculo y otra en el pedúnculo caudal. Tiene los bordes de las escamas de los costados oscurecidos, en ocasiones cuatro barras verticales difusas a los costados del cuerpo (Huidobro Campos, 2000), (Fig. 1)



Reino: Animal

Filo: Cordados

Subfilo: craneados

Clase: Actinoptergios

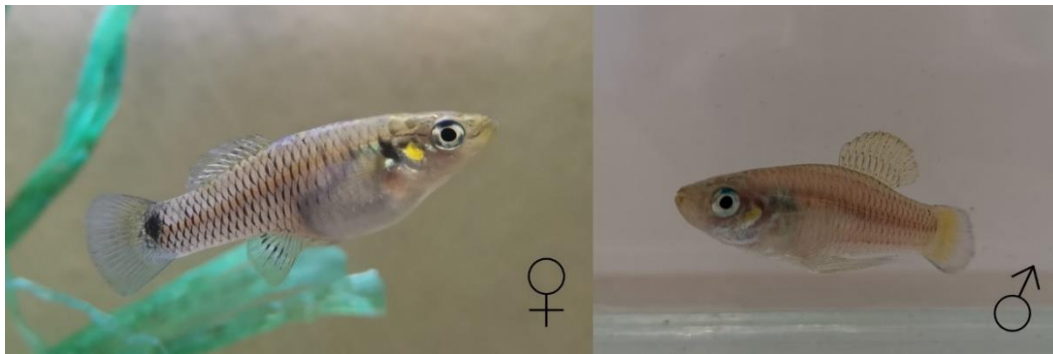
Orden: Ciprinodontiformes

Familia: Poecílidos

Género: Heterandria

Especie: *H. bimaculata*, *Pseudoxiphophorus bimaculatus*

Nombres comunes: Guatopote manchado, gupy o moly, Twospot livebearer (en inglés)



**Figura 1.** Juvenil hembra (♀) y macho (♂) de *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848), se destacan sus características morfológicas.

Esta especie se encuentra en la vertiente del Atlántico, justamente en las partes medias y bajas de arroyos desde el río Misantla, Veracruz, hasta el río Prinzapolka, Nicaragua (Miller et al., 2005; Anexo 1). Estos poecílidos tienen una amplia distribución geográfica acompañados generalmente por otros poecílidos como: *Xiphophorus helleri*, *Poeciliopsis gracilis* y *Poecilia* sp. (Gómez- Márquez et al., 1999).

Estos peces prefieren aguas sombreadas que contengan hojas caídas y pilas de materia vegetal o plantas ribereñas sobre el agua. Se puede encontrar en arroyos, estanques pantanosos, lagunas, manantiales, ríos y principalmente en aguas lénticas, aunque también se puede encontrar en aguas con corriente moderada fuerte a una profundidad de hasta aproximadamente 1.3 m. (Miller et al., 2005).

*Heterandria bimaculata* es un organismo vivíparo lecitotrófico lo cual por definición indica que el embrión consume los nutrientes necesarios para su desarrollo a través del vitelo (Wourms, 1981). Además de que se trata de un organismo que no presenta superfetación es decir que el desarrollo de todos los embriones sucede al unísono (Gómez-Márquez et al., 1999).

Puede encontrarse en diversos tipos de sustratos, como el sustrato de lodo, arcilla, limo, arena, roca, marga, cantos rodados y detritus (Mar et al., 2021). El agua puede ser fría como cálida, este pez puede habitar ambientes salobres, tolera aguas contaminadas de origen urbano e industrial (Huidobro Campos, 2000). Se trata de una especie que en condiciones naturales consume insectos, otros peces, semillas y restos vegetales. Sin embargo, *H. bimaculata* ingiere principalmente insectos (mosquitos y sus larvas) por esta razón se le debe considerar como una especie carnívora insectívora (Trujillo-Jiménez y Toledo Beto, 2007).

En la Ciudad de Puebla ésta especie se comercializa como alimento para otras especies ictiófagas de acuario y para tortugas, se le encuentra a la venta como “micro charal” en bolsas con atmosfera saturada y acompañado de otras especies. Se le encuentra por lo menos dos días a la semana. Este tipo de comercialización ya lo reporta Huidobro Campos (2000) para todo el País y Mata Saucedo (2007) para las poblaciones que son extraídas de los canales de Xochimilco por los pobladores, en esa región se les conoce como “guatopote manchado” o “gupy”.

### **2.3 *Poeciliopsis gracilis***

La especie *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) es conocida comúnmente como guatopote jarocho, (Miller et al., 2005). Estos organismos poseen un cuerpo alargado, con una cabeza y una boca pequeña, la mandíbula superior es ligeramente más corta que la mandíbula inferior y en cuanto a su pedúnculo caudal es largo. La aleta dorsal tiene siete radios y la anal de siete a nueve radios, sus aletas pélvicas son cortas, la aleta caudal es redondeada y su gonopodio es la aleta anal modificada en machos

adultos. Posee dimorfismo sexual. Tiene de ocho a diez lunares oscuros que son más reducidos que el ojo cuya colocación es desde el opérculo hasta la base de la aleta caudal (Huidobro Campos, 2000), (Fig. 2)

Reino: Animal

Filo: Cordados

Subfilo: craneados

Clase: Actinopterygios

Orden: Ciprinodontiformes

Familia: Poecílidos

Género: *Poeciliopsis*

Especie: *P. gracilis*

Nombres comunes: Guatopote jarocho, Porthole livebearer (en inglés)



**Figura 2.** Juveniles de *Poeciliopsis gracilis* que muestran sus características morfológicas (Heckel, 1848)

Su distribución abarca desde el sur de México hasta Honduras. Por un lado, se puede encontrar de la vertiente del atlántico, Chachalacas, Veracruz, hasta los ríos Grijalva, en México y Guatemala, el Río Montagua en Guatemala y el Río Humuya en Honduras. Por su parte desde la vertiente del pacífico, Río verde, Oaxaca hasta el río Choluteca en Honduras (Espinosa Pérez et al., 1993).

Se inclinan hacia aguas tranquilas de arroyos, estanques de inundación, lagunas, charcos de arroyos, así como márgenes de ríos de tierras bajas. Con corrientes nulas a moderadas a profundidades de hasta 0,6m. Sustratos de arcilla, arena, graba, roca. En cuanto a la vegetación circundante se encuentran: *Myriophyllum*, *Potamogeton*, jacinto de agua (Miller *et al*, 2005).

*Poeciliopsis gracilis* es un organismo vivíparo matrotrófico lo cual por definición indica que el embrión se nutre directamente de la madre durante la gestación (Wourms, 1981). Otra de sus características reproductivas es que presenta superfetación. La superfetación es un suceso en el que las hembras poseen embriones en diferentes etapas de desarrollo (Constantz 1989, citado en Urriola Hernández, 2004).

Es considerada como una especie detritívora (79%), por el porcentaje de registro en su contenido estomacal, también consumen vegetales e insectos (Trujillo Jiménez, 1998, Rodríguez, 2008).

#### **2.4 Peces exóticos, translocación**

Como se ha comentado en cada caso, los poecílidos *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* son dos grupos de organismos que se mencionan en la literatura como especies exóticas o invasoras.

Diferentes autores han tratado de definir este fenómeno, generando una variedad de términos, todos relacionados a aquellos organismos que son “nuevos” en un área. Los términos más recurrentes son, “no indígena, no nativo, alienígena, exótico, introducido, traslocado, trasfaunado, trasplantado o invasor”, para lo cual se tratan de generar una definición particular que trata de explicar en cada caso (Mendoza-Alfaro y Koleff-Osorio, 2014). En todos los casos tienen en común que los organismos (especies o poblaciones) fueron “movidas” de su área de distribución natural como resultado de la actividad humana, esto de manera intencional o accidental.

La definición de “Especie exótica invasora” hace referencia a la especie que al introducirse o dispersarse fuera de su área natural se ha establecido en nuevos ecosistemas (naturales o seminaturales o hábitats), que es un agente de cambio en el sitio, siendo capaz de reproducirse, representando una amenaza a la biodiversidad nativa, la economía o la salud pública.

De manera general se reconocen al menos cinco estadios en el suceso de invasión: a) transporte, b) colonización, c) establecimiento, d) la dispersión local/ regional y e) aumento de la abundancia. Desde luego, cada etapa posee presiones selectivas tanto bióticas como abióticas que determinan el éxito de una especie invasora (Olabarria y Vázquez, 2018).

Las poblaciones de peces nativos se pueden ver perturbadas debido a múltiples factores entre los que se encuentran el ingreso de especies introducidas, estas especies generan un impacto negativo en las especies nativas, destacando: a) la competencia, b) el desplazamiento, c) la hibridación y d) la depredación (Ruíz-Campos et al. 2014).

Recientemente Maceda-Veiga et al. (2022), menciona que no solo las especies exóticas pueden ocasionar problemas ecológicos, sino también, las especies de peces autóctonos que se cambian de lugar en una misma región lo que se denomina *traslocación*. Esto ocasionados por la distribución de los recursos hídricos a través de distintas infraestructuras.

La globalización ha ocasionado que las especies sean dispersadas ya sea de manera intencional o no intencional, esto también tiene que ver con que las barreras naturales son ineficientes, así como por los intereses económicos de las naciones (Vilches et al. 2010). Entre los vectores se encuentran la dispersión natural, la acuicultura, el acuarismo, la pesca deportiva, alimento vivo, control biológico, asistencia social, agua de lastre, canales, actividades recreativas, material flotante, bioincrustaciones, diques

secos y plataformas de perforación, remolques de embarcaciones y actividades recreativas, dispersión natural entre otros (Mendoza-Alfaro et al. 2014).

En México se reconocen un total de 2763 especies de peces representando cerca del 10 % de peces a nivel mundial. En el país se reconoce un número significativo de peces de agua dulce de 505 especies de peces (Espinosa-Perez,2014), sin embargo, en estos ambientes dulceacuícolas se reconoce un fenómeno que cada vez cobra más relevancia, la introducción de especies exóticas, lo cual pone en riesgo la estabilidad de los ecosistemas.

Se sabe que en México una de las causas por la cual los peces exóticos se han dispersado de su lugar de origen es el extensionismo piscícola mismo que es desarrollado por el gobierno tanto estatal como federal y atañe a peces de interés lucrativo tanto para la acuicultura extensiva, como la pesca artesanal y la deportiva (Ruíz-Campos et al., 2014).

El problema de las especies exóticas en México es que no está controlado, tan es así que haciendo una cronología en el año 1904 se mencionaban 4 especies (Meek, 1904, citado en Contreras-Balderas et al., 2008), en 1969, eran 7 especies (Álvarez, 1970, citado en Contreras-Balderas et al., 2008), para 1983, ya eran 55 especies (Contreras-Balderas and Escalante, 1984; citado en Contreras-Balderas et al., 2008), para 1997 se reportaron 94 especies (Contreras-Balderas, 1999; citado en Contreras-Balderas et al., 2008) y para el año 2004 sumaban 118 (Aguirre-Muñoz y Mendoza-Alfaro, 2009).

En la región central del país se han reportado 98 especies nativas y 25 especies exóticas. De estas especies exóticas, nueve son de la familia de los cíclidos, seis de los poecílidos, tres de los ciprínidos, dos de la familia centrárquidos y dos de loricáridos, por su parte para los salmónidos, clupeidos e ictalúridos se reporta una especie (Contreras-MacBeath, 2014).

En el Estado de Puebla la presa Manuel Ávila Camacho (Valsequillo) forma parte del

Área Natural Protegida Parque Estatal “Humedal de Valsequillo”. Este embalse recibe el agua del Ría Atoyac, sin embargo, también desembocan pequeñas corrientes de agua temporales como la proveniente de la represa denominada “Los Pinos”, cuerpo de agua de aprox. 30X50m ubicada en la junta auxiliar de San Pedro Zacachimalpa (municipio de Puebla), a 14 kilómetros de la capital del Estado. Esta represa se construyó con la finalidad de contener agua para abrevadero del ganado de los pobladores y más adelante a funcionado para el cultivo de tilapia para consumo local, sin embargo, otras especies también se han hecho presentes, tal es el caso de los poecílicos *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis*, peces que se vierten a la presa de manera recurrente con el potencial riesgo de distribuirse por todo el sistema.

## **2.5. Crecimiento, relación longitud peso y factor de condición**

El crecimiento se expresa, principalmente, como la variación de cualquier dimensión de un individuo o de una población, en función del tiempo. En específico se reconoce como el cambio en el tamaño, tanto en longitud como en peso, con relación al tiempo, así entonces, cuando un organismo tiende al límite (que es propio de la especie) se dice que crece. El peso húmedo es considerado ideal puesto que con él se obtiene el momento fisiológico del pez (Granado Lorencio, 2002).

Entre los factores que modulan el crecimiento de los peces se han señalado: la nutrición, sexo, estrés, oxígeno disuelto y densidad, la salinidad, temperatura, talla y edad, sistema endócrino y enfermedades (Anguas-Vélez et al., 2003; Beamish, 1996; Canosa et al., 2007; Auró de Ocampo y Ocampo Camberos, 1999; Lucas, 1996; Mancini, 2002; Vásquez-Torres, 2001; Weatherley, 1972; Wedemeyer & McLeay, 1981).

De manera general Granado Lorencio (2002) señala la importancia de recordar la diferencia en los componentes de los “*caracteres morfométricos*”, definiéndolos primero como aquellos que pueden medirse y expresarse con valores numéricos, la morfología estudia la forma y la biometría sus relaciones numéricas. Con respecto a

las medidas de los peces, el mismo autor, establece que pueden ser de tres diferentes tipos: a) Lineal: cuando son relativas a la longitud de la cabeza, diámetro del ojo, etc., b) Superficial: cuando son relativas a la capacidad de absorción, respiración, etc., y c) Tridimensionales: cuando son relativas al volumen, a la forma etc.

En específico, la relación entre la longitud y el peso del organismo, así como el índice de condición íctico pueden proveer información de manera indirecta sobre el crecimiento, madurez, reproducción, nutrición y por lo tanto del estado de salud de una población. Así mismo, permiten la realización de estudios comparativos interpopulacionales (Granado Lorenzo, 1996; Arismendi et al., 2011, citado en Cifuentes, 2012), posteriormente estos estudios pueden ser utilizados en modelos predictivos del comportamiento o la dinámica a nivel de población como a nivel de comunidad (McCallum 2000, citado en Cifuentes et al., 2012).

Froese (2006) narra la historia de la relación longitud peso (RLP) y el factor de condición (FC), reconociendo su relación histórica. El primero al que alude es a Galileo Galilei (1638) quien descubre y menciona “La Ley cuadrado-cúbica”, estableciendo que: *Cuando un objeto crece manteniendo su forma y sus proporciones, su superficie aumenta con el cuadrado de una longitud característica del mismo (P. ej., la altura) y en cambio su volumen aumenta con el cubo de esa misma longitud.* También menciona a Herbert Spencer, autor que en su obra “Principios de biología” de 1864, replantea esta ley de la siguiente manera: *En cuerpos de forma similar, las masas, y por lo tanto los pesos, varían como los cubos de las dimensiones.*

Considerando la mencionada “Ley cúbica”, Fulton (1904) realiza un estudio aplicándola a 5675 peces de 19 especies marinas, reportando que esta ley no se aplica con precisión a los peces, así mismo, señala que la proporción varía según el lugar y la época del año, menciona la pérdida de peso por desove, aunque la recuperación es rápida. Observó que en sus primeras etapas los peces crecen en longitud en una proporción mayor de la que crecen en otras dimensiones, por lo que la RLP es diferente con respecto a organismos más grandes. Por último, señaló que la variación del peso



del organismo (a un tamaño determinado) aumenta mucho a medida que el pez crece en longitud, estableciendo así lo que hoy se conoce como crecimiento alométrico.

En este sentido, Froese (2006), menciona que la mayoría de las especies >90% muestran un crecimiento isométrico, determinado por un incremento del grosor que resulta proporcional a la talla, a lo largo de su crecimiento. Así mismo, señala que especies que presentan valores fuera de rango son debidas a muestras no representativas o también debido a especies que son peculiares que poseen cambios morfológicos sobresalientes durante su ontogenia.

En resumen, el peso corporal de los peces, a lo largo de su vida, se modifica como una potencia de la longitud, siendo posible establecer esta relación a través de la ecuación de la curva  $W = aL^b$ , en donde  $W$  es el peso total (gramos) y  $L$  es la longitud patrón o total (cm), en tanto que  $a$  y  $b$  son constantes. Tomando en cuenta que la longitud es una magnitud lineal y el peso es proporcional al cubo de la longitud, se menciona que si el organismo mantiene su forma el crecimiento es isométrico con un valor de “ $b$ ” igual a 3, por otro lado, cuando no se mantiene la proporcionalidad, el crecimiento es de tipo alométrico, presentando un valor de “ $b$ ” distinto de 3 (alométrico positivo o alométrico negativo). Granado Lorenzo (2002) menciona que en condiciones naturales el valor de “ $b$ ” va de 2.5 a 4 y en pocas ocasiones es igual a 3.

Otra forma de explorar la relación biométrica de la talla ( $L$ , cm) y el peso ( $PH$ , g) de los organismos es mediante el cálculo del Factor de condición ( $K$ ), índice de condición o índice de Fulton, el cual permite evaluar el “estado del bienestar” de los peces. En términos sencillos señala que tan gordos se encuentran los miembros de una población de peces en respuesta a factores ambientales y fisiológicos, de manera independiente de la longitud (Granado Lorenzo, 2002). La interpretación es la siguiente: un valor igual a uno ( $K = 1$ ) indica un cuerpo promedio, con una buena condición y estado nutricional, por otro lado, un valor inferior a 1 ( $K < 1$ ) indica cuerpo esbelto, con menor peso por unidad de longitud, y por último un valor de  $K$  mayor a 1 ( $K > 1$ ) indica un cuerpo más rollizo que largo.

El Factor de condición puede ser calculado en unidades inglesas (libras y pulgadas) o bien en unidades métricas (gramos y milímetros), si bien se considera que el sistema métrico es más fácil de usar. El factor de condición se calcula con la fórmula de Fulton  $K= 100/W/L^3$  en donde  $W$  es el peso corporal húmedo en gramos en tanto que  $L$  es la longitud en cm (Ricker, 1975; Granado Lorenzo, 2002).

## 2.6. Revisión sistemática

La revisión bibliográfica es uno de los elementos básicos de un trabajo científico o académico, la revisión hace referencia a la consulta que se lleva a cabo en diferentes fuentes de información tales como: bases de datos, buscadores, catálogos, repositorios, entre otros, esto con el fin de recuperar documentos en diferentes formatos, entendiéndolo entonces como *“el análisis de documentos para obtener la información más destacada en el campo de estudio”*. Existen otras formas de denominar a la revisión bibliográfica tales como búsqueda documental, investigación bibliográfica o documental o revisión de antecedentes (Martín y Lafuente, 2017; Gómez-Luna et al., 2014).

Por su parte, Codina (2020) señala que las **revisiones bibliográficas** cumplen con múltiples funciones, entre las que se encuentran: a) garantizar a los evaluadores que los autores entienden el contexto de la investigación, b) se trata de una demostración de que el investigador maneja, analiza e interpreta la información científica, c) Se evita la repetición de investigaciones, así como el uso de teorías obsoletas, d) contribuyen a detectar áreas de oportunidad en la investigación, e) se enriquecen las ideas y modelos para posteriores investigaciones, f) contribuyen al marco teórico y metodológico de investigaciones nuevas, y g) son fundamentales por el aporte de las evidencias para el “estado de la cuestión” y trabajos de revisión.

El mismo autor (Codina, 2020) menciona que existen dos clases de revisiones bibliográficas: a) las **tradicionales**, aquellas que se realizan con base en la experiencia

del investigador, sin seguir un protocolo de manera estricta y se presentan en la mayoría de los trabajos académicos y b) las **sistemáticas**, aquellas que se realizan empleando un protocolo estricto. A continuación, sus características:

- a. Se establecen las bases de evidencias o también llamado banco de documentos sobre los siguientes principios: transparencia y trazabilidad.
- b. Se identifican y seleccionan los documentos a través de fuentes fidedignas, tales como bases de datos académicas y además incluyendo criterios explícitos de inclusión y exclusión.
- c. Presentación de esquemas explícitos de análisis de la documentación.
- d. Los resultados deben ser presentados por medio de distintas estrategias de síntesis, entre las que se encuentran: tablas, diagramas, así como síntesis narrativas.

Con base en las características mencionadas, por protocolo, se espera que las revisiones sistemáticas declaren y hagan explícitos los siguientes aspectos: a) Las fuentes utilizadas y el procedimiento de búsqueda, b) Criterios de inclusión y exclusión (conjuntos de documentos que se consideran para un trabajo, c) Esquemas de análisis que se emplean para analizar la información recabada de manera sistemática y d) Llevar a cabo procedimientos de síntesis y presentación de resultados.

Así entonces, las revisiones bibliográficas (en cualquier campo del conocimiento) deben seguir un protocolo para garantizar que el tema de interés sea estudiado, enfocándose en los documentos más relevantes para la investigación. Para ello Gómez-Luna et al., (2014) establecen el siguiente proceso: a) Definición del problema, b) búsqueda de la información, c) organización de la información y d) análisis de información.

Con respecto a la definición del problema, se parte del hecho de reconocer que se tiene una necesidad de información, por lo tanto, para acceder a ella se deben plantear ciertos criterios como: a) **palabras clave**, también denominadas *Keywords*, hacen referencia a los criterios de búsqueda empleados para obtener cierta información y b)

**ecuaciones de búsqueda**, expresiones que contienen palabras claves y conectores lógicos o booleanos tales como AND, OR y NOT (Gómez-Luna et al., 2014; Codina, 2017).

El empleo de ambos criterios permite interactuar con las bases de datos en la red empleando un lenguaje adecuado, es decir, la información que se pretende encontrar no debe realizarse en un lenguaje natural (lenguaje humano) sino que debe ser buscando, ambos criterios, los cuales deben ser ingresadas en **bases de datos** que son recursos de información académica y científica que de manera general existen en revistas digitales y que deben ser administradas con **gestores documentales** las cuales son herramientas informáticas que permiten organizar categóricamente los documentos y también las referencias en diferentes formatos, por ejemplo “Zotero”, “Mendeley”, “Desktop” entre otros (Gómez-Luna et al.,2014).

### 3. Antecedentes

La relación longitud-peso se empleó inicialmente para recabar la información sobre la condición de crecimiento de los peces, es decir la información sobre la isometría o la alometría (Le Cren, 1951). En la actualidad la determinación de este tipo de descriptores sigue siendo de gran interés, ya sea como propósito único del trabajo, incluyendo el estado de bienestar de los organismos (Cifuentes et al. 2012; Soinski et al. 2020) o bien como una herramienta para determinar otros aspectos de mayor alcance en biología, fisiología y ecología (Luque et al. 2019).

Se reconoce que la relación longitud-peso que presenta un mejor ajuste de modelo en los peces es el de “tipo potencial”, lo anterior considerando que incrementan su longitud de manera lineal y su peso de manera tridimensional. Con respecto al tipo de crecimiento Froese (2006) analiza un gran número de trabajos, señalando que este puede ser de tipo isométrico (>90%), alométrico negativo o alométrico positivo (Contreras-MacBeath y Ramírez, 1996; Bagley et al., 2022; Zambrano et al 2023; Genovai, 2024; Rivera-Velázquez et al. 2023). En cada estudio se menciona si hay diferencias significativas entre sexos y si el ambiente influye en las diferencias.

Arguedas-Arguedas (2009) señala que como resultado de la gran cantidad de información con la que se dispone, resulta esencial que se tengan las herramientas básicas que permitan discriminar entre la información que tiene relevancia científica y merece ser tomada en cuenta y la que no. Un ejemplo claro es el trabajo de Moncada-Hernández (2014) quien señala que un gran porcentaje de los estudiantes y el profesorado del área biomédica, utilizan como primera fuente de información el buscador “Google”, y solo un 40% de las búsquedas realizadas por médicos para resolver problemas clínicos, encuentran la información correcta.

Lo anterior reconociendo que las publicaciones electrónicas constituyen un medio de difusión que es dinámico y divulgativo (Novelle, 2012; de Pelekais et al. 2016).

#### 4. Justificación

Las poblaciones ícticas nativas pueden verse perturbadas debido a múltiples factores, entre los que destaca el ingreso de especies invasoras, generando un impacto negativo como resultado de la competencia, el desplazamiento, la hibridación y la depredación. Actualmente, se reconoce un nuevo proceso, la “traslocación” que es el cambio de lugar de peces autóctonos en una misma región, desconociendo alteraciones que pueden generar.

En años recientes los poecílidos *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* han sido localizados en San Pedro Zacachimalpa en la represa “Los Pinos”, pequeño cuerpo de agua, el cual desemboca mediante una corriente de agua temporal en el embalse Manual Ávila Camacho, lo que está potenciando el ingreso de estos peces a sistemas acuáticos importantes, como la cuenca hidrológica “Río Bajo Atoyac” del Balsas.

Por el tamaño que presentan estos poecílidos, pueden pasar desapercibidos en los cuerpos de agua a los que ingresan, ya sea por introducción involuntaria o acompañando a otros peces de importancia comercial (como la tilapia), desconociendo las alteraciones que pueden generar en estos sistemas, más aún, cuando se les reconoce por su tolerancia a contaminantes de origen urbano e industrial.

La evaluación de los parámetros morfométricos como la relación longitud peso (RLP), el factor de condición (FC) y la determinación del modelo de crecimiento pueden proveer información relevante para tomar decisiones sobre los poecílidos *H. bimaculata* y *P. gracilis*, como organismos invasores, que se adaptan a las condiciones de microreservorios y desde los cuales se están diseminando, más aún, si se considera que el sitio en el que se ubican forma parte del ANP parque estatal “Humedal de Valsequillo”.

## 5. Objetivos

### Objetivo general

Determinar la relación longitud peso (RLP) y el factor de condición (FC) de los poecílicos *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

### Objetivos específicos

1. Determinar la relación longitud peso (RLP) y el modelo de crecimiento de los juveniles, machos y hembras, de *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* de la represa “Los Pinos”, Puebla, México
2. Determinar el Factor de condición (FC) o estado de bienestar en los juveniles, machos y hembras, de *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* de la represa “Los Pinos”, Puebla, México
3. Establecer el número de trabajos realizados en *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* en los cuales se analice la relación longitud peso y el factor de condición, lo anterior mediante una revisión bibliográfica sistemática.

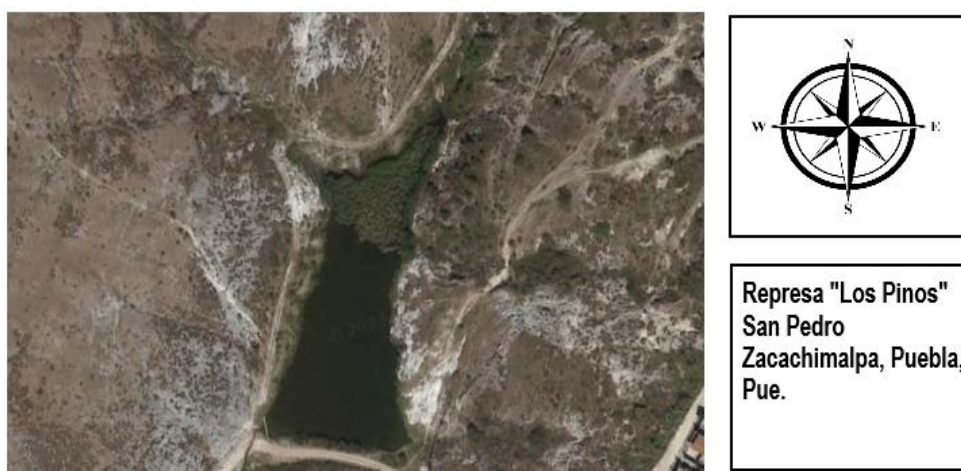
## 6. Material y métodos

### Zona de recolecta

La recolecta de los juveniles de *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis* se llevó a cabo en la represa “Los Pinos”, la cual se ubica en las coordenadas 18° 56' 30.51" Latitud y 98° 10' 4.8" de longitud y a una altitud de 2060 msnm (INEGI, 2017). Este cuerpo de agua mide aproximadamente 50X30m (Figs. 5, 6 y 7).



**Figura 3.** Vista aérea de la represa “Los Pinos”, Municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México. Modificada de Jaime Millan. Nov 26, 2018



**Figura 4.** Vista satelital de la represa “Los Pinos” en el municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.



Cabe señalar que la represa “Los Pinos” en San Pedro Zacachimalpa se encuentra dentro (justo en el límite) del ANP parque estatal “Humedal de Valsequillo”, del cual forma parte también la represa Manual Ávila Camacho en el Estado de Puebla.

Los organismos se recolectaron durante la estación cálida y húmeda (mayo a octubre) con un chichorro de 10m de longitud y 1.2m de ancho con una apertura de malla de 2 mm, para después alojarlos en bolsas de polietileno que contenían agua del medio; el oxígeno fue administrado por una bomba de aire portátil marca Hagen.

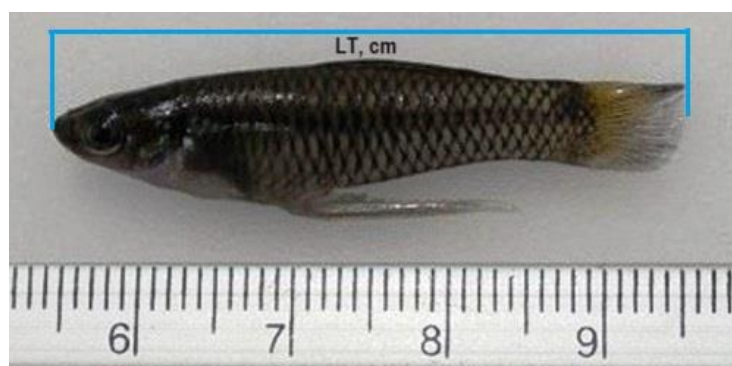
Durante la recolecta de los peces se tomaron los parámetros fisicoquímicos del agua, la temperatura con un termómetro de mercurio marca Brannan, el pH con un phmetro digital marca Hanna (Precisión  $\pm 0.05$  unidades de pH) y el oxígeno disuelto mediante el kit Hanna modificado del método Winkler (Precisión  $\pm 0.1$  mg/L).

Los peces fueron transportados al Laboratorio de Zoofisiología de la Facultad de Ciencias Biológicas-BUAP y separados por especie y sexo con base en aspectos morfológicos. Como se señaló previamente, estos peces presentan un claro dimorfismo sexual, destacando la presencia del gonopodio en machos (Nelson, 2016).

### **Relación longitud peso y factor de condición**

Para determinar la relación longitud peso (RLP) de los juveniles de *H. bimaculata* y *P. gracilis* se tomaron sus medidas morfométricas, los cuales fueron sedados con benzocaína al 10% en recipientes de plástico por no más de 3min.

El peso húmedo (PH, mg) los organismos, se pesaron en una balanza analítica OHAUS. Por su parte, la longitud total (LT, cm) de los peces se consideró tomando la medida desde el rostro hasta la proyección de ambos lóbulos de la aleta caudal plegados. Esta medida se determinó a partir de la toma de fotografías individuales realizadas con una cámara Canon EOS Rebel T3i. Las fotografías fueron procesadas y analizadas con el software *ImageJ* (Fig. 5).



**Figura 5.** Longitud total (LT, cm) como medida biométrica del modelo de estudio. Se muestra un ♂ de *Heterandria bimaculata*.

Para determinar la relación de crecimiento: longitud ( $L$ , cm) y peso ( $W$ , g) se calculó utilizando la regresión potencial ( $W=aL^b$ ), así como el coeficiente de determinación ( $R^2$ ).

La consideración para determinar el tipo de crecimiento que presenta cada grupo de estudio fue a partir del valor del coeficiente "b". En peces se ha determinado que la masa total de cuerpo es directamente proporcional al cubo de su longitud ( $b=3$ ), lo que señala un crecimiento isométrico, cuya definición es que en el organismo crece tanto el peso como la longitud de manera proporcionalmente similar a lo largo del tiempo. Se considera que este valor puede fluctuar en realidad entre 2.5 y 3.5 considerando los límites de confianza (Froese, 2006). Por otro lado, si el crecimiento es alométrico positivo ( $b > 3$ ) significa que el organismo acuático aumenta su peso en mayor proporción a su longitud. Si el crecimiento es alométrico negativo ( $b < 3$ ) significa que el que el organismo aumenta su longitud en mayor proporción que su peso. La relación  $LT-W$  fue calculada mediante la fórmula:

$$W=aL^b$$

Donde:

$W$ = peso húmedo en gramos

$L$ = Longitud o talla en cm

$a$  y  $b$  = Coeficientes, constantes

El Factor de condición  $K$  o índice de Fulton (Ricker, 1975) también fue calculado para los machos y hembras de ambas especies. Este índice ( $K$ ) se calculó considerando los valores obtenidos del peso húmedo ( $PH$ , g) y la longitud total ( $Lt$ , cm) de los organismos. Para la obtención del índice de condición se relacionó el peso y la longitud de los organismos por medio de la fórmula:

$$K=100W/L^3$$

Donde:

$W$  = peso en gramos.

$L^3$  = longitud en cm al cubo

Las consideraciones para determinar el tipo de cuerpo (estado de bienestar) que presentan las hembras a partir de los valores establecidos de  $K$  son: un valor igual o cercano a uno ( $K= 1$ ) indica un organismo de cuerpo promedio, con una buena condición, buen estado nutricional; por otro lado, observar ( $K<1$ ) revela un organismo esbelto, con menor peso por unidad de longitud, y finalmente un factor de condición ( $K> 1$ ), señala un ejemplar más rollizo que largo.

### **Procesamiento de imágenes**

Las medidas morfométricas de los peces fueron obtenidas mediante el procesamiento de las imágenes digitales (AID), a través del programa libre *ImageJ* 1.48r (Rasband, 2014) El programa está escrito en lenguaje de programación Java® y funciona sin modificaciones en Windows®, MacOS® y Linux®; se encuentra disponible gratuitamente en la página electrónica (<http://rsbweb.nih.gov/ij/download.html>) del *National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA*.

Las imágenes de los peces se obtuvieron con una cámara digital, marca Canon EOS Rebel T3i. El formato de las imágenes fue *Jpg* en el espacio de color RGB (Red, Green, Blue) a 24 bits por pixel, con una resolución de 72 ppp (píxeles por pulgada), y un tamaño de 5184 (ancho) x 3456 (alto) píxeles.

## **Análisis estadístico**

La validez de la ecuación de regresión potencial ( $W=aL^b$ ) de la RLP se determinó mediante el estadígrafo de Fisher calculado por el Análisis de Varianza (ANDEVA) de una vía (Zar, 1999). Los parámetros de esta relación se estimaron mediante el paquete estadístico SPSS versión 15.

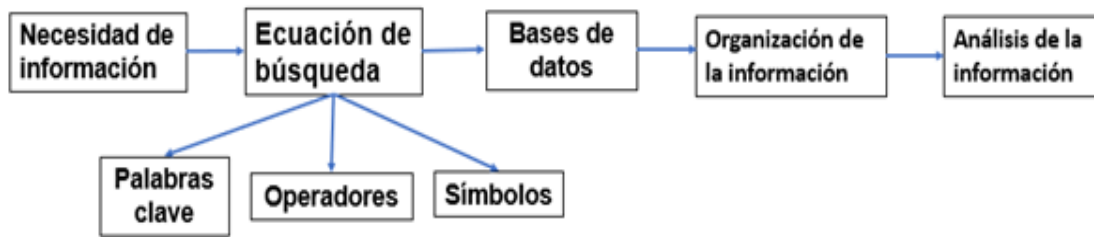
Para determinar si existen diferencias estadísticamente significativas en el FC de los grupos experimentales se aplicó la prueba no paramétrica de Kruskal Wallis. Para definir las diferencias entre los grupos se empleó la prueba de comparación múltiple Newman-Keuls (Zar, 1999). Los valores porcentuales fueron transformados angularmente (arco seno) previamente a ser analizados con las pruebas antes mencionadas.

El valor de significancia de las pruebas estadísticas utilizadas fue del 95% considerando la existencia de diferencias significativas cuando  $P < 0.05$

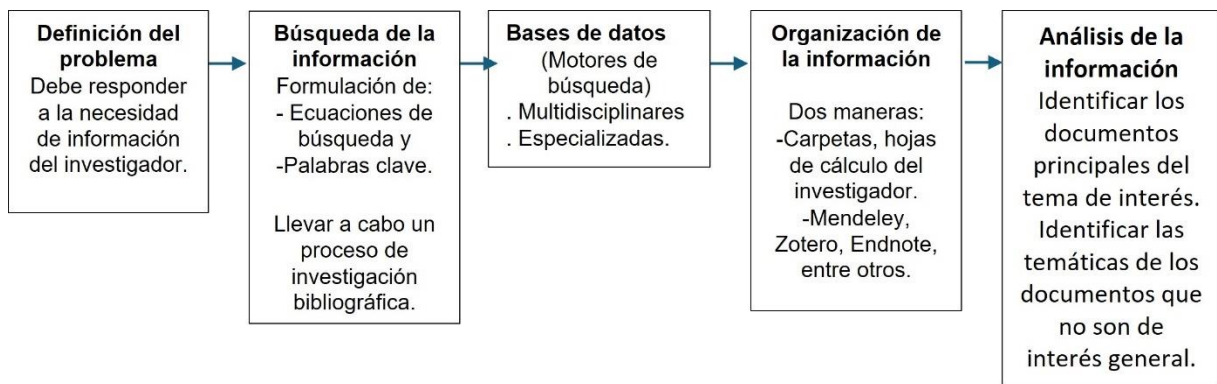
Para el análisis estadístico se utilizó el programa computacional *Statgraphics Centurion XVI*. Versión 16.1

## **Revisión bibliográfica**

Tomando en cuenta que una *revisión bibliográfica sistemática*, se entiende como una revisión en la que se sigue un estricto protocolo (Codina, 2020), en el presente trabajo se siguió la metodología propuesta por Gómez-Luna et al. (2014), la cual es aplicable a cualquier campo de la investigación. a) definición del problema, b) búsqueda de la información, c) organización de la información y d) el análisis de la información. El procedimiento se señala en la Figuras 6 y 7.



**Figura 6.** Proceso para la obtención de la información requerida. Modificado de Codina, 2017 y Gómez -Luna, 2014



**Figura 7.** Diagrama explicativo para obtener información mediante una búsqueda bibliográfica sistematizada. Modificado de Codina, 2017 y Gómez -Luna, 2014

Una vez definido el problema, se llevó a cabo una búsqueda en la Internet de los trabajos que incluyan como tema la RLP y FC sobre los poecilidos *H. bimaculata* y *P. gracilis*. Con este fin se establecieron las ecuaciones de búsqueda y las palabras clave con base en los nombres científicos más relevantes tanto para *H. bimaculata* como para *P. gracilis* (Nelson et al., 2004) y las palabras clave del tema de interés en el idioma inglés: Length-Weight relationship y condition factor, unidos por el operador booleano AND. De manera separada también se emplearon palabras clave de ambas especies en los principales motores de búsqueda en Ciencias Naturales (Tabla 1 y 2).

**Tabla 1.** Formulación o construcción de: ecuaciones de búsqueda y palabras clave para el poecílido *Heterandria bimaculata*

<b>Ecuaciones de búsqueda y palabras clave</b>
Length-Weight relationship AND <i>Heterandria bimaculata</i>
Condition factor AND <i>Heterandria bimaculata</i>
<i>Pseudoxiphophorus bimaculata</i>
<i>Heterandria bimaculata</i>
Guatopote manchado
Twospot livebearer

**Tabla 2.** Formulación o construcción de: ecuaciones de búsqueda y palabras clave para el poecílido *Poeciliopsis gracilis*

<b>Ecuaciones de búsqueda y palabras clave</b>
Length-Weight relationship AND <i>Poeciliopsis gracilis</i>
Condition factor AND <i>Poeciliopsis gracilis</i>
<i>Poeciliopsis gracilis</i>
<i>Guatopote jarocho</i>
<i>Porthole livebearer</i>

Se realizó una búsqueda completa en 17 buscadores relevantes en ciencias naturales (Tabla 3), centrando la búsqueda principalmente en artículos, así como libros, tesis de licenciatura, maestría y doctorado.

Posteriormente se organizó la información mediante el *software Mendeley*, (organizar la biblioteca), incluyendo los resultados obtenidos por cada ecuación de búsqueda o palabra clave. Se agruparon los resultados y se eliminaron los artículos que se encontraban repetidos. El análisis de la información consistió en clasificar toda la información encontrada con base en los siguientes criterios definidos: a) se trabaja directamente, b) se trabaja indirectamente y c) si simplemente se menciona.

**Tabla 3.** Lista de motores o buscadores empleados para la búsqueda bibliográfica

	Nombre
1	BioOne Complete
2	Cambridge University Press
3	EBSCO Fuente Académica
4	JSTOR
5	PNAS
6	ProQuest
7	The Royal Society
8	Science
9	Science Direct
10	Scopus
11	Springer
12	Taylor & Francis
13	Web of Science
14	Wiley Online Library
15	Scielo
16	Biblioteca Digital UNAM
17	Biblioteca Digital BUAP

## 7. Resultados

### Relación Longitud-peso, modelo de crecimiento

Con respecto a los juveniles de *H. bimaculata* en total se analizaron 351 organismos, de los cuales 229 eran hembras y 122 eran machos. Con relación a la composición por tallas para machos de *H. bimaculata* se determinaron tallas que van desde 2.46cm a 5.15cm de longitud total (LT, cm) y un promedio en longitud total 3.69cm. Con respecto al peso se encontraron valores cuyo mínimo es de 0.158g y cuyo máximo es de 1.556g y un promedio de 0.591g (Tabla 4).

Con respecto a los machos de *H. bimaculata* los valores obtenidos para “a” fue de 0.009 y para “b” de 3.17, con lo que se determinó que este grupo de peces presentan un crecimiento de tipo isométrico con una tendencia a alométrico positivo. El coeficiente de correlación de  $R^2$  de 0.91. (Tabla 4; Fig. 8).

Cabe recordar que la valoración anterior deriva de tomar en cuenta que el parámetro “b” representa la “forma de crecimiento” existiendo tres diferentes tipos de crecimiento: siendo isométrico ( $b=3$ , con un rango de 2.5 a 3.5), alométrico positivo ( $b>3$ ) y ( $b<3$ ) alométrico negativo.

En cuanto a la composición por tallas para las hembras de *H. bimaculata* se encontraron que van desde 2.24cm a 6.16cm de longitud total (LT, cm), con un promedio de 4.04cm. Con respecto al peso (PH, g) de este grupo se encontraron valores cuyo mínimo es de 0.140 g y cuyo máximo es de 3.805g, obteniendo un promedio de 1.020g (Tabla 4).

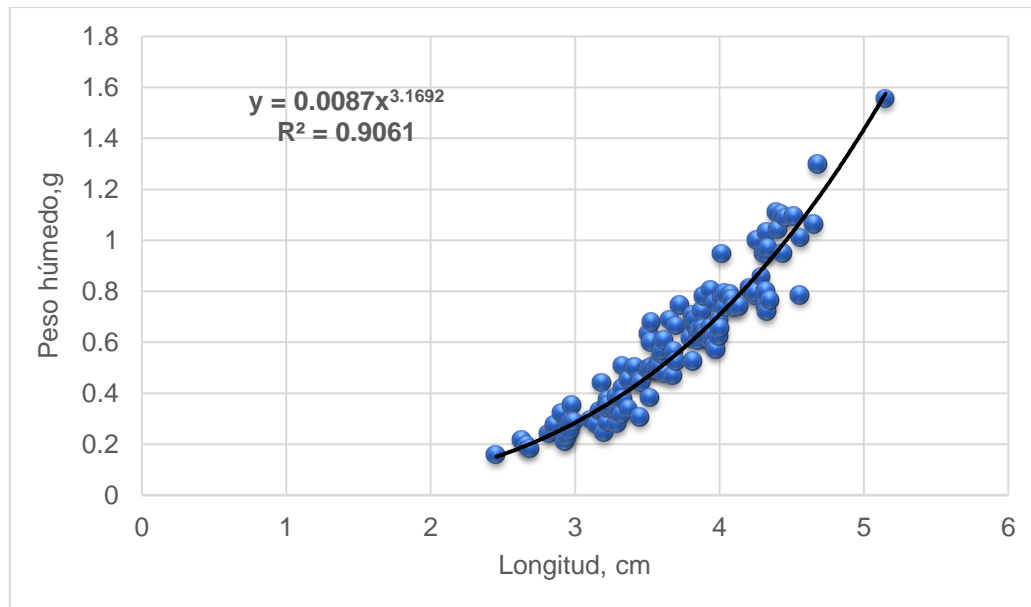
Con base en el modelo de ajuste para la muestra de hembras de *H. bimaculata* con un valor de “a” igual a 0.011 y de “b” 3.11, se determinó que la muestra presenta un crecimiento similar a los machos, de tipo isométrico con tendencia a alométrico positivo, con un coeficiente correlación  $R^2$  de 0.94 (Tabla 4; Fig. 9).



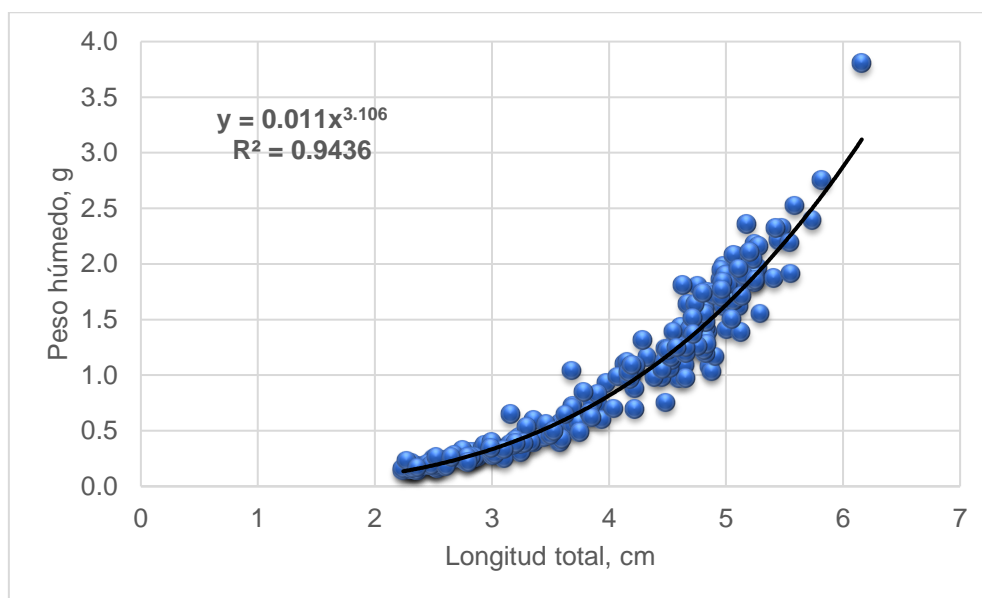
**Tabla 4.** Peso y longitud total, parámetros determinados de la relación longitud peso, para hembras y machos de *H. bimaculata*, obtenidos de la represa “Los Pinos” en el municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

Especie	Sexo	n	Rangos		Parámetros RLP		
			PH, g	LT, cm	a	b	R <sup>2</sup> =
<i>H. bimaculata</i>	Machos	122	0.158 - 1.556	2.46- 5.15	0.0087	3.169	0.90
	Hembras	229	0.140 - 3.805	2.24 - 6.16	0.0110	3.106	0.94

La simbología se presenta a continuación: n= número de individuos de la muestra, g= gramos, RLP= relación longitud peso, a= intersección y b= pendiente y R<sup>2</sup> coeficiente de determinación de la relación longitud-peso.



**Figura 8.** Relación longitud-peso de los machos juveniles de *Heterandria bimaculata* de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.



**Figura 9.** Relación longitud-peso de las hembras juveniles de *Heterandria bimaculata* de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.

En cuanto a los juveniles de *P. gracilis* en total se analizaron 319 organismos, de los cuales 83 eran machos y 236 eran hembras. En lo que concierne a los machos de *P. gracilis* se encontraron tallas que van desde 1.97 cm a 4.19 cm de longitud total, con un promedio de 2.90 cm. Relativo al peso se obtuvieron valores que van de 0.107 g a 0.840 g, con un promedio de 0.309 g (Tabla 5).

Con respecto a los valores encontrados para la muestra de machos de *P. gracilis* se obtuvo un valor de “a” igual a 0.014 y de “b” 2.79, por lo que se determinó que la muestra posee un crecimiento de tipo isométrico con tendencia a alométrico negativo. Con un coeficiente de correlación  $R^2$  de 0.96 (Tabla 5; Fig. 10).

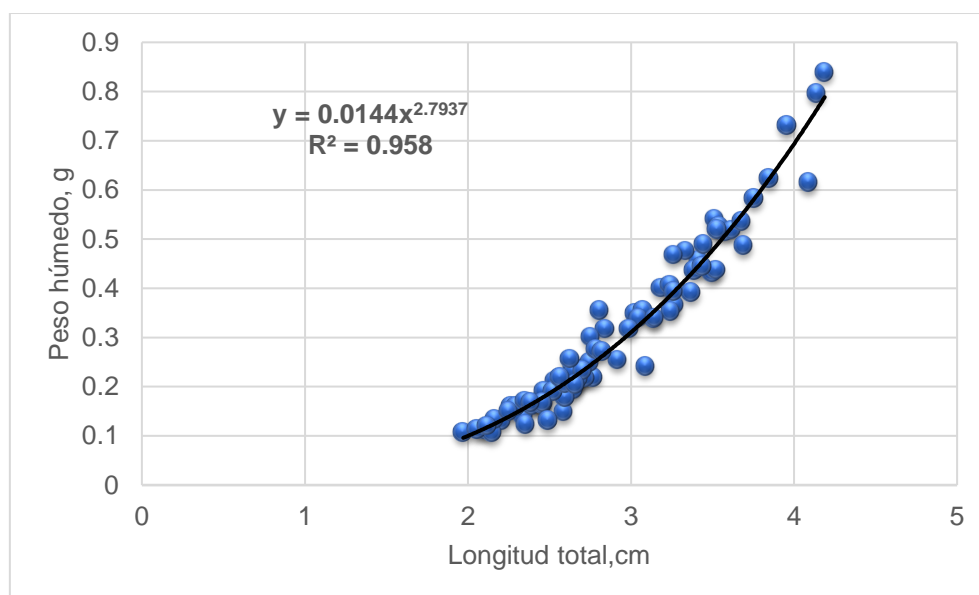
En lo que respecta a la composición por tallas para las hembras de *P. gracilis* se hallaron tallas que van desde 2.20 cm a 6.22 cm de longitud total, con un promedio de 4.06 cm. Respecto al peso se encontraron valores en el rango de 0.118 g a 1.897 g, con un promedio de 0.809 g (Tabla 5).

Con respecto a los valores encontrados para la muestra de hembras de *P. gracilis* se obtuvo un valor de “a” igual a 0.016 y de “b” 2.69, observando un comportamiento similar al obtenido en los machos, con un crecimiento de tipo isométrico con tendencia a alométrico negativo. Con un coeficiente de correlación de R<sup>2</sup> de 0.92 (Tabla 5; Fig. 11).

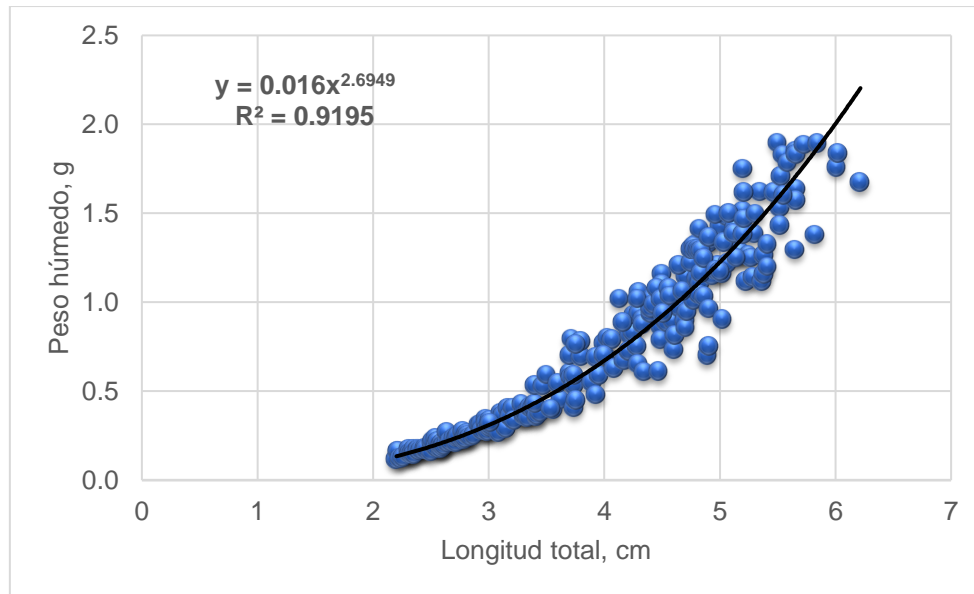
**Tabla 5.** Peso y longitud total, parámetros determinados de la relación longitud peso, para hembras y machos de *P. gracilis*, obtenidos de la represa “Los Pinos” en el municipio de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

Especie	Sexo	n	Rangos		Parámetros RLP		
			Peso húmedo, g	Longitud total, cm	a	b	R <sup>2</sup>
<i>P. gracilis</i>	Machos	83	0.107 - .840	1.97 - 4.19	0.0144	2.794	0.958
	Hembras	236	0.118-1.897	2.20 – 6.22	0.0160	2.695	0.920

La simbología se presenta a continuación: n= número de individuos de la muestra, g= gramos, RLP= relación longitud peso, a= intersección y b= pendiente y R<sup>2</sup> coeficiente de determinación de la relación longitud-peso.



**Figura 10.** Relación longitud-peso de los machos juveniles de *Poeciliopsis gracilis* de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.



**Figura 11.** Relación longitud-peso 236 individuos hembra de *Poeciliopsis gracilis* de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, Pue.

### Factor de condición

Con respecto al factor de condición  $K$  también conocido como índice de Fulton, se determinó que tanto *H. bimaculata* como *P. gracilis* (machos y hembras) presentaron valores por encima de 1, lo que señala que poseen un estado de bienestar adecuado (Ricker, 1975).

Para los juveniles de *H. bimaculata* se determinó un valor promedio para el índice de Fulton ( $K$ ) de 1.3 y de 1.1 para las hembras y machos respectivamente, con una desviación estándar (DE) de 0.21 y 0.15 respectivamente (Tabla 6).

Por otro lado, para juveniles de *P. gracilis* se determinó que el valor promedio de  $K$  fue de 1.1 y de 1.2 para las hembras y machos respectivamente, con una desviación estándar de 0.18 y 0.14 respectivamente (Tabla 6).

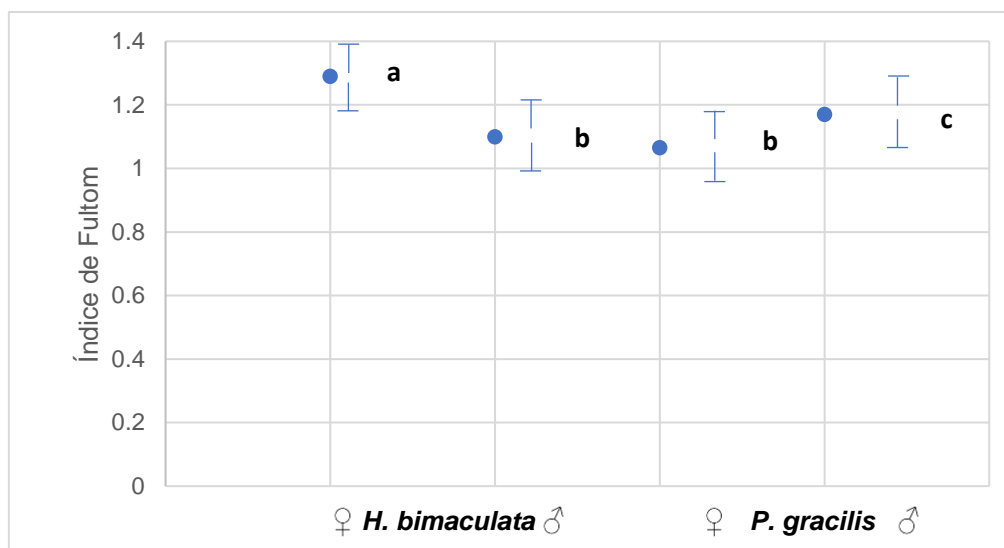
Cabe señalar que se observaron diferencias significativas en el factor de condición  $K$  entre hembras y machos de *H. bimaculata*, por otro lado, no hay diferencias entre

hembras y machos de *P. gracilis* (Tabla 6; Fig. 12).

**Tabla 6.** Factor de condición *K* para juveniles hembras y machos de *H. bimaculata* y *P. gracilis*, de la represa “Los Pinos”, de San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

Especie	Sexo	n	Factor de condición, FC ± DE
<i>H. bimaculata</i>	Hembras	229	1.3 ± 0.21 <b>a</b>
	Machos	122	1.1 ± 0.15 <b>b</b>
<i>P. gracilis</i>	Hembras	236	1.1 ± 0.18 <b>b</b>
	Machos	82	1.2 ± 0.14 <b>c</b>

La simbología se presenta a continuación: n= número de individuos, FC= factor de condición y DE= desviación estándar. Letras diferentes denotan diferencias significativas.



**Figura 12.** Factor de condición *K* para juveniles hembras y machos de *H. bimaculata* y *P. gracilis* obtenidos de la represa “Los Pinos” San Pedro Zacachimalpa

Como se mencionó previamente, durante la recolecta de los peces se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua de la represa “Los Pinos”, así mismo, se transportaron muestras del sedimento para su análisis. En ambos casos de consideraron tres sitios de muestreo en la represa. Como se puede observar el porcentaje de materia orgánica es muy baja, el limo y la arcilla con valores de 0.0 a 4%, el principal componente fue la arena con un 98%, reportando una clase textural tipo arenosa. Los resultados se muestran en la Tabla 7 y 8 respectivamente.

**Tabla 7.** Parámetros fisicoquímicos del agua de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa, Puebla, México.

Parámetros del agua	Promedio
Temperatura, °C	22.09 ± 1.12
Oxígeno disuelto, mg L <sup>-1</sup>	>6.0
pH, unidades	6.34 ± 0.75

**Tabla 8.** Parámetros del suelo obtenidos del suelo de la represa “Los Pinos”, San Pedro Zacachimalpa Puebla, México.

Parámetro analizado		Sitio 1	Sitio 2	Sitio 3
Materia orgánica (%)		1.58	1.32	1.32
Textura	Arena, %	98.0	94.00	96.00
	Limo, %	2.0	2.00	2.00
	Arcilla, %	0.0	4.0	2.0
Clase textural		Arenosa		

### Revisión bibliográfica sistemática

Tanto para *H. bimaculata* como para *P. gracilis* se consideraron los nombres científicos y comunes de acuerdo con Nelson, (2004); así mismo, se consideraron las palabras clave que más se expresaban en la literatura. De esta manera con estas palabras clave se formularon las ecuaciones de búsqueda para obtener la información requerida.

A partir de la aplicación de las *ecuaciones de búsqueda* y las *palabras clave* ingresados en los motores de búsqueda se obtuvieron los siguientes resultados para *H. bimaculata* (Tabla 9).

En la misma se observa un mayor número de respuestas cuando se utilizan *ecuaciones de búsqueda* que cuando solo se utilizan *palabra clave*. Sin embargo, cabe destacar que en los casos en los que se obtuvieron más resultados en los motores de búsqueda también se obtuvieron pocos artículos del tema de interés.

**Tabla 9.** Número total de resultados de la búsqueda para *Heterandria bimaculata*

<b>Ecuaciones de búsqueda (*) y palabras clave (**)</b>	<b>Resultados totales</b>
*Length-Weight relationship AND <i>Heterandria bimaculata</i>	3127
*Condition factor AND <i>Heterandria bimaculata</i>	3562
** <i>Pseudoxiphophorus bimaculata</i>	206
** <i>Heterandria bimaculata</i>	400
**Guatopote manchado	71
**Twospot livebearer	86

A partir de la aplicación de las *ecuaciones de búsqueda* y las *palabras clave* ingresadas en los motores de búsqueda se obtuvieron los siguientes resultados para *P. gracilis*. En este sentido se observa el mismo patrón, obteniendo un mayor número de respuestas cuando se utilizan *ecuaciones de búsqueda* que cuando solo se utilizan *palabra clave*. (Tabla 10) Sin embargo, cabe destacar que en los casos en los que se obtuvieron más resultados en los motores de búsqueda también se obtuvieron escasos artículos del tema de interés.

**Tabla 10.** Número total de resultados de la búsqueda para *Poeciliopsis gracilis*

<b>Ecuaciones de búsqueda (*) y palabras clave (**)</b>	<b>Resultados totales</b>
*Length-Weight relationship AND <i>Poeciliopsis gracilis</i>	3136
*Condition factor AND <i>Poeciliopsis gracilis</i>	1714
** <i>Poeciliopsis gracilis</i>	330
** <i>Guatopote jarocho</i>	8
** <i>Porthole livebearer</i>	133

### **Análisis específico de la inclusión de estos poecílicos en el tema RLP y FC**

Como se indicó previamente, se procedió determinar aquellos trabajos en los cuales se presentaban: a) la relación longitud-peso y b) el factor de condición para ambas especies. Sobre la RLP y FC se reconocieron un total de 12 documentos en los cuales se mencionan estos temas. De estos, 6 son de *H. bimaculata* y 6 son para *P. gracilis*

(Tablas 11 y 12).

**Tabla 11.** Estudios científicos realizados con el poecílido *H. bimaculata*, se señala al autor, año, nombre del trabajo, sitio, tema que aborda y los resultados de la RLP y FC

Autor, año	Nombre del trabajo	Sitio de trabajo / Temas	Resultados
<p><b>Guzmán Santiago, J. L. y Olvera Soto, J. A., 1996.</b></p>	<p>Contribución al estudio de la biología del pez ornamental "Guppy" (<i>H. bimaculata</i>) y su relación con algunos parámetros físicos, químicos y biológicos en la laguna "El Rodeo", Edo. de Morelos.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> Laguna "El Rodeo", Morelos, México.</p> <p>Aspectos biológicos como: abundancia relativa, proporción y madures sexual, índice de fecundidad, contenido estomacal, relación longitud peso, crecimiento, relaciones interespecíficas con <i>Oreochromis mossambicus</i>, relación de las condiciones físicas y químicas con el crecimiento de esta especie.</p>	<p><b>N:</b> en total 1452 organismos, 519 machos y 933 hembras.</p> <p><b>Proporción:</b> hembras y machos 2:1</p> <p><b>Longitud:</b> longitud patrón de 1.7 a 6cm para machos y de 1 a 6.9cm para hembras</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> con base en la longitud patrón y el peso total reportan un crecimiento de tipo alométrico negativo (CAN), para machos de 2.94 y de 2.98 para hembras.</p> <p><b>Factor de condición:</b> Este índice fue similar para ambos sexos. Presentaron su valor más alto en diciembre de 1986, con valores cercanos a 1.4 para las hembras y de 1.2 para los machos, mientras que en el año 1987 los valores mínimos encontraron entre enero y mayo (0.9 a 1.1), entre junio y diciembre se genera un plato con promedios de 1.2. Hembras y machos de <i>H. bimaculata</i> pudieran presentar un FC relacionado con la temperatura a lo largo del año.</p> <p>En cuanto al análisis de los ovarios de 206 hembras reportan de 9 a 67 óvulos.</p>
<p><b>Gómez-Márquez, J. L., Guzmán-Santiago, J. L., Olvera-Soto, A., 1999.</b></p>	<p>Reproducción y crecimiento de <i>H. bimaculata</i> (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> Laguna el Rodeo, Morelos, México.</p> <p>Proporción sexual, tamaño de la primera reproducción, actividades reproductivas, número de embriones, relación longitud peso y factor de condición.</p>	<p><b>N:</b> en total 1452 organismos, 71 indeterminados, 873 fueron hembras y 508 machos.</p> <p><b>Proporción:</b> hembras y machos de 1.7: 1</p> <p><b>Longitud:</b> Longitud patrón de 1.4 a 6.9 cm para toda la población.</p> <p><b>Peso:</b> peso total de 0.25 a 62.5 g para toda la población.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> con base en la LT y el PT total, se determinó que el crecimiento es Alométrico negativo (CAN) para los machos (2.97) y para las hembras (3.02) fue de tipo alométrico positivo (CAP).</p> <p><b>Factor de condición:</b> Reportan valores similares</p>



			<p>para ambos sexos, pero con diferencias significativas entre los sexos (Kruskal- Wallis <math>p &lt; 0.05</math>). El valor máximo fue 2.1 y 2.25 para hembras en julio y para machos en agosto respectivamente. El mínimo fue de 1.6 y 1.75 para hembras y machos en enero.</p> <p>Por otro lado, los autores señalan que no hay evidencia estadística de la relación entre la temperatura del agua y el F.C. (<math>r^2 = 17.59\%</math>), pero si en cuanto a su comportamiento anual.</p> <p>Analizaron las gónadas de 206 hembras y se menciona que se encontraron entre 5 y 78 embriones y un promedio de 23.</p>
<p><b>Mata Salcedo G., 2007.</b></p>	<p>Estudio biológico de <i>H. bimaculata</i> (Pisces: Poeciliidae) con fines forrajeros en estanques con aguas tratadas.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> Lago de Xochimilco.</p> <p>Cultivo de <i>H. bimaculata</i> con fines forrajeros.</p>	<p><b>N:</b> 208 individuos.</p> <p><b>Proporción:</b> hembra: macho de 3: 1</p> <p><b>Longitud:</b> La longitud total de las hembras fue de 3 a 6.5cm, en machos fue de 2.6 a 5.8cm, y los indeterminados de 1.2 a 4.3cm.</p> <p><b>Peso:</b> Las hembras pesaron en promedio 0.8 a 4.38g, los machos de 0.22 a 2.34 g y los indeterminados de 0.022 a 0.91 g.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> Con base en la longitud total y el peso de los organismos reportan un modelo potencial con un CAP para las hembras (3.33 - 3.35), para los machos fue CAN (valor de b 2.15 - 2.40) Los indeterminados presentaron un crecimiento alométrico negativo.</p> <p><b>Factor de condición:</b> Los valores de FC para machos de <i>H. bimaculata</i> fluctuaron entre 2.15 y 2.40. En tanto que para las hembras se reportaron valores de 3.33 y 3.35, desde el verano hasta octubre se observó una caída del FC. Entre los factores que tienen que ver con estas fluctuaciones del FC se encuentran: época de lluvias, presencia de huevos en las gónadas, condiciones medioambientales etc.</p>
<p><b>Velázquez-Velázquez, E., Maza-Cruz, M., Gómez-González, A. E. and Navarro-Alberto, J. A., 2015.</b></p>	<p>Length-weight relationships for 32 fish species in the Grijalva River Basin, México.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> Cuenca del Río Grijalva, México.</p> <p>Relación longitud-peso.</p>	<p><b>N:</b> 92</p> <p><b>Longitud:</b> Longitud estándar los organismos tuvieron los siguientes valores de 3.1 a 6.2 cm</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> Con base a la longitud estándar (patrón) el tipo de crecimiento fue alométrico positivo (CAP) para la especie. Para el total de organismos se obtuvo un valor de b 3.11</p>

<p><b>Ramírez-García, A., Ramírez-Herrejón, J. P., Medina-Nava M., Hernández-Morales R., Domínguez-Domínguez, O., 2017.</b></p>	<p>Reproductive biology of the invasive species <i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i> and <i>Poecilia sphenops</i> in the Teuchitlán River, México.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> bordo Amate amarillo, Morelos México. Cinco sitios</p> <p>Biología reproductiva</p>	<p><b>N:</b> 1374 individuos, 230 hembras, 113 machos y 54 indeterminados.</p> <p><b>Proporción:</b> hembra: macho de 1.8: 1</p> <p><b>Longitud:</b> La hembra más pequeña fue de 5,17mm y la más larga era de 76,09mm. El macho más pequeño medía 11,40mm y el macho más largo 49,93mm</p> <p><b>Peso:</b> N/R</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> Crecimiento generalmente alométrico negativo para machos y hembras. Con diferentes valores de "b" dependiendo del sitio A =1.58, B = 3.14, C = 2.62, D = 2.47, E = 2.30, con base en el peso total y la longitud estándar.</p> <p><b>Factor de condición:</b> Los valores del FC fluctuaron considerablemente a lo largo del año dependiendo del sitio de estudio. El factor de condición sigue el patrón del índice gonadosomático para las hembras, aunque los valores FC se hallaron bajos con relación a las gónadas en tanto que los peces se hallaron en condiciones desfavorables.</p>
<p><b>Brindis-Velázquez, C., 2019.</b></p>	<p>Ciclo reproductivo de los Factores ambientales en <i>Pseudoxiphophorus bimaculatus</i> (Heckel, 1848).</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> bordo Amate amarillo, Morelos México.</p> <p>Primera madures sexual de hembras y machos, relación longitud-peso, factor de condición, Índice gonadosomático, estadios de maduración gonádica, índice de matrotrofia y determinación de factores medioambientales.</p>	<p><b>N:</b> 370 individuos, 230 hembras, 113 machos y 54 indeterminados.</p> <p><b>Proporción:</b> hembra: macho de 1.8: 1.</p> <p><b>Longitud:</b> Con base en la longitud total las hembras tuvieron de [2.3 a 8.1 mm], los machos de [2.6 a 5.8 mm] y los indeterminados de [1.2 a 4.3 mm].</p> <p><b>Peso:</b> Con base en el peso total las hembras tuvieron de 0.18 a 7.62 g, los machos de 0.22 a 2.34 g y los indeterminados de 0.022 a 0.91 g.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> Con base al peso total-longitud total el crecimiento fue potencial de CAP para las hembras (el valor de b fue de 3.044), los machos presentaron un crecimiento potencial de CAN (2.908) y los indeterminados presentaron un crecimiento potencial de tipo CAN.</p> <p><b>Factor de condición:</b> se registró un incremento en los meses de junio a agosto y disminuyo durante los meses de octubre. Reportó que se relacionó el FC con la temperatura encontrando que solo se halló una relación grafica entre las hembras y la temperatura. No se encontró una relación estadística entre la temperatura y el sexo. El FC aumentó durante los meses de mayo y julio al incrementar la concentración de clorofila "a" y</p>

			<p>disminuyó durante los meses de septiembre y octubre cuando la concentración de clorofila "a" "también disminuyó.</p> <p>En cuanto a los machos también se encontró un aumento del FC cuando la clorofila "a" aumento. Se destaca que el máximo periodo reproductivo ocurre durante la época de lluvias cuando la concentración de clorofila "a" y la temperatura tienen sus valores más altos.</p>
--	--	--	---

**Tabla 12.** Estudios científicos realizados con el poecílido *P. gracilis*, se señala al autor, año, nombre del trabajo, sitio, tema que aborda y los resultados de la RLP y FC.

<b>Autor, año</b>	<b>Nombre del trabajo</b>	<b>Sitio de trabajo / Temas</b>	<b>Resultados</b>
<b>Contreras-MacBeath, T., y Ramírez-Espinoza, H., 1996.</b>	Some aspects of the reproductive strategy of <i>P. gracilis</i> (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cuautla River, Morelos, Mexico.	<b>Sitio de estudio:</b> Río Cuautla, Morelos, México.  Dimorfismo sexual, estructura de la población, esperanza de vida, estadios de maduración ovárica, alimentación, índice gonadosomático.	<b>N:</b> 491 especímenes, 302 fueron hembras y 67 machos. <b>Proporción:</b> hembra macho: de 4.5 :1 <b>Longitud:</b> la estructura de la población fue de 1.6 a 7.5cm. <b>Tipo de crecimiento:</b> relación directa pero exponencial entre la longitud y el peso. Por lo que se determinó que el crecimiento es prácticamente isométrico. Para el total de organismos se obtuvo un valor de b 3.07
<b>Sánchez, Herrera, A.K. y Sastré-Báez., L. 2004.</b>	Reproducción y Crecimiento de <i>P. gracilis</i> (Heckel, 1984) en el Lago Coatetelco, Mor.	<b>Sitio de estudio:</b> Lago Coatetelco, Morelos.  Proporción sexual, talla de 1ra reproducción, dimorfismo sexual, proporción sexual, tipo de crecimiento, estadios de madures gonádica de hembras, índice gonadosomático y hepatosomático, número de embriones ováricos. Relación longitud-peso, factor de condición	<b>N:</b> 1225 organismos. <b>Proporción:</b> Hembras: machos 2.3:1 <b>Longitud:</b> c base a la longitud total, 2 a 5cm para hembras y 1.9 a 4.3cm para machos <b>Peso:</b> En peso total de .1 a 5g hembras y de .08 a .72g para machos. <b>Tipo de crecimiento:</b> con base en la LT y el PT el crecimiento fue alométrico negativo (b = 2.86) con tendencia a la isometría para machos y hembras. <b>Factor de condición:</b> FC para hembras y machos mostró incrementos del mes de junio a octubre que es su auge reproductivo.  Se llevo a cabo un análisis de las gónadas de 355 hembras, el número de embriones se encontró entre 1 y 12 con un promedio de 4.

<p><b>Ayala Hernández, I. y Vera Gómez. Ma. G., 2007.</b></p>	<p>Estudio reproductivo de <i>P. gracilis</i> de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> presa Emiliano Zapata, Morelos, México.</p> <p>Estudio del ciclo reproductivo y su relación con algunos factores ambientales, proporción sexual, talla de primera madures sexual, relación longitud peso y factor de condición múltiple, índice gonadosomático,</p>	<p><b>N:</b> 3162 especímenes.</p> <p><b>Proporción:</b> Hembras y machos 1.27:1, hembras.</p> <p><b>Longitud:</b> Longitud total de 1.8 a 7.5cm para hembras, machos de 1.1 a 4.8cm y para indeterminados de 0.7 a 3cm.</p> <p><b>Peso:</b> en peso total de 0.0795 a 5.9344g para hembras, de 0.0206 a 1.2894g para machos y de 0.0148 a 0.2407g para indeterminados.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> con base en la LT y el PT, las hembras presentaron un CAP (b = 3.0632) y tanto los machos como los indeterminados presentaron un crecimiento de tipo alométrico negativo CAN (b = 2.77 y 2.41 respectivamente).</p> <p><b>Factor de condición múltiple (KM):</b> incrementado para las hembras en los meses de junio y agosto. Para los machos fue incrementado en los meses de junio a octubre. Utilizaron el factor de condición múltiple encontrando para las hembras un incremento máximo del F.C. en los meses de junio a agosto. Para los machos un incremento máximo durante el mes de junio.</p>
<p><b>Gutiérrez-García, G. y Hernández-Ramos, E., 2007.</b></p>	<p>Edad y crecimiento de <i>P. gracilis</i> de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> presa Emiliano Zapata, Morelos, México.</p> <p>Edad y crecimiento por medio de la lectura de marcas en escamas y otolitos.</p>	<p><b>N:</b> 1696 ejemplares.</p> <p><b>Proporción:</b> Hembras machos 3: 1</p> <p><b>Longitud:</b> Longitud total de 1.0 a 7.5cm para hembras, de 1.1 a 4.8cm para machos y de 1.0 a 2.2cm para indeterminados</p> <p><b>Peso:</b> para las hembras de 0.011 a 5.93g, para los machos de 0.012 a 1.22g y para los indeterminados de 0.016 a 0.129g.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> con base en la LP y el PT- se determinó que el crecimiento alométrico negativo para machos (b= 2.95) y hembras (2.89), para los organismos indeterminados fue de 2.28</p>
<p><b>Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I. H., Sánchez-Herrera, A. K., &amp; Sastré-Baez, L., 2008.</b></p>	<p>Reproduction of the fish <i>P. gracilis</i> (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in Coatetelco, a tropical shallow lake in Mexico.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> Lago de Coatetelco, Morelos, México.</p> <p>Índices gonadosomático, hepatosomático, desarrollo ovárico y dimorfismo sexual.</p>	<p><b>N:</b> 1 225 especímenes.</p> <p><b>Proporción:</b> Hembras y machos 2.3:1</p> <p><b>Longitud:</b> Longitud estándar de 1.9 y 4.3cm para machos y de 2.0 a 5.0cm para hembras.</p> <p><b>Peso:</b> peso total de 0.08 a 0,72g para machos y de 0,1 a 5,0g para las hembras.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> Con base a la LT y el PT, tanto los machos como las hembras presentaron un CAN. Para las machos (b = 2.73), hembras (b= 2.94).</p>

			<p><b>Factor de condición:</b> <math>FC &gt; 1</math>, no señalan diferencias significativas entre sexos, si bien las hembras comúnmente tuvieron mejor factor de condición que los machos y ambos muestran un patrón similar.</p>
<p><b>Miranda, R., Galicia, D., Monks, S. y Pulido-Flores, G., 2009.</b></p>	<p>Weight-length relationships of some native freshwater fishes of Hidalgo State, Mexico.</p>	<p><b>Sitio de estudio:</b> reserva de la Biosfera Barranca de Metztlán, Hidalgo, México.</p> <p>Relación longitud- peso de nueve especies de agua dulce.</p>	<p><b>N:</b> 28 machos, 39 hembras y 1106 combinados.</p> <p><b>Longitud:</b> Longitud total para machos fue de 2.3 a 4.8cm, hembras de 4.9 a 9.0cm y para sexos combinados de 1.5 a 9.0cm.</p> <p><b>Tipo de crecimiento:</b> Con base en la LT y el PT se determinó que el crecimiento alométrico negativo para los machos (<math>b = 2.834</math>) y para las hembras fue de CAP (<math>b = 3.24</math>) y para sexos combinados se obtuvo CAN.</p> <p>Factor de condición: significativamente más alto en febrero y abril que durante noviembre, por condiciones ambientales</p>

## 8. Discusión

El poecílido *Heterandria bimaculata*, se distribuye en la vertiente del Atlántico, sin embargo, Gaspar-Dillanes, (1987) lo menciona como nuevo registro para la vertiente del Pacífico mexicano, en localidades incluidas en la cuenca del Río Balsas (Morelos). Una década después, (Espinoza et al., 1993) reporta su presencia en los canales de Xochimilco, de donde se extrae para su venta como alimento para otros peces de ornato. Por su parte *Poeciliopsis gracilis* se encuentra en la vertiente del Pacífico, sin embargo, se sigue distribuyendo (por lo general) junto con *H. bimaculata*. Uno de los aspectos que permiten entender la distribución que están presentando estos poecílicos es su tolerancia a contaminantes de origen urbano e industrial (Huidobro Campos, 2000), así como a sus estrategias de reproducción y alimentación.

A lo anterior hay que incluir su capacidad de adaptación a sitios denominados “microreservorios” (Gómez et al., 2024) y desde los cuales se están diseminando a otros cuerpos de agua favoreciendo su distribución como se afirma en el presente trabajo.

La represa “Los Pinos” se ubica a unos metros del embalse Manuel Ávila Camacho (Valsequillo), con el cual se comunica mediante una delgada corriente de agua de tipo estacional. Este cuerpo de agua es un microreservorio que cuenta tan solo con 4113m<sup>2</sup> de superficie y un perímetro de 245.5m en los cuales se cosecha agua de lluvia. En un inicio se construyó como abrevadero para el ganado de los habitantes de la zona, más adelante se metieron peces para consumo local (p. ej. tilapias). La introducción de las tilapias pudo ir acompañada de *H. bimaculata* y *P. gracilis* ampliando su distribución hacia en el embalse (Valsequillo) parte del bajo Atoyac. La permanencia y la reproducción de estos organismos permite apuntalar la idea de su alta capacidad adaptativa (Gaspar-Dillanes, 1987).

\*Cabe señalar que en años recientes se construyó una segunda represa (metros abajo) que recibe por escorrentía el agua de “Los Pinos” antes de desembocar al lago de Valsequillo. Esta represa multiplica el volumen de agua en el cual se desarrollan ambos poecílicos.

Otra característica que se menciona sobre la represa “Los Pinos” en San Pedro Zacachimalpa es el tipo de sustrato, después de su análisis se determinó que la materia orgánica es baja, el limo y la arcilla presentan valores de 0.0 a 4%, siendo entonces la arena el principal componente (98%), reconociendo una “clase textural tipo arenosa”. Esta textura se corresponde a uno de los tipos posibles que se han reportado para *P. gracilis* (Huidobro Campos, 2000).

### **Relación longitud peso y Factor de condición de *Heterandria bimaculata* y *Poeciliopsis gracilis***

Se conoce que al relacionar la longitud (talla) y el peso (masa) en los peces no se presenta un buen ajuste en el modelo (cuando se considera una relación de tipo lineal simple), observándose que la mayoría de los autores reportan que esta relación es de tipo “no-lineal”. Lo anterior se puede explicar al reconocer que la mayoría de los peces incrementan su longitud en el tiempo de manera lineal, por otro lado, el peso (masa o volumen) es tridimensional. Así entonces, se observa que, en la mayoría de los casos, la relación longitud -peso sigue una “relación de tipo potencial” (Froese, 2006), observado un buen ajuste del modelo.

Considerando lo anterior, al relacionar la longitud (LT, cm) y el peso (PH, g) de los juveniles de *H. bimaculata* y *P. gracilis*, se logró determinar si el crecimiento somático de los juveniles era de tipo isométrico (cuando el peso se incrementa en forma proporcional a la longitud) o bien de tipo alométrico (el peso no se incrementa en forma proporcional a la longitud). Así entonces, se estableció que el modelo de crecimiento para ambas especies es distinto, observando tanto el alométrico positivo como el alométrico negativo.

En primera instancia, el crecimiento de los juveniles de *Heterandria bimaculata* presentó valores de la pendiente (coeficiente) “*b*” mayores a 3, siendo estos de 3.17 y 3.10 para machos y hembras respectivamente, por lo que se establece que el

crecimiento de tipo **alométrico positivo**, señalando que estos organismos aumentan su peso en mayor proporción a su longitud. Por el contrario, el crecimiento observado en los juveniles de *Poeciliopsis gracilis* fue de tipo alométrico negativo, con valores en la pendiente (“*b*”) menores a 3, siendo de 2.79 y 2.69 para machos y hembras respectivamente. El coeficiente de correlación para ambos modelos fue elevado ( $R^2 > 0.92$ ).

Con respecto al Factor de Condición (FC), en el presente estudio los valores obtenidos de *K* para los juveniles de *H. bimaculata* y *P. gracilis* (ambos sexos), fue superior a 1 ( $> 1$ ), lo que permite suponer que poseen un estado de bienestar adecuado. Lo anterior recordando que un valor superior a 1 determina un “adecuado factor de condición”, un valor igual a 1 determina un FC “promedio”, en tanto que un valor inferior a 1 determina un “inadecuado FC” (Fulton, 1904, Le cren, 1951, Ricker, 1975).

En particular para hembras y machos de *H. bimaculata* el FC fue de 1.3 y 1.1 respectivamente, observándose un mejor estado de bienestar en el caso de las hembras, las cuales fueron más rollizas. Cabe señalar que esta pequeña variación en los valores fue suficiente para observar diferencias significativas ( $p < 0.05$ ) entre ambos grupos. Por otro lado, los valores reportados para hembras y machos de *P. gracilis* fueron de 1.1 y 1.2 respectivamente señalando un comportamiento inverso de los valores en donde los machos presentan un mejor estado de bienestar ( $p < 0.05$ ). El análisis estadístico permitió determinar la presencia de diferencias significativas no solo entre las dos especies, sino también entre machos y hembras de cada especie. Al respecto se observó que los machos de *H. bimaculata* presentan un FC similar al de las hembras de *P. gracilis* (1.1;  $p < 0.05$ ), por otro lado, los valores del FC de los machos de *P. gracilis* son similares a hembras de *H. bimaculata* (1.2 y 1.3;  $p < 0.05$ ).

En específico se puede mencionar que los valores determinados para el FC (*K*) o estado de bienestar de las hembras de *H. bimaculata* (1.3) con respecto al resto del grupo, puede deberse a que en las hembras de esta familia el crecimiento no se detiene durante su vida. Así mismo, la gestación provoca el incremento y el



mantenimiento del sobrepeso durante los periodos de gestación. Cabe señalar que el desarrollo embrionario de todas las crías de *H. bimaculata* se lleva a cabo al mismo tiempo, liberando la camada en la misma temporada, es decir las camadas no se sobreponen, no hay superfetación (Gómez-Márquez, et al., 1999), esta información es afianzada por Brindis-Velázquez, (2019), autor que menciona que las hembras de *P. bimaculata* no presentan diferentes estadios de maduración embrionaria en una misma camada, señalando el índice de matrotrofia con un valor de 0.5621, clasificándole como una especie lecitotrófica.

Por otro lado, el FC observado en las hembras de *Poeciliopsis gracilis*, ( $k = 1.1$ ) podría ser resultado de su estrategia reproductiva, la cual se denomina “superfetación”, la cual es una variación dentro de la viviparidad, permitiendo gestar en su interior embriones en diversos estadios de desarrollo, por lo que la hembra reduce el espacio necesario para cargar a todas las crías en una misma etapa de desarrollo, así, mientras nacen las crías que han completado su desarrollo, solo mantiene las de estadios previos evitando que se eleve su peso, lo que a sus vez les permite conservar su forma hidrodinámica, evitando una figura convexa o voluminosa (Frías-Álvarez y Zúñiga-Vega, 2012). Esta forma corporal supondría escapar mejor de los depredadores. La base de estas ideas las proponen (Thinbault y Schultz, 1978; Ghalambor et al. 2004; Zúñiga-Vega et al. 2010).

### **Trabajos sobre la relación longitud peso y Factor de condición de *Heterandria bimaculata***

A partir de los trabajos realizados en las últimas décadas con estos poecílicos, se puede apreciar que el mejor ajuste entre la longitud y el peso de estos es de tipo potencial, sin embargo, también se observa que no hay un solo tipo de crecimiento, pudiendo variar entre “alométrico positivo” o bien “alométrico negativo” dependiendo de las características ambientales, que son resultado de la época o estación del año, la gestación y la disponibilidad de alimento principalmente.

Guzmán-Santiago y Olvera-Soto (1996), llevaron a cabo un estudio en la Laguna “El Rodeo”, en el Edo. de México evaluando el efecto de los parámetros físicos, químicos y biológicos sobre el tipo de crecimiento de (*H. bimaculata*), con este propósito determinaron la longitud patrón (LP, cm) y el peso total (PT, dg\*) de los organismos. Como resultado los autores reportan un valor de “*b*” de 2.946 para los machos y un valor de “*b*” de 2.984 para las hembras (más cercano a 3). A pesar de tener valores muy cercanos a 3 (únicamente 0.06 y 0.02 unidades de diferencia), consideraron que *H. bimaculata*, en este cuerpo de agua, presentaba un tipo de crecimiento de tipo alométrico negativo presentando un mayor crecimiento en longitud que en peso. \*1 decigramo es igual a: 100 mg

Con respecto al FC, estos autores reportan que las hembras y machos de *H. bimaculata* pudieran presentar un FC relacionado con los parámetros físicos, en específico con la temperatura durante el año, siendo similares para machos y hembras. Sin embargo, en el mes de diciembre obtuvieron valores más altos en el FC, con valores cercanos a 1.4 y 1.2 para hembras y machos respectivamente. Los valores mínimos se registraron durante enero y mayo. Dato extra para las hembras, el análisis de los ovarios de 206 hembras, reportando entre 9 y 67 óvulos.

Por otro lado, Gómez- Márquez et al. (1999), reportan para la misma Laguna “El Rodeo”, información sobre *H. bimaculata*, pero considerando en este nuevo análisis la presencia de organismos “indeterminados”, lo que representa el 4.89% de la muestra. Los índices y los modelos se reportan con base en la longitud patrón (LP, cm) y el peso total (PT, g) de los organismos Así entonces, al relacionar la LP y el PT para ambos sexos, encuentran diferencias significativas entre ellos ( $p < 0.05$ ). Se confirma que la relación fue de tipo potencial, reportando un modelo de crecimiento para los machos de tipo alométrico negativo ( $b = 2.97$ ), por el contrario, para las hembras es alométrico positivo ( $b = 3.02$ ) con un coeficiente ( $R^2 > 90$ ).

Como parte del mismo trabajo, estos autores (Gómez- Márquez et al., 1999), con los ajustes realizados, reportan que el FC fue significativamente distinto para ambos sexos (Kruskal-Wallis;  $p < 0.05$ ). Calculando un valor promedio máximo para el mes de Julio, disminuyendo de agosto a marzo, debido a la liberación de embriones por parte de las

hembras, el valor mínimo del FC lo determinó en el mes de enero para ambos sexos. En este trabajo, los autores señalan que no se encontró una relación estadística entre la temperatura del agua y el FC ( $r^2= 17.59\%$ ), pero si en cuanto a su comportamiento anual. El nuevo análisis de las 206 gónadas, presentaron entre 5 y 78 embriones, con un promedio de 23.

Mencionando a *Heterandria bimaculata* como *Pseudoxiphophorus bimaculatus* se reporta el tipo de crecimiento como parte de un estudio con otros objetivos. Ramírez-García et al. (2017), analizan la biología reproductiva de esta especie y otro poecílido (*Poecilia sphenops*) en relación con su invasión en el río Teuchitlán Jalisco, México. Para este trabajo consideran 5 sitios de muestreo, en los cuales como información extra mencionan el tipo de crecimiento. En el caso de *P. bimaculatus* lo reportan como alométrico negativo en 4 de 5 sitios, (1.58, 3.14, 2.62, 2.47 y 2.30 del primero al último sitio). Sobre el Factor de condición no reportan valores específicos.

Sobre los objetivos originales, los autores mencionan la predominancia de las hembras, con una fertilidad máxima de  $18.98 \pm 9.46$  huevos “embrionados” y embriones. Los ejemplares maduros se encuentran en sitios degradados y los juveniles en manantiales. Concluyen mencionando que el establecimiento de ambas especies invasoras en este río es evidencia de que comparten hábitat reproductivo con peces nativos y tienden a extenderse y colonizar nuevas áreas.

Finalmente, Brindis-Velázquez, (2019) llevaron a cabo un estudio sobre el ciclo reproductivo del poecílido ahora denominado *Pseudoxiphophorus bimaculatus* en relación con los factores ambientales en el bordo Amate Amarillo en el Estado de Morelos, México. Esto a partir de muestreos durante un año. Los resultados corresponden a 370 organismos, 55% hembras, 30% machos y 15% indefinidos. Respecto a la relación peso-longitud reportaron que las hembras presentan un crecimiento de tipo alométrico positivo ( $b= 3.004$ ), caso contrario en los machos el crecimiento fue de tipo alométrico negativo ( $b= 2.908$ ). Con respecto al FC el autor señala que es similar entre machos y hembras, con mayor asociación con los factores ambientales y con la clorofila “a” que fue evaluada. El FC aumentó durante los meses

de mayo y julio al incrementar la concentración de clorofila “a” y disminuye durante los meses de septiembre y octubre cuando la concentración de clorofila “a” también es baja.

Como se mencionó previamente, este autor confirma que las hembras de *P. bimaculata* no presentan diferentes estadios de maduración embrionaria en una misma camada, así entonces, determinan el índice de matrotrofia obteniendo un valor de 0.5621, clasificándole como una especie lecitotrófica.

### **Trabajos sobre la relación longitud peso y Factor de condición de *Poeciliopsis gracilis***

A diferencia de *H. bimaculata*, los trabajos reportados para *P. gracilis*, en las últimas décadas, señalan que el mejor ajuste entre la Longitud y el peso de los organismos puede ser exponencial o bien de tipo potencial, otra variación entre estas especies es que el valor de “*b*” (que permite establecer el modelo de crecimiento) si se ha reportado como “isométrico, además de “alométrico positivo” o “alométrico negativo”, nuevamente dependiendo de una serie de parámetros que se van señalando.

Un ejemplo de isometría se observa en el trabajo de Contreras-MacBeath y Ramírez, (1996), estos autores analizan algunas estrategias reproductivas de un total de 491 ejemplares de *P. gracilis* que fueron recolectados de manera mensual en el río Cuautla, Morelos, Al respecto encontraron una proporción 1:4.5 entre machos y hembras respectivamente. En este trabajo la relación entre la longitud y el peso de los especímenes se reporta de tipo exponencial ( $W=1.7^5(l)^{3.07}$ ), con un buen ajuste ( $r^2=0.98$ ). Como se observa el valor del coeficiente (pendiente) “*b*” es cercano a 3 (3.07) conviniendo que el crecimiento es de tipo isométrico, lo que sugiere que “las partes del cuerpo crecen a un ritmo similar. Estos autores destacan la diferencia en el tamaño corporal de los organismos al inicio de la reproducción entre los sexos, si bien hay actividad reproductiva durante todo el año.

Por otro lado, Sánchez y Sastré (2004) como parte del análisis del ciclo reproductivo de *P. gracilis* del Lago Coatetelco, Morelos., reportan la relación longitud peso (RLP) de los ejemplares, con un comportamiento de tipo potencial. Para ambos sexos (machos y hembras) reportan un crecimiento de tipo alométrico negativo ( $b=2.86$ ), en específico para los machos la pendiente fue ( $b=2.65$ ) y para las hembras de ( $b=2.84$ ), agregando para estas últimas una tendencia a isometría. Con respecto al FC mencionan un comportamiento diferente entre hembras y machos. Por un lado, las hembras incrementan su valor ( $K$ ) de julio a octubre coincidiendo con su máxima actividad y primera época de reproducción. En el caso de los machos se reportaron los valores más altos en enero, febrero, junio y noviembre. En todos los casos el valor de  $K$  es mayor 1, observando un estado de bienestar adecuado.

Los resultados antes mostrados corresponden a 1225 ejemplares capturados a lo largo de un año, el 65% fueron hembras y un 28% machos, el resto fueron crías indefinidas. Finalmente, estos autores señalan que *P. gracilis* se encuentra en una amplia región del Amacuzac, como resultado de su introducción por ser utilizados de manera ornamental.

En un estudio llevado a cabo durante 2003 a 2004 evaluando la reproducción y el crecimiento de *P. gracilis* de la presa Emiliano Zapata, Estado de Morelos, Gutiérrez-García y Hernández- Ramos, (2007), reportan para una captura de 1696 organismos que la RLP para todos sigue un comportamiento de tipo potencial con un crecimiento de tipo alométrico negativo tanto para los machos ( $b=2.95$ ;  $R^2=0.98$ ), las hembras ( $b=2.89$ ;  $R^2=0.98$ ) y los indeterminados ( $b=2.28$ ;  $R^2=0.74$ ).

Por otro lado, en un estudio llevado a cabo en la misma presa (Emiliano Zapata, Estado de Morelos), pero de 2004 a 2005 evaluando aspectos reproductivos de *P. gracilis*, Ayala-Hernández y Vera-Gómez (2007) reportaron para los 3162 organismos capturados, que la RLP fue de tipo potencial. Sin embargo, en el caso de las hembras el crecimiento fue de tipo alométrico positivo ( $b=3.06$ ;  $R^2= 0.98$ ), y de tipo alométrico negativo ( $b=2.77$ ;  $R^2=0.94$ ) para los machos y para los indeterminados ( $b=2.41$ ;  $R^2= 0.93$ ). Al reportar la RLP para “toda la población”, se mantiene la relación de tipo

potencial con un crecimiento de tipo alométrico negativo ( $b= 2.76$ ;  $R^2=0.98$ ). En todos los casos la relación fue altamente significativa.

En este caso, el estado de bienestar de *P. gracilis* fue determinado utilizando el factor de condición múltiple (FCM) reportando que el mismo no presenta relación con los factores ambientales considerados (Temperatura, alcalinidad, dureza total), con un incremento máximo para las hembras en los meses de junio a agosto. Para los machos el incremento máximo fue durante el mes de junio.

Por su parte, Gómez-Márquez et al. (2008) en otro estudio sobre la reproducción de *P. gracilis* (1225 organismos) en un lago poco profundo, reportan que la RLP fue de tipo potencial. El crecimiento fue de tipo alométrico negativo para las hembras ( $b=2.94$ ;  $R^2=0.94$ ) y para los machos ( $b=2.73$ ;  $R^2=0.74$ ). Considerando todos los grupos, se mantiene con este tipo de crecimiento (alométrico negativo) con un valor de  $b= 2.94$  ( $R^2=0.93$ ).

En una nota técnica Miranda et al. (2009) analizan la RLP de 9 especies de peces recolectadas en febrero y noviembre de 2007 y posteriormente en abril de 2008 en la reserva de la biosfera "Barranca de Metztitlán, Hidalgo México. Entre estos peces se menciona a *P. gracilis* destacando el registro en la talla de las hembras, con un máximo de 9cm. Con respecto al tipo de crecimiento se reporta como alométrico negativo para machos ( $b=2.83$ ;  $R^2=0.97$ ) y alométrico positivo para las hembras ( $b=3.24$ ;  $R^2=0.87$ ). Con respecto al FC mencionan que fue significativamente más bajo en noviembre respecto a febrero y abril debido a las condiciones medioambientales.

Por su parte Gutiérrez et al. (2018) llevaron a cabo un experimento, en condiciones de laboratorio, con hembras de *P. gracilis* valorando el FC después de 90 días de separarlas de los machos. Los autores determinaron que el descriptor  $K$  fue de 1.07, valor próximo a 1, asumiendo que las hembras de *P. gracilis* presentan un cuerpo "promedio" con una buena condición o estado nutricional aun después de ser mantenidas en condiciones de laboratorio. Se menciona que los organismos fueron recolectados en la represa "Los Pinos" en el Estado de Puebla, pequeño cuerpo de

agua del cual provienen los ejemplares del presente trabajo.

Por último, se menciona el estudio llevado a cabo con *P. gracilis* en el microreservorio Amate amarillo, en el municipio de Ayala, Estado de Morelos, México. En el mismo se determinó (a partir de una muestra de 639 organismos) que tanto en hembras como en machos el tipo de crecimiento es alométrico positivo (Gómez, J. et al., 2024). Con respecto al factor de condición relativo (Kr) de Le Cren reportan valores superiores a 1 durante todo el estudio, lo que indica que los organismos se encuentran en buenas condiciones. Este estudio resulta muy importante ya que se llevó a cabo en lo que se denomina “microreservorio” el cual se caracteriza por presentar una superficie de 7,84ha y un perímetro de 1379m, además de ser poco profundo. Así entonces, al igual que en el presente trabajo los cuerpos de agua con estas características cobran relevancia cuando se reconoce que en ellos se pueden establecer y desarrollar especies invasoras de manera estable.

Como se observa en trabajos antes mencionados, destaca el reporte de los factores ambientales registrados durante el periodo de estudio, lo anterior considerando que pueden modular el crecimiento de peces (y crustáceos), reconociendo además que los peces tienen un crecimiento “constante” si las condiciones ambientales se mantienen constantes (Martínez-Porchas et al., 2009). Estos autores también señalan que la energía ingerida (proteína) será destinada al proceso de crecimiento, siempre y cuando los peces se encuentren en condiciones adecuadas. Esto podría aportar a la idea de que aun siendo peces invasores se están desarrollando (en nuevos ambientes) de manera adecuada, esto con base a su estado de bienestar (FC).

Cabe señalar que la presa Manuel Ávila Camacho, forma parte del ANP parque estatal “Humedal de Valsequillo”, área que también considera dentro de sus límites a la represa “Los Pinos” sitio de recolecta de los organismos estudiados en este trabajo. Así entonces, se debe aclarar que las decisiones que se tomen deberán considerar el tipo de administración de tienen las ANP.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA SISTEMÁTICA

La aparición de Internet cambio la manera de acceder y buscar información, siendo obligatorio que el investigador maneje las estrategias documentales y la utilización de diferentes tipos de software especializados para obtener resultados que den respuesta a su necesidad de información. Lo anterior incluye reconocer que hay demasiada información, la cual es inabarcable y en muchos casos poco fiable (Sureda et al., 2010; Coto, 2010), por lo que se deben llevar a cabo revisiones bibliográficas sistemáticas.

A mediados del siglo XX da inicio la tercera revolución industrial (propuesta por Jeremy Rifkin), la cual presenta su mayor esplendor para las décadas de setenta y ochenta culminando a principios del siglo XXI. Esta revolución estaba basada en los semiconductores, las plataformas digitales y el auge de las computadoras personales, sin embargo, estos recursos tecnológicos no estaban a completa disposición de los investigadores o recién se estaban incorporando, por lo que para acceder a la información científica era necesario la visita a bibliotecas físicas y elegir los libros y revistas especializadas, que pudieran servir al propósito de la investigación. Así mismo, cuando la información no estaba disponible debía ser obtenida en lapsos de tiempo considerables, sin mencionar el esfuerzo inherente de este tipo de búsqueda (Fandiño-Lozano, 2008; Rifkin, 2011; Schwab, 2016).

Por otro lado, a finales de la tercera revolución y entrando en la cuarta revolución industrial (propuesta por Claus Schwab) basada en la inteligencia artificial (IA) y el *machine learning*, cuyo comienzo se sitúa en la segunda década del siglo XXI, se caracteriza porque la información se volvió tan abundante en catálogos de publicaciones y bases de datos en forma remota y otras fuentes que no es posible leer toda esta información en un lapso razonable de tiempo (Fandiño-Lozano, 2008; Rifkin, 2011; Schwab, 2016).

a. En cuanto a la información recabada en la literatura especializada es evidente que



ambas especies de poecílidos aún no han sido suficientemente estudiadas, tal afirmación se respalda en la escasa información que existe sobre ellos y que fue recabada en el presente trabajo.

Cabe señalar que a pesar de que se ingresaron las ecuaciones de búsqueda (4) y las palabras clave (7) adecuadas en los 17 motores de búsqueda considerados, los motores de búsqueda no arrojaron los resultados, que se llegan a observar en otros grupos de peces, que son comerciales o tienen una importancia ecológica relevante.

La revisión bibliográfica permitió obtener literatura especializada sobre tópicos específicos de ambas especies, sin embargo, una gran cantidad de material analizado no contenía información que estuviera relacionada con los criterios de búsqueda señalados en las ecuaciones de búsqueda o palabras clave.

Así entonces, resulta interesante observar que a pesar de contar con tecnología de punta para llevar a cabo búsquedas de información sistemáticas, los buscadores arrojan trabajos que no tienen relación con el tema de interés, y esto no se debe a errores en la construcción de las ecuaciones de búsqueda o de las palabras clave, sino más bien tiene que ver con cuestiones de tipo informático, en donde los filtros realizados por los sistemas consideran al trabajo apenas cumpla con alguna semejanza del planteamiento.

Lo anterior deja en claro que toda búsqueda, por detallada que sea, va a requerir cribado de la información como siguiente paso. Es aquí en donde se separa la información que realmente es útil al objetivo del trabajo.

**b.** Ambas especies a pesar de estar ampliamente distribuidas debido a su gran capacidad de invasión son tomadas en cuenta principalmente para estudios de ecología, resultando la falta de artículos acerca de invasiones biológicas.

La información recabada en el presente trabajo en 17 buscadores especializados es

información relevante sin embargo en el contexto de la cuarta revolución industrial y debido a la ingente cantidad de información que se publica mensualmente y a la gran cantidad de buscadores que existe, esta información se va a multiplicar indefinidamente.

Como se ha mencionado a lo largo de este trabajo, incluyendo que es parte de la justificación de este, las dos especies de poecílidos analizadas son invasoras, sin embargo, la literatura que aborda este tópico más el impacto que pueden ejercer sobre las especies nativas es muy reciente en trabajos publicados en español, su tratamiento es diferente en las publicaciones en inglés, idioma en el cual las publicaciones las presentan como especies invasoras tiempo atrás.

Finalmente se menciona que no solo hace ciencia quien genera conocimiento novedoso, también hace ciencia quien aporta a visibilizar, proyectar, analizar, discutir y reportar los avances de la investigación en cada campo de la ciencia (Yáñez Díaz et al., 2022).

## 9. Conclusiones

1. La recolecta de los poecílicos *H. bimaculata* y *P. gracilis* en la represa “Los Pinos” es significativa y permanente, esto a pesar del tamaño pequeño del cuerpo de agua, y si bien no se tiene registro de su llegada, su ingreso a la presa Manuel Ávila Camacho (Bajo Atoyac) es permanente y por lo tanto preocupante por su distribución.

2. La relación longitud peso (RLP) de los juveniles, machos y hembras, de *Heterandria bimaculata* de la represa “Los Pinos” presentan coeficientes de determinación ( $R^2$ ) elevados ( $>0.90$ ), señalando un buen ajuste del modelo. Así mismo, se determinó que el modelo de crecimiento para ambos sexos es de tipo alométrico positivo ( $b=3.16$  y  $3.10$  para machos y hembras respectivamente).

3. La relación longitud peso (RLP) de los juveniles, machos y hembras, de *Poeciliopsis gracilis* de la represa “Los Pinos”, presentan coeficientes de determinación ( $R^2$ ) elevados ( $>0.92$ ), señalando un buen ajuste del modelo. A partir de este, se determinó que el crecimiento para ambos sexos es de tipo alométrico negativo ( $b=2.7$  y  $2.6$  para machos y hembras respectivamente).

4. El Factor de condición en los juveniles, machos y hembras, de *H. bimaculata* y *P. gracilis* de la represa “Los Pinos” es mayor a 1 en todos los casos ( $K>1$ ), lo que podría señalar su adaptación y como las condiciones ambientales favorecen su bienestar corporal, favoreciendo su capacidad de reproducción y movilización a otros ambientes.

5. La búsqueda de literatura especializada de manera sistemática favorece en tiempo y calidad los resultados obtenidos. Se considera que el número de trabajos científicos que abordan la relación longitud peso (RLP) y el factor de condición (K) en *H. bimaculata* y *P. gracilis* son escasos y esporádicos, si bien hay otras líneas de investigación que ya los están considerando, incluyendo el término “invasor”, lo que permitirá tener una mayor atención sobre los mismos como invasores.

## 10. Literatura citada

Aguirre Muñoz, A., Mendoza Alfaro, R., Arredondo Ponce, Bernal, H., Arriaga Cabrera, L., Campos González, E., Contreras-Balderas, S., Elías Gutiérrez, M., Espinosa García F. J., Fernández Salas, I., Galaviz Silva, L., García de León, F. J., Lazcano Villarreal, D., Martínez Jiménez, M., Meave del Castillo, M.E., Medellín, R. A., Naranjo García, E., Olivera Carrasco, M. T., Pérez Sandi, M., Rodríguez Almaraz, G., Zertuche Gonzales J. A. (2009). Especies exóticas invasoras: impactos sobre las poblaciones de flora y fauna, los procesos ecológicos y la economía. En R. Dirzo, R. González e I. J. March (Comps.), *Capital natural de México, vol. II: Estado de conservación y tendencias de cambio* (pp. 277-318). CONABIO.

Anguas-Vélez, B. H., Civera-Cerecedo, R., Goytortúa-Bores, E., y Rocha-Meza, S. (2003). Efecto de la temperatura y la densidad de cultivo sobre el crecimiento de juveniles de la cabrilla arenera, *Paralabrax maculatofasciatus*. *Hidrobiológica*, 13(4), 309-315.

Arismendi, I., Penaluna, B. y Soto, D. (2011). Body condition indices as a rapid assessment of the abundance of introduced salmonids in oligotrophic lakes of southern Chile. *Lake and Reservoir Management*, 27(1), 61-69.

Arguedas-Arguedas, Olga. (2009). La búsqueda bibliográfica. *Acta Médica Costarricense*, 51(3), 155-157.

Auró de Ocampo, A., y Ocampo Camberos, L. (1999). Diagnóstico del Estrés en Peces. *Veterinaria México*, 30(4), 337-344. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42330411>

Ayala Hernández, I. y Vera Gómez. Ma. G. (2007). *Estudio reproductivo de Poeciliopsis gracilis de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM.

[https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-reproductivo-de-poeciliopsis-gracilis-de-la-presa-emiliano-zapata-morelos-mexico-413761?c=ZR2nBm&d=false&q=:\\*&i=2&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-reproductivo-de-poeciliopsis-gracilis-de-la-presa-emiliano-zapata-morelos-mexico-413761?c=ZR2nBm&d=false&q=:*&i=2&v=1&t=search_0&as=0)

Bagley, J. C., Breitman, M. F., & Johnson, J. B. (2022). Length–weight relation for seven Neotropical freshwater fish species (Actinopterygii) endemic to Central America. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 52(3), 183-187.

Beamish, F.W.H., Sitja-Bobadilla, A., Jebbink, J. A., & Woo, P.T.K. (1996). Bioenergetic cost of cryptobiosis in fish: rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* infected with *Cryptobia salmositica* and with an attenuated live vaccine. *Diseases of Aquatic Organisms*, 25, 1-8.

Brindis-Velázquez, C. (2019). *Ciclo reproductivo de los Factores ambientales en Pseudoxiphophorus bimaculatus (Heckel, 1848)* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/ciclo-reproductivo-e-influencia-de-los-factores-ambientales-en-pseudoxiphophorus-bimaculatus-heckel-1848-3443292?c=EAZ3X4&d=true&q=:\\*&i=1&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/ciclo-reproductivo-e-influencia-de-los-factores-ambientales-en-pseudoxiphophorus-bimaculatus-heckel-1848-3443292?c=EAZ3X4&d=true&q=:*&i=1&v=1&t=search_0&as=0)

Carlander, K. D. (1969). *Handbook of freshwater fishery biology* (Vol. 1). The Iowa State University Press.

Canosa, L. F., Chang, J. P., & Peter, R. E. (2007). Neuroendocrine control of growth hormone in fish. *General and Comparative Endocrinology*, 151(1), 1-26. <https://doi.org/10.1016/j.ygcen.2006.12.010>

Cifuentes, R., González, J., Montoya, G., Jara, A., Ortíz, N., Piedra, P. y Habit, E. (2012). Relación longitud-peso y factor de condición de los peces nativos del río San Pedro (cuena del río Valdivia, Chile). *Gayana (Concepción)*, 75(2), 101-110. <http://dx.doi.org/10.4067/S0717-65382012000100009>

Codina, L. (24 de noviembre de 2017). Procedimiento gráfico para generar ecuaciones de búsqueda en bases de datos académicas. <https://www.lluiscodina.com/grafico-ecuaciones-de-busqueda/>

Codina, L. (2020). Cómo hacer revisiones bibliográficas tradicionales o sistemáticas utilizando bases de datos académicas. *Revista ORL*, 11(2), 139-153. <https://dx.doi.org/10.14201/orl.22977>

Constantz, G.D. (1989). Reproductive Biology of Poeciliid Fishes. In G.K. Meffe & F.F. Snelson Jr. (eds.), *Ecology and Evolution of Livebearing fishes (Poeciliidae)* (pp. 33-50). Prentice Hall.

Contreras-MacBeath, T., & Ramírez, H. (1996). Some Aspects of the Reproductive Strategy of *Poeciliopsis gracilis* (Osteichthyes: Poeciliidae) in the Cuautla River, Morelos, Mexico. *Journal of Freshwater Ecology*. 11(3), 327-338. <https://doi.org/10.1080/02705060.1996.9664455>

Contreras-MacBeath, T., Gaspar-Dillanes, M. T., Huidobro-Campos, L., & Mejía-Mojica, H. (2014). Peces invasores en el centro de México. En R. E. Mendoza Alfaro y P. Koleff Osorio (Coords.), *Especies acuáticas invasoras en México* (pp. 413-424). CONABIO.

CONABIO. (2023). *Información sobre Especies Invasoras en el Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad*. (<https://www.biodiversidad.gob.mx/especies/Invasoras>).

Contreras-Balderas, S., Ruiz-Campos, G., Schmitter-Soto, J.J., Díaz-Pardo, E., Contreras-MacBeath, T., Medina-Soto, M., Zambrano-González, L., Varela-Romero, A., Mendoza-Alfaro, R., Ramírez-Martínez, C., Leija-Tristán, M.A., Almada-Villela, P., Hendrickson, D. A., & Lyons, J. (2008). Freshwater fishes and water status in Mexico:

A country-wide appraisal. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 11(3), 246-256.

Coto, C. E. (2010). Demasiada información impide pensar. *Química Viva*, 9(1), 1-2.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=86312852001>

de Pelekais, C. F., Soto, M., Pelekais, E. A., & Pelekais, E. A. (2014). De la publicación impresa a la electrónica: una simbiosis de elementos para divulgar la producción científica en las organizaciones universitarias. *Paakat: Revista de Tecnología y Sociedad*, 4(7), 18.

Espinosa Pérez, H., Gaspar-Dillanes, M. T. y Fuentes Mata, P. (1993). Los Peces Dulceacuícolas Mexicanos. *Listados faunísticos de México*, (3), 1-99.

Espinosa-Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 450-459. <https://doi.org/10.7550/rmb.32264>

Fandiño-Lozano, M. (2008). Revisión de literatura científica en condiciones de exceso de información. *Universitas Scientiarum*, 13 (1), 75-83.  
<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49913108>

Frías-Álvarez, P, y J. Zúñiga-Vega. (2012). Superfetación, embarazarse estando embarazada. [en línea]. En: *Ciencia y Desarrollo en Internet*. (noviembre-diciembre)  
<http://www.cyd.conacyt.gob.mx/262/articulos/superfetacion.html>

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: history, meta-analysis and recommendations. *Journal of applied ichthyology*, 22(4), 241-253.  
<https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x>

Fulton, T. W., (1904). The rate of growth of fishes. Twenty-second Annual Report, Part III. Fisheries Board of Scotland, Edinburgh, pp. 141–241.

Gaspar-Dillanes, M.T. (1987). Nuevo registro de *Heterandria (Pseudoxiphophorus) bimaculata* (Heckel, 1848) en la vertiente del Pacífico mexicano. (Pisces: Poeciliidae). *Anales del Instituto de Biología UNAM, Serie Zoológica*, 58(2), 933-938.

Genovai, N., Maciel, A. L., Piana, P., & Gubiani, É. A. (2024). Length-weight and length-length relationships of 10 fish species from headwater streams of the lower Iguassu River basin, Brazil. *Zoologia (Curitiba)*, 41, e23025.

Ghalambor, C. K., Reznick, D. N., & Walker, J. A. (2004). Constraints on adaptive evolution: the functional trade-off between reproduction and fast-start swimming performance in the Trinidadian guppy (*Poecilia reticulata*). *The American Naturalist*, 164(1), 38-50

Ghedotti, M. J. (2000). Phylogenetic analysis and taxonomy of the poecilioid fishes (Teleostei: Cyprinodontiformes). *Zoological Journal of the Linnean Society*, 130(1), 1-53. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.2000.tb02194.x>

Gómez-Luna, E., Fernando-Navas, D., Aponte-Mayor, G., y Betancourt-Buitrago, L. A. (2014). Metodología para la revisión bibliográfica y la gestión de información de temas científicos, a través de su estructuración y sistematización. *Dyna*, 81(184),158-163. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49630405022>

Gómez, J. & Muñoz-Ruiz, A. & Guzmán-Santiago, J. & Trejo, R. & Alejo-Plata, C. (2024). Age and growth of *Poeciliopsis gracilis* in the Amate amarillo microreservoir, Morelos. *International Journal of Health Science*. 4. 2-15. [10.22533/at.ed.1594462420054](https://doi.org/10.22533/at.ed.1594462420054).

Gómez-Márquez, J. L., Guzmán-Santiago, J. L. y Olvera-Soto, A. (1999). Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo", Morelos, México. *Revista de Biología Tropical*, 47(3), 581-592.

Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Salgado-Ugarte, I. H, Sánchez-Herrera, A. K., & Sastré-Baez, L. (2008). Reproduction of the fish *Poeciliopsis gracilis*



(Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in Coatetelco, a tropical shallow lake in México. *Revista de Biología Tropical*, 56(4), 1801-1812

Granado Lorencio, C. (1996). *Ecología de peces*. Universidad de Sevilla, secretariado de publicaciones.

Gutiérrez García, G. y Hernández Ramos, E. (2007). *Edad y crecimiento de Poeciliopsis gracilis de la presa Emiliano Zapata, Morelos, México*. [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/edad-y-crecimiento-de-poeciliopsis-gracilis-de-la-presa-emiliano-zapata-morelos-mexico-115572?c=zRRq8D&d=false&q=\\*&i=2&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/edad-y-crecimiento-de-poeciliopsis-gracilis-de-la-presa-emiliano-zapata-morelos-mexico-115572?c=zRRq8D&d=false&q=*&i=2&v=1&t=search_0&as=0)

Gutiérrez, I., Molina, H. Mangas-Ramírez, E. López, M. Fernández, A. y V. Campos. (2018). Toxicidad del Zinc sobre indicadores biológicos y fisiológicos en hembras de *Poeciliopsis gracilis* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias*. 9(22): 90 - 109

Guzmán Santiago, J. L. y Olvera Soto, J. A. (1996). *Contribución al estudio de la biología del pez ornamental "Guppy" (Heterandria bimaculata) y su relación con algunos parámetros físicos, químicos y biológicos en la laguna "El Rodeo", Edo. De Morelos* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/contribucion-al-estudio-de-la-biologia-del-pezo-ornamental-guppy-heterandria-bimaculata-y-su-relacion-con-algunos-para-416669?c=BDEGAz&d=false&q=\\*&i=1&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/contribucion-al-estudio-de-la-biologia-del-pezo-ornamental-guppy-heterandria-bimaculata-y-su-relacion-con-algunos-para-416669?c=BDEGAz&d=false&q=*&i=1&v=1&t=search_0&as=0)

Huidobro Campos, L. (2000). Peces. En G. de la Lanza Espino, S. Hernández Pulido y J. L. Carbajal Pérez (Compiladores), *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. (pp. 195-260). Plaza y Valdés, S. A. DE C.V.

Le Cren, E. D. (1951). The Length-Weight Relationship and Seasonal Cycle in Gonad Weight and Condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20(2), 201–219. <https://doi.org/10.2307/1540>

Lucas, A. (1996). *Bioenergetics of Aquatic Animals*. Taylor & Francis.

Luque, F. J., Patarroyo-Baez, J. J., & González-Trujillo, J. D. (2019). Aspectos autoecológicos de *Bryconops giacopinii* (Iguanodectidae) de la Serranía de la Lindosa, San José de Guaviare, Colombia. *Acta biológica colombiana*, 24(2), 255-263.

Maceda-Veiga, A., Mac Nally, R., de Sostoa, A., & Yen, J. D. L. (2022). Patterns of species richness, abundance and individual-size distributions in native stream-fish assemblages invaded by exotic and translocated fishes. *Science of The Total Environment*, 838, 1-10.

Mancini, M. (2002). Introducción a la biología de los peces. Cursos Introducción a la Producción Animal y Producción Animal I, FAV UNRC.

Martínez-Porchas, M., Martínez-Córdova, L. R. y Ramos-Enríquez, R. (2009). Dinámica de crecimiento de peces y crustáceos. *REDVET. Revista electrónica de Veterinaria*, 10(10), 1-16. <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=63617128022>

Mata Salcedo G. (2007). *Estudio biológico de Heterandria bimaculata (Pisces: Poeciliidae) con fines forrajeros en estanques con aguas tratadas* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-biologico-de-heterandria-bimaculata-pisces-poeciliidae-con-fines-forrajeros-en-estanques-con-aguas-tratada-282914?c=Vj0QzZ&d=false&q=\\*&i=2&v=1&t=search\\_0&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/estudio-biologico-de-heterandria-bimaculata-pisces-poeciliidae-con-fines-forrajeros-en-estanques-con-aguas-tratada-282914?c=Vj0QzZ&d=false&q=*&i=2&v=1&t=search_0&as=0)

McCallum, H. 2000. Population Parameters: Estimation for Ecological Models.

Blackwell Science Ltd. Oxford, London. 348 pp.

Mendoza Alfaro, R., Ramírez Martínez, C., Aguilera González, C. y Meave del Castillo, M. E. (2014). Principales vías de introducción de las especies exóticas. *En*: R. Mendoza y P. Koleff (Coords.), *Especies acuáticas invasoras en México* (43-73). CONABIO.

Mendoza-Alfaro, R., y Koleff-Osorio, P. (2014). Introducción de especies exóticas acuáticas en México y en el mundo. *En* R. Mendoza y P. Koleff (coords.). *Especies acuáticas invasoras en México* (17 – 41). CONABIO.

Mejía-Mojica, H. (1992). Nuevo registro de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) (Pisces: Poeciliidae), para la cuenca del Río Balsas. *Ciencia y Tecnología*, 2, 131-135.

Miller, R. R., Minckley, W. L., & Norris, S. M. (2005). *Freshwater fishes of Mexico*. University of Chicago Press.

Miranda, R., Galicia, D., Monks, S. y Pulido-Flores, G. (2009). Weight-length relationships of some native freshwater fishes of Hidalgo State, Mexico. *Journal of Applied Ichthyology*. 25(5), 620-621. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2009.01319.x>

Moncada-Hernández, S. G. (2014). Cómo realizar una búsqueda de información eficiente. Foco en estudiantes, profesores e investigadores en el área educativa. *Investigación en educación médica*, 3(10), 106-115.

Nelson, J. S., Crossman, E. J., Espinosa-Pérez, H., Findley, L. T., Gilbert, C. R., Lea, R. N., & Williams, J. D. (2004). Common and scientific names of fishes from the United States, Canada and Mexico. *American Fisheries Society*

Nelson, J.S. (2006). *Fishes of the world*. John Wiley & Sons.

Nelson, J. S., Grande, T. C., & Wilson, M. V. (2016). *Fishes of the World*. John Wiley & Sons.

Novelle, L. (2012). De la arcilla al E-book historia del libro y las bibliotecas. Investigación en organización y gestión de la información documental. México

Olabarría Uzquiano, C., & Vázquez Otero, M. E. (2018). Las invasiones marinas: un importante elemento de cambio global. En A. C. Hernandez Zanuy (ed.), *Adaptación basada en Ecosistemas: alternativa para la gestión sostenible de los recursos marinos y costeros del Caribe* (pp. 60-81). Instituto de Ciencias del Mar, ICIMAR.

Ramírez-García, A., Ramírez-Herrejón, J. P., Medina-Nava M., Hernández-Morales R., Domínguez-Domínguez, O. (2017). Reproductive biology of the invasive species *Pseudoxiphophorus bimaculatus* and *Poecilia sphenops* in the Teuchitlán River, México. *Journal of Applied Ichthyology*, 34(1), 81-90. <https://doi.org/10.1111/jai.13543>

Ricker, W. E. (1975). Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Board Can. Bull.*, 191, 1-382.

Rifkin, J. (2011). *La Tercera Revolución Industrial: Cómo el poder lateral está transformando la energía, la economía y el mundo*. Grupo Planeta (GBS).

Rivera-Velázquez, G., Aguilar-Ballinas, J. M., Trejo-González, C., & Peralta-Meixueiro, M. Á. (2023). Estructura de tallas, relación longitud-peso y factor de condición de cuatro peces nativos en la represa Nezahualcóyotl, Chiapas, México. *Caldasia*, 45(2), 323-331.

Rodríguez, C. (2008). Hábitos alimentarios de *Poeciliopsis fasciata* (Meek, 1904) y *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1948) en la porción oaxaqueña de la Reserva de la Biosfera Tehuacán-Cuicatlán. [Tesis de maestría en Ciencias], IPN (CIIDIR Oaxaca). [http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER\\_CIIDIROAX/73](http://literatura.ciidiroaxaca.ipn.mx:8080/xmlui/handle/LITER_CIIDIROAX/73)

Ruíz-Campos, G., Varela-Romero, A., Sánchez-Gonzales, S., Camarena-Rosales, F., Maeda-Martínez, A. M., González-Acosta, A. F., Andreu-Soler, A., Campos-González, E., Delgadillo-Rodríguez, J. (2014). Peces invasores en el noroeste de México. En R. E. Mendoza Alfaro y P. Koleff Osorio (Coords.), *Especies Acuáticas Invasoras en México* (pp. 375-399). CONABIO.

Schwab, K. (2016). *La cuarta revolución industrial*. Debate.

Sánchez, A. y Sastré, L. (2004). *Reproducción y Crecimiento de Poeciliopsis gracilis (Heckel, 1984) en el Lago Coatetelco, Mor.* [Tesis de licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. [https://repositorio.unam.mx/contenidos/reproduccion-y-crecimiento-de-poeciliopsis-heckel-1848-en-lago-coatetelco-mor-460446?c=vWRPGY&d=false&q=\\*&i=6&v=1&t=search\\_1&as=0](https://repositorio.unam.mx/contenidos/reproduccion-y-crecimiento-de-poeciliopsis-heckel-1848-en-lago-coatetelco-mor-460446?c=vWRPGY&d=false&q=*&i=6&v=1&t=search_1&as=0)

Spencer, H., 1864–1867: *The Principles of Biology*. Williams & Norgate, London. 678, pp.

Soinski, T. A., Costa, M. S., Brambilla, E. M., y Smith, W. S. (2020). Relación longitud-peso para dos especies de peces del bosque nacional Ipanema, estado de São Paulo, Brasil. *Revista Colombiana de Ciencia Animal - RECIA*, 12(2), e749. <https://doi.org/10.24188/recia.v12.n2.2020.749>

Sureda, J., Comas, R. L., Oliver, M. F. y Guerrero, R. M. (2010). *Fuentes de información bibliográfica a través de Internet para investigadores en educación*. Redined. <http://hdl.handle.net/11162/7806>

Thibault R.E., & Schultz R. J. (1978). Reproductive adaptations among viviparous fishes (cyprinodontiformes: poeciliidae). *Evolution*. 32(2), 320-333. <https://doi.org/10.1111/j.1558-5646.1978.tb00648.x>

Trujillo Jiménez, P. (1998). *Dinámica trófica de la ictiofauna del río Amacuzac, Morelos, México* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Autónoma de México]. Repositorio institucional de la UNAM. <https://repositorio.unam.mx/contenidos?&q=Din%C3%A1mica%20tr%C3%B3fica%20de%20la%20ictiofauna%20del%20r%C3%ADo%20Amacuzac,%20Morelos,%20M%C3%A9xico>

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. [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442007000200021&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442007000200021&lng=en&tlng=es).

Urriola Hernández, M., Cabrera Peña, J., y Protti Quesada, M. (2004). Fecundidad, fertilidad e índice gonadosomático de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) en Heredia, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 52(4), 945-950.

Vásquez Torres, W. (2001). *Principios de nutrición aplicada al cultivo de peces* Universidad De Los Llanos.

Velázquez-Velázquez, E., Maza-Cruz, M., Gómez-González, A. E., & Navarro-Alberto, J. A. (2015). Length-weight relationships for 32 fish species in the Grijalva River Basin, México. *Journal of Applied Ichthyology*, 31(2), 413-414. <https://doi.org/10.1111/jai.12676>

Vilches, A. M., Arcaria, N., y Darrigran, G. A. (2010). Introducción a las invasiones biológicas. *Boletín Biológica*, 18, 14-19.

Weatherley, A.H. (1972). *Growth and ecology of fish populations*. Academic Press.

Wedemeyer, G., & McLeay, D. (1981). Methods for determining the tolerance of fishes to environmental stressors. In P. D. Pickering (ed.), *Stress and fish* (pp. 247-275). Academic Press.

Wourms, J. P. (1981). Viviparity: the maternal-fetal relationship in fishes. *American Zoologist*, 21(2), 473-515.

Yáñez-Díaz, M., Prieto-Velásquez, M., Medina-Jaimes, D. y D. Madriz-Rodríguez (2021). Procedimiento para el diseño de investigaciones bajo el enfoque de revisión sistemática. Un caso de aplicación”, *Aibi revista de investigación, administración e ingeniería*, vol. 10, no. 1, pp. 43-51. doi: 10.15649/2346030X.2630

Zambrano, M. J., Bonifacio, A. F., Brito, J. M., Rautenberg, G. E., & Hued, A. C. (2023). Length–weight relationships and body condition indices of a South American bioindicator, the native Neotropical fish species, *Cnesterodon decemmaculatus* (Poeciliidae). *Journal of Ichthyology*, 63(5), 930-936.

Zúñiga-Vega, JJ; Macías-García, C; Johnson, JB (2010). Hypotheses to explain the evolution of superfetation in viviparous fishes. Pp: 241-253. En: *Viviparous Fishes II*. Uribe, MC; Grier, HJ (eds.). New Life Publications, Florida

## 11. Anexos



**Anexo 1.** Distribución nacional de *Heterandria bimaculata* (Heckel, 1848) in GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> on 2021-07-01.



**Anexo 2.** Distribución nacional de *Poeciliopsis gracilis* (Heckel, 1848) in GBIF Secretariat (2021). GBIF Backbone Taxonomy. Checklist dataset <https://doi.org/10.15468/39omei> accessed via GBIF.org on 2021-07-01.