

DIVISIÓN DE CIENCIAS BIOLÓGICAS Y DE LA SALUD  
DEPARTAMENTO EL HOMBRE Y SU AMBIENTE  
LICENCIATURA EN BIOLOGÍA

INFORME FINAL DE SERVICIO SOCIAL POR INVESTIGACIÓN

**“Influencia de la edad, talla y peso de hembras  
grávidas en el tamaño y supervivencia de los  
alevines del mexcalpique *Girardinichthys  
viviparus*”**

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE BIÓLOGA  
P R E S E N T A

**Maria Celia Campos Rosas**

Matrícula: 2142031572

ASESORES:

Dra. Gabriela Vázquez Silva - (No. Eco. 30288)  
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura

Biol. Ana Karen López De la Rosa - (No. Céd. 12194410)  
Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura

## Resumen

La familia Goodeidae tiene un alto grado de endemismo del 32% a nivel nacional, la cual se encuentra integrada por 41 especies y 19 géneros. Particularmente, *Girardinichthys viviparus* conocido como mexcalpique es una especie endémica del Valle de México, que siglos atrás fue aprovechado con fines de alimentación e, incidentalmente, para venta como pez forrajero junto con otras especies. El deterioro de su hábitat en conjunto con la desecación, contaminación del agua e introducción de especies exóticas han ocasionado una disminución en sus poblaciones silvestres, por lo que se encuentra en listado en la NOM-059-SEMARNAT-2010 como especie en peligro de extinción y en la IUCN como especie en peligro. Aunado a ello, la información del mexcalpique respecto a su mantenimiento en cautiverio es escasa, por lo cual es de suma importancia generar información sobre el manejo de las colonias, dado que el conocimiento de la fecundidad de las hembras, tamaño y supervivencia de las crías en mexcalpique permitirá un mejor manejo y selección de sus individuos. Por lo anterior, el objetivo de este trabajo fue determinar la relación de la edad, talla y peso de las hembras grávidas de *G. viviparus* respecto al número, tamaño y supervivencia de los alevines en condiciones controladas. Para lo cual, se analizó una base de datos sobre una población de hembras de *G. viviparus* en estado de gestación, organizando la información sobre edad, tiempo de gestación y número de alevines por hembra, talla y peso de hembras y crías, así como su supervivencia. Para determinar la relación de la edad, talla y peso de las hembras grávidas respecto al número y tamaño de los alevines del mexcalpique se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson y se determinó la tasa de fecundidad. De acuerdo con los resultados obtenidos, la talla de los alevines está influenciada por el peso y talla de las hembras grávidas de *G. viviparus*; sin embargo, el número de alevines de mexcalpique no depende de la talla y peso de las hembras grávidas. La continuación de estudios similares a este, sobre la influencia de edad y talla de las hembras en el número de crías, generaría conocimientos acerca de la biología de la especie en condiciones de cautiverio, y por ende tener alternativas para su conservación *ex situ*.

**Palabras clave:** conservación *ex situ*, endémico, *Girardinichthys viviparus*, godeídos, gravidez, Tasa de fecundidad.

---

**INDICE**

1. INTRODUCCIÓN .....	3
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	5
2.1 Distribución y Taxonomía.....	5
2.2 Hábitat y alimentación.....	7
2.3 Situación actual del mexcalpique.....	8
2.4 Ciclo Biológico .....	9
2.5 Superfetación.....	11
2.6 Fecundidad y características de los alevines.....	12
3. OBJETIVO GENERAL .....	14
3.1 Objetivos específicos.....	14
4. HIPÓTESIS.....	14
5. METODOLOGÍA.....	15
6.1 Análisis de datos.....	15
6.2 Análisis estadístico .....	15
7. RESULTADOS .....	18
7.1 Relación edad de hembras grávidas - tasa de fertilidad .....	18
7.2 Relación número de alevines en función de la edad de hembras grávidas de mexcalpique.....	18
7.3 Relación del peso y tamaño de los alevines respecto a la edad de hembras grávidas de mexcalpique .....	18
7.4 Relación del número y tamaño de los alevines en función del peso y talla de las hembras grávidas de <i>G. viviparus</i> .....	21
7.5 Supervivencia de los alevines en función de la talla y peso de las hembras grávidas .....	29
8. DISCUSIÓN .....	31
8.1 Relación edad de hembras grávidas - tasa de fertilidad .....	31
8.2 Relación número de alevines en función de la edad de hembras grávidas de mexcalpique.....	32
8.3 Relación del tamaño de los alevines respecto a la edad de hembras grávidas de mexcalpique.....	33
8.4 Relación del número y tamaño de los alevines en función del peso y talla de las hembras grávidas de <i>G. viviparus</i> .....	33
8.5 Supervivencia de los alevines en función de la talla y peso de las hembras grávidas .....	36
9. CONCLUSIONES.....	37
10 REFERENCIAS.....	38

## 1. INTRODUCCIÓN

Los peces son los vertebrados más abundantes del planeta y constituyen más de la mitad del total de vertebrados del mundo (Espinosa-Pérez, 2014). Debido a que la disponibilidad de agua dulce en el mundo es inferior al 0.01% la existencia de peces dulceacuícolas es de aproximadamente 12,000 (43%) especies (Díaz Pardo *et al.*, 2016). En México, la ictiofauna dulceacuícola se conforma por diferentes familias, entre ellas la familia Goodeidae, que es la más rica en endemismos con un 32% y está integrada por 19 géneros y 41 especies (De la Vega-Salazar, 2006; Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008). Un caso de importancia corresponde a la especie *Girardinichthys viviparus* endémica del Valle de México, también conocida como mexcalpique, que es considerada como un tesoro natural debido a que presenta adaptaciones únicas asociadas a peculiares estrategias de reproducción y desarrollo embrionario (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007). Su distribución está restringida a ecosistemas dulceacuícolas pertenecientes a la Mesa Central de México, principalmente a la cuenca Lerma-Chapala-Santiago, sistema hidrológico que presenta altos índices de contaminación originados por diferentes actividades antropogénicas (Bautista-Hernández *et al.*, 2008); su explotación y la introducción de especies exóticas han ocasionado una disminución en al menos un 80% sus poblaciones en los últimos años (Navarrete-Salgado *et al.*, 2003; Miranda *et al.*, 2008; Vázquez-Silva *et al.*, 2018). Esta situación la ha catalogado como especie “en peligro de extinción (P)” en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (DOF, 2010) y como especie “en peligro” en la Lista Roja de Especies Amenazadas (IUCN, 2014; Koeck, 2019), formando parte de los numerosos peces dulceacuícolas en riesgo de México (Miranda *et al.*, 2008).

Una de las características del mexcalpique en ambos sexos es la coloración verde olivo con franjas oscuras en los costados (Bojórquez y Arana, 2014) y que presentan un dimorfismo sexual marcado (Miller *et al.*, 2009), su fecundación es interna, los huevos formados se desarrollan dentro de la hembra y los nutrientes son proporcionados por la misma a través de la trofotenia, finalmente el nacimiento de las crías es vía parto (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007; Bautista-Hernández *et al.*, 2008; Valdés González *et al.*, 2014). Esta es una especie muy activa sexualmente (Méndez-Janovitz y Macías-García, 2017), sus ciclos

reproductivos son continuos y durante la época reproductiva la hembra puede ser receptiva aún en estado grávido, siendo continuo el proceso de fertilización de los óvulos (Ojeda Galindo, 2017).

*G. viviparus* al pertenecer al Orden de los Cyprinodontiformes, grupo que se corresponde también con especies vivíparas como *Poecilia reticulata*, relaciona su fecundidad y fertilidad con la longitud total de la hembra, en la que el tiempo del desarrollo embrionario, de esta última, va de 25 a 30 días aproximadamente (Devezé-Murillo *et al.*, 2004; Méndez-Janovitz y Macías-García, 2017; Hernández López, 2019). Al igual que la familia Goodeidae, también el número de crías tiene una marcada relación con la talla de las hembras (Bautista-Hernández *et al.*, 2008) y con un periodo de gestación de mes y medio a dos meses (Valdés González *et al.*, 2014). Sin embargo, la información respecto a la influencia de la relación talla-peso de las hembras grávidas con el tamaño y supervivencia de las crías de *G. viviparus* es poca; esta falta de información puede interferir con el manejo y conservación de la especie, dado que el conocimiento de la fecundidad de las hembras, tamaño y supervivencia de las crías en mexcalpique permite un mejor manejo y selección de sus individuos. A partir de lo estipulado por Bautista-Hernández y colaboradores (2008), la siguiente investigación tiene como objetivo analizar a partir de una base de datos la relación de la talla y peso de hembras grávidas respecto al número y tamaño de los alevines de *Girardinichthys viviparus* en condiciones controladas.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 Distribución y Taxonomía

México alberga el 10% de todos los organismos de la tierra, su riqueza biológica radica en su diversidad y en un elevado número de endemismos (De la Vega-Salazar, 2006), se encuentra dentro de los cinco países con mayor diversidad biológica a nivel mundial, no solo en especies sino también en ecosistemas y la variabilidad genética que albergan (Gómez-Márquez *et al.*, 2013) y en el caso de los peces, la riqueza es considerable (Espinosa-Pérez, 2014). El origen de la diversidad biológica presente se debe a factores como: una topografía variada, una compleja historia geológica, un amplio intervalo altitudinal, al prolongado aislamiento de una gran meseta tropical-subtropical, conocida como la Mesa Central (la cual incluye importante fauna del Río Lerma-Santiago, altamente endémica) y al sistema fluvial más grande de América Central, el Río Grijalva-Usumacinta (Miller *et al.*, 2009).

La Mesa Central de México es uno de los altiplanos tropicales más extensos del planeta y es considerada como una región primordial para la conservación de ictiofauna dulceacuícola, dentro de este territorio se encuentra la principal zona de humedales dulceacuícolas del país que se caracterizan por poseer una gran diversidad de peces; se han encontrado especies representativas de fauna neártica (Ictaluridae y Cyprinidae), neotropical (Poeciliidae y Cichlidae) y endémicas (Atherinopsidae y Goodeinae). La familia Goodeidae es uno de los grupos más representativos de esta región (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007) y se divide en dos subfamilias: Empetrichthyinae y Goodeinae, siendo esta la más diversa (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). Esta familia es la más rica en endemismos con alrededor de 36 especies que representan el 32% de especies endémicas de la Mesa Central de México (De la Vega-Salazar, 2006) las cuales se encuentran limitadas a las cuencas Lerma-Chapala-Santiago, siendo también la de mayor diversidad de peces godeídos, la zona alta del río Pánuco y diferentes embalses que forman parte de dichas cuencas (Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

La familia Goodeidae se conforma por 19 géneros y 41 especies (Domínguez-Domínguez *et al.*, 2008) y son considerados un tesoro natural por poseer

adaptaciones únicas asociadas con sus estrategias de reproducción y desarrollo embrionario (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007). La familia posee especializaciones únicas como: (1) una estructura urogenital muscular, la cual se cree que funciona como un órgano intromitente; (2) los primeros seis a ocho radios anales en el macho son cortos y apiñados; (3) desarrollo de trofotenis complejas en todas las especies menos en una, que son estructuras relacionadas con la nutrición y respiración (absorción de glucosa, aminoácidos y proteínas) en el embrión; (4) espermatozeugmas (paquete de espermatozoides carente de membrana que los recubre), con las cabezas enterradas y las colas orientadas periféricamente, estructuras que no se encuentran en ningún otro organismo y (5) ausencia de órganos de contacto en las escamas o aletas (Miller *et al.*, 2009), dentro de esta familia se encuentran especies pertenecientes al género *Girardinichthys* como es la especie *Girardinichthys viviparus*, comúnmente conocida como “mexcalpique o apeto”. El mexcalpique es una especie endémica de la cuenca de México y se han tenido registros de ésta en los lagos de Xochimilco y Chapultepec en la Ciudad de México, lagos de Chalco, Zumpango y Texcoco en el Estado de México, así como, en el Río Tula y Lago Tecocomulco en el estado de Hidalgo (Gómez-Márquez *et al.*, 2013); siendo esta la única especie nativa de la familia Goodeidae presente en el Valle de México (Bojórquez y Arana, 2014).

El mexcalpique fue la primera contribución ictiológica descrita por un mexicano, Miguel Bustamante y Septién, quien en 1837 publicó la descripción de un pequeño pez nativo de la cuenca de México en “El Mosaico Mexicano” bajo el título de “Descripción del Mextlapique *Ciprinus viviparus*” (Gaspar-Dillanes, 2005). Posteriormente Álvarez del Villar y Navarro (1957) establecieron su nombre definitivo *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837) y señalaron que es un pez endémico de la fauna mexicana (Bojórquez y Arana, 2014).

A continuación, se presenta la descripción taxonómica basada en Álvarez del Villar y Navarro (1957) (citado en Montesino González, 2013):

PHYLUM: Chordata

CLASE: Osteichthyes

SUBCLASE: Actinopterygii

ORDEN: Cyprinodontiformes

SUBORDEN: Cyprinodontidae

FAMILIA: Goodeidae

SUBFAMILIA: Girardinichthyinae

GÉNERO: *Girardinichthys*

ESPECIE: *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837)

## 2.2 Hábitat y alimentación

El *G. viviparus* es una especie que puede desarrollarse tanto en aguas lénticas como lóxicas, de cuerpos lacustres naturales como artificiales. Habita en cuerpos de agua dulce con cantidades considerables de sales y con diferente calidad de agua, sin embargo, no sobreviven en aguas contaminadas por desechos de origen doméstico o industrial (Díaz-Pardo, 2002; Bojórquez y Arana, 2014).

Las especies de peces pertenecientes al género *Girardinichthys*, tienden a presentar hábitos entomófagos ya que su dieta consta de doce componentes, de los cuales once son de origen animal y en su mayoría son insectos (Hymenoptera, Odonata, Ephemeroptera, Diptera, Thynasoptera, Hemiptera, Coleoptera y Collembola) dado que tienden a alimentarse en la superficie del agua, además de un componente de origen vegetal como son las algas filamentosas (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). Sin embargo, también puede alimentarse de pequeños crustáceos (Díaz-Pardo, 2002) e invertebrados que se encuentran presentes entre la vegetación sumergida y en el fondo de los cuerpos de agua; son peces omnívoros que hacen uso de los diferentes recursos alimenticios del zooplancton, zoobentos y fitoplancton haciendo un uso más integral de la columna de agua (Navarrete-Salgado *et al.*, 2007).



En cautiverio, *G. viviparus* ha logrado adaptarse y mantenerse, logrando así su supervivencia; en tales circunstancias su alimentación puede integrarse por pulga de agua (*Daphnia pulex*) y alimento en hojuela (Cruz Gómez y Rodríguez Varela, 2006), así como, de alimento granulado enriquecido con carotenoides (Vázquez-Silva *et al.*, 2018).

### 2.3 Situación actual del mexcalpique

La distribución de *G. viviparus* ha sido ampliamente estudiada (De la Vega-Salazar, 2006) y como se mencionó anteriormente, se encuentra restringida a ecosistemas dulceacuícolas pertenecientes a la cuenca Lerma-Chapala-Santiago principalmente, sin embargo, este sistema hidrológico presenta altos índices de contaminación originados por diferentes actividades antropogénicas, como la descarga de aguas residuales de origen doméstico, industrial, ganadera y agrícola, además de la fragmentación de los diversos hábitat por procesos de urbanización, ocasionando que la distribución de los godeídos se vea reducida y que además pone en riesgo su integridad como la de otras especies (Bautista-Hernández *et al.*, 2008).

El mexcalpique también ha sido explotado con fines de consumo humano, así como, para venta como pez forrajero con la finalidad de alimentar peces carnívoros de ornato, esto aunado al deterioro, desecación y contaminación de los cuerpos de agua donde habita, y la introducción de especies exóticas y sus parásitos ha ocasionado una disminución en sus poblaciones (Navarrete-Salgado *et al.*, 2003; Vázquez-Silva *et al.*, 2018) en al menos un 80% en los últimos 10 años (Miranda *et al.*, 2008). A consecuencia de esta disminución y al ser una especie endémica de los medios dulceacuícolas mexicanos que cuentan con características únicas, la legislación mexicana a través de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) ha catalogado al *G. viviparus* como especie “en peligro de extinción (P)” según la lista de especies de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Diario Oficial de la Federación, 2010) y especie “en peligro” dentro de la Lista Roja de Especies Amenazadas (TheIUCN Red List of Threatened Species) (Koeck, 2019).

## 2.4 Ciclo Biológico

La familia Goodeidae se caracterizan por presentar dimorfismo sexual marcado, viviparidad y cortejo prenupcial como parte de sus estrategias de reproducción características que conllevan a una serie de adaptaciones, morfológicas, anatómicas y fisiológicas propias del grupo (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007; Castillo Olivares, 2011; Gómez-Márquez *et al.*, 2013).

La coloración del mexcalpique de ambos sexos es verde olivo con franjas oscuras en los costados (Bojórquez y Arana, 2014), presentan líneas verticales con pigmentación plateada en los costados, las cuales son más notorias en las hembras (Méndez-Janovitz y Macías-García, 2017), estas pueden cambiar de color a un tono más opaco (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). El dimorfismo sexual marcado es debido a que los machos suelen ser de menor talla que las hembras (Miller *et al.*, 2009). Tiene un cuerpo alto, comprimido, boca pequeña (Castillo Olivares, 2011), su contorno dorsal presenta una giba por atrás de la cabeza, las aletas son redondeadas, la aleta anal del macho es diferente al de la hembra, presenta de 18-26 radios y esta modificada en los primeros cinco o seis radios que son más pequeños que el resto, se encuentran separados por el espermatopodio, el cual funciona como un órgano copulador que facilita la fecundación interna debido a que conduce el paquete espermático al poro genital de la hembra, los huevos formados se desarrollan dentro de la hembra (estado de gravidez donde presentan el vientre muy abultado) y finalmente se da el nacimiento de las crías vía parto; cuando las hembras alcanzan la madurez reproductiva puede observarse cerca de la cloaca el punto grávido (pequeña mancha negra), también aparecen líneas oscuras en las aletas impares; las aletas dorsal y anal de los machos presentan coloración negra que se acentúa durante el periodo de reproducción (Navarrete-Salgado *et al.*, 2004; Bautista-Hernández *et al.*, 2008; Miranda *et al.*, 2008; Bojórquez y Arana, 2014). Esta especie alcanza la madurez sexual en un año cuando las hembras alcanzan tallas promedios de 30 mm (Montesino González, 2013).

Los machos de los godeídos aseguran el apareamiento mediante la exhibición de costosos ornamentos y el cortejo que involucra complejas exhibiciones de movimientos y danzas, el cual es seguido de un abrazo copulatorio cooperativo, el

cual es fundamental para asegurar el éxito en el apareamiento; durante el cortejo el macho selecciona a una hembra e ignora a las demás. La decisión de cortejar a una hembra depende de caracteres fenotípicos como color y tamaño del cuerpo, así como distensión y coloración del vientre. El macho evalúa el potencial reproductivo femenino y asigna su esfuerzo de cortejo buscando una mayor supervivencia en las crías. Este método de reproducción les da a las hembras un control casi completo sobre los apareamientos. *G. viviparus* es una especie promiscua cuyos machos buscan constantemente parejas de apareamiento y las hembras solo son sexualmente receptivas durante unos días cada 2 meses, después del parto (Méndez-Janovitz y Macías-García, 2017).

Bautista-Hernández y colaboradores (2008) mencionan que el periodo de reproducción es continuo a lo largo del año, pero se acentúa en los meses de febrero a octubre y el mayor porcentaje de nacimientos durante los meses de mayo y junio, probablemente relacionado con el clima cálido de estos meses, no obstante, Castillo Olivares (2011) menciona que la reproducción se intensifica en los meses de abril a junio.

*G. viviparus* cuenta con adaptaciones únicas que se asocian con sus estrategias de reproducción y desarrollo embrionario (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007). Ojedis (1985) (citado en Castillo Olivares, 2011) estudió los hábitos alimenticios, reproducción, proporción sexual, edad y crecimiento de esta especie; este autor menciona siete fases para alcanzar la madurez gonádica (Figura 1), sin embargo, definir a que fase del ciclo corresponde cada etapa es difícil, puesto que la temporada de reproducción es larga y las hembras pueden ser continuamente fertilizadas (Ojeda Galindo, 2017). El ovario está dividido en dos cámaras laterales por un septo completo, recto y carente de tejido ovígero, el cual se encuentra restringido a diferentes procesos en cada cámara (Castillo Olivares, 2011), su septo esta irrigado principalmente por un tejido sanguíneo vertical, estando menos modificado durante el estado de gravidez (Ojeda Galindo, 2017).

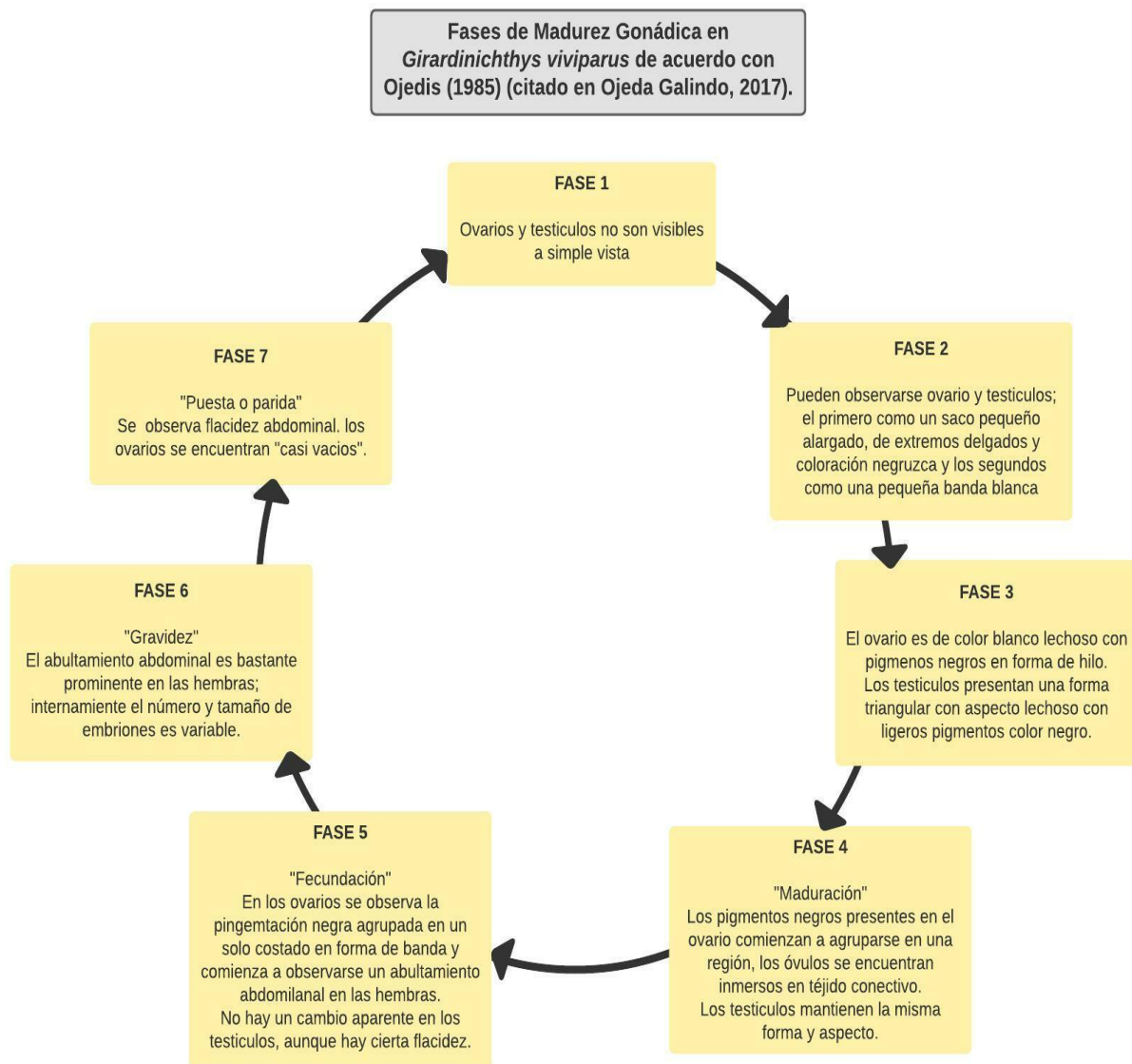


Figura 1. Diagrama que muestra las fases de maduración gonádica (Elaboración propia).

## 2.5 Superfetación

La superfetación se define como la presencia de embriones en diferentes estados de desarrollo como consecuencia de la fertilización de óvulos en diferentes tiempos, de manera que dos o más camadas que se encuentren en diferentes etapas de desarrollo, con al menos tres estadios de diferencia, coexistiendo en una sola hembra, y en especies como *G. viviparus* es ocasional, además de que presenta múltiples ciclos reproductivos (Miller *et al.*, 2009; Montesino González, 2013;

Bojórquez y Arana, 2014). Los ciclos reproductivos de los godeídos son cortos y durante la época reproductiva la hembra puede ser receptiva aun estando grávida, es decir, el esperma puede estar siempre presente y el proceso de fertilización de los óvulos puede realizarse de forma continua (Ojeda Galindo, 2017).

## 2.6 Fecundidad y características de los alevines

Después de la fecundación interna, las larvas de godeídos se desarrollan dentro del cuerpo de la madre y los nutrientes son proporcionados por la misma (Valdés González *et al.*, 2014). Esta forma de nutrición es su característica más distintiva, conocida como matotrofia, donde los embriones, a través de la trofotenia, obtienen nutrientes, macromoléculas y realizan intercambio gaseoso con la hembra (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007).

Las familias Anablepidae, Goodeidae y Poeciliidae, presentan desarrollo vivíparo y en las tres la transferencia del esperma se realiza mediante la modificación de la aleta anal (Kobelkowsky y Alva-García, 2000) lo que permite que la fecundación sea interna. Estas familias pertenecen al orden de los Cyprinodontiformes, que abarca especies de ornato más conocidas y con mayor interés comercial como son los llamados “guppies” como es la especie *Poecilia reticulata*, en esta, la gestación va de 25 a 30 días aproximadamente, la cual es muy similar a *G. viviparus*. La duración de este periodo depende de factores como la temperatura del agua, la nutrición y la edad del pez (Devezé Murillo *et al.*, 2004; Méndez-Janovitz y Macías-García, 2017).

La fecundación interna favorece la supervivencia de las crías de los godeídos y poecílicos, puesto que al nacer completamente formadas son menos depredados, aumentando su probabilidad de supervivencia, pero con la desventaja de que la descendencia sea menor al de los peces ovíparos; en especies como *P. reticulata* suele ocurrir canibalismo, situación que ocasiona merma en el número de crías (Devezé Murillo *et al.*, 2004; Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007; Valdés González *et al.*, 2014).

En el caso de las hembras de varias especies de poecílicos, como *P. reticulata*, una vez fecundadas, pueden realizar de tres a cinco partos entre uno y treinta días, la fecundidad y fertilidad en esta especie están positivamente

relacionadas con la longitud total de la hembra y las camadas pueden ir desde 3 hasta más de 100 alevines dependiendo del tamaño de la hembra (Hernández López, 2019). Mientras que en la familia Goodeidae las hembras tardan de mes y medio a dos meses en periodo de gestación y pueden parir hasta 30 crías bien formadas que pueden llegar a medir hasta 20 mm (Valdés González *et al.*, 2014). El número de crías tiene una marcada relación con respecto al tamaño corporal de las hembras, en aquellas que miden entre 30 y 45 mm de longitud patrón en número de crías es de 8 a 32 con un promedio de 17, en tallas superiores a estas el número de crías puede elevarse a 114 con un promedio de 48 (Bautista-Hernández *et al.*, 2008). Las hembras de *G. viviparus* en cautiverio dan a luz, en promedio cada una, a 18 nuevos individuos, mismos que en un periodo de tres a cuatro meses adquieren la madurez sexual y se empiezan a reproducir (Cruz Gómez y Rodríguez Varela, 2006).

### 3. OBJETIVO GENERAL

Determinar la relación de la edad, talla y peso de las hembras grávidas respecto al número y tamaño de los alevines del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en condiciones controladas.

#### 3.1 Objetivos específicos

- Estimar la tasa de fertilidad de las hembras del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en condiciones controladas.
- Relacionar el número de alevines en función de la edad de las hembras grávidas del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* en condiciones controladas.
- Analizar el número y tamaño de los alevines del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* con relación a la talla y peso de hembras grávidas en condiciones controladas.
- Determinar la supervivencia de los alevines en función a la talla y peso de las hembras grávidas del mexcalpique *Girardinichthys viviparus*.

### 4. HIPÓTESIS

Bautista-Hernández y colaboradores (2008) mencionan que existe una marcada relación entre el número de crías con respecto al tamaño corporal de las hembras de *G. viviparus*; partiendo de esta premisa se puede suponer que la edad, talla y peso de las hembras grávidas de *G. viviparus* influirán en el número, tamaño y supervivencia de las crías, bajo condiciones controladas de laboratorio.

## 5. METODOLOGÍA

El presente trabajo se realizó en modalidad a distancia a través de reuniones virtuales en la plataforma Zoom, con la asesoría del Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura de la Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco situado en la planta baja del edificio W (laboratorio 002). Las actividades realizadas comprendieron la integración y análisis de una base de datos preexistente desde casa sobre la reproducción en cautiverio de una población de mexcalpique *Girardinichthys viviparus*, analizando la influencia que tienen la edad, talla y peso de hembras grávidas en el número, tamaño y supervivencia de los alevines.

### 6.1 Análisis de datos

Se revisaron los datos obtenidos del ensayo y se organizaron en una base de datos, la cual fue proporcionada por el personal del Laboratorio de Limnobiología y Acuicultura. La información analizada correspondió a la edad (meses) y tiempo en que 50 hembras de mexcalpique presentaron un estadio de gravidez, el conteo del número de alevines obtenidos de cada una, así como el tiempo de gestación de cada hembra, además de los datos biométricos registrados de longitud total (LT: medida que va desde la punta de la mandíbula hasta la punta de la aleta caudal), longitud estándar (LS: medida que va desde la punta de la mandíbula a la base de la aleta caudal), la altura (medida corporal de la parte ventral hasta la parte dorsal del organismo) (Ojeda Galindo, 2017) y el peso (mg) de cada hembra y cada alevín. En los resultados de estas variables se realizaron las medidas de tendencia central.

### 6.2 Análisis estadístico

Para determinar la relación de la edad, talla y peso de las hembras grávidas respecto al número y tamaño de los alevines del mexcalpique se realizó el cálculo del coeficiente de Correlación Lineal de Pearson a partir de una base de datos preexistente, mediante la aplicación de las herramientas estadísticas como el Coeficiente de correlación de Pearson y regresión lineal.



- **Coefficiente de correlación de Pearson**

Esta medida de dependencia lineal tiene como objetivo medir la fuerza o grado de asociación entre dos variables aleatorias cuantitativas que poseen una distribución normal bivariada conjunta (Restrepo y González, 2007), el coeficiente se representa con la siguiente formula:

$$r = \frac{cov(x, y)}{\sigma_x \sigma_y}$$

Dónde:

Cov (x, y) = Covarianza de las variables x, y

$\sigma_x$  = Desviación estándar de la variable x

$\sigma_y$  = Desviación estándar de la variable y

Su interpretación depende del autor que lo desarrolle, pero siempre considerando que el resultado oscile entre -1 y +1, donde el valor 0 indica que no existe una asociación lineal entre las variables de estudio (Martínez Ortega *et al.*, 2009).

También se realizó un modelo de regresión lineal simple entre las variables de tasa de fertilidad de las hembras, número y tamaño de crías, así como su supervivencia, además del peso y talla de las hembras grávidas. La regresión lineal simple es una técnica estadística que analiza la relación entre dos variables cuantitativas tratando de verificar si dicha relación es lineal (Laguna, 2014).

- **Tasa de fertilidad**

La tasa de fertilidad es expresada como el número de embriones producidos por unidad de hembras; los cálculos se realizarán basados en lo propuesto por Wayne (1993).

$$f = m/n * k$$

Dónde:

f = Fertilidad

n = total de hembras en edad reproductiva

m = total de nacimientos de crías vivas, de todas las hembras en edad reproductiva

k = 100

- **Supervivencia**

Un individuo tiene que optimizar la producción de descendencia viable, para esto, debe procurar que esta se desarrolle en un medio adecuado para favorecer su supervivencia (Saborido-Rey, 2008), es decir, la probabilidad que tiene cada individuo de sobrevivir a las diferentes causas de mortalidad existentes (Csirke, 1980).

Los cálculos se realizarán en lo propuesto por Arce Uribe y Luna-Figueroa (2003).

$$S \% = \frac{N^{\circ} \text{ Final de organismos}}{N^{\circ} \text{ Inicial de organismos}} * 10$$

También se realizó un modelo de regresión lineal entre las variables de tasa de fertilidad de las hembras, número y tamaño de crías, así como su supervivencia.

## 7. RESULTADOS

### 7.1 Relación edad de hembras grávidas - tasa de fertilidad

En la figura 2A se observa la relación entre la edad de hembras grávidas de *Girardinichthys viviparus* y la tasa de fertilidad mostrando que no existe una relación entre ambas variables ( $r^2=0.0675$ ), ya que la tasa de fertilidad a los dos meses de edad es mayor siendo del 38%, mientras que a los cinco meses en esta investigación fueron menos fértiles con una tasa de fertilidad del 18%.

### 7.2 Relación número de alevines en función de la edad de hembras grávidas de mexcalpique

En cuanto a la relación edad de hembras grávidas de *G. viviparus* en función del número de alevines, puede observarse que a la edad de dos meses las hembras suelen parir 19 alevines en promedio, siendo este el número más alto registrado y un mínimo de 2 alevines por hembra, por otra parte hembras de tres meses de edad llegan a parir 16 alevines, mientras que en hembras de un mes de edad el número de alevines que suelen tener es de 18 crías y un mínimo de 11, cabe mencionar que no hay una relación entre el número de alevines con respecto a la edad de las hembras, ya que el nivel de asociación entre estas variables es bajo ( $r^2= 0.0675$ ) (Figura 2B).

### 7.3 Relación del peso y tamaño de los alevines respecto a la edad de hembras grávidas de mexcalpique

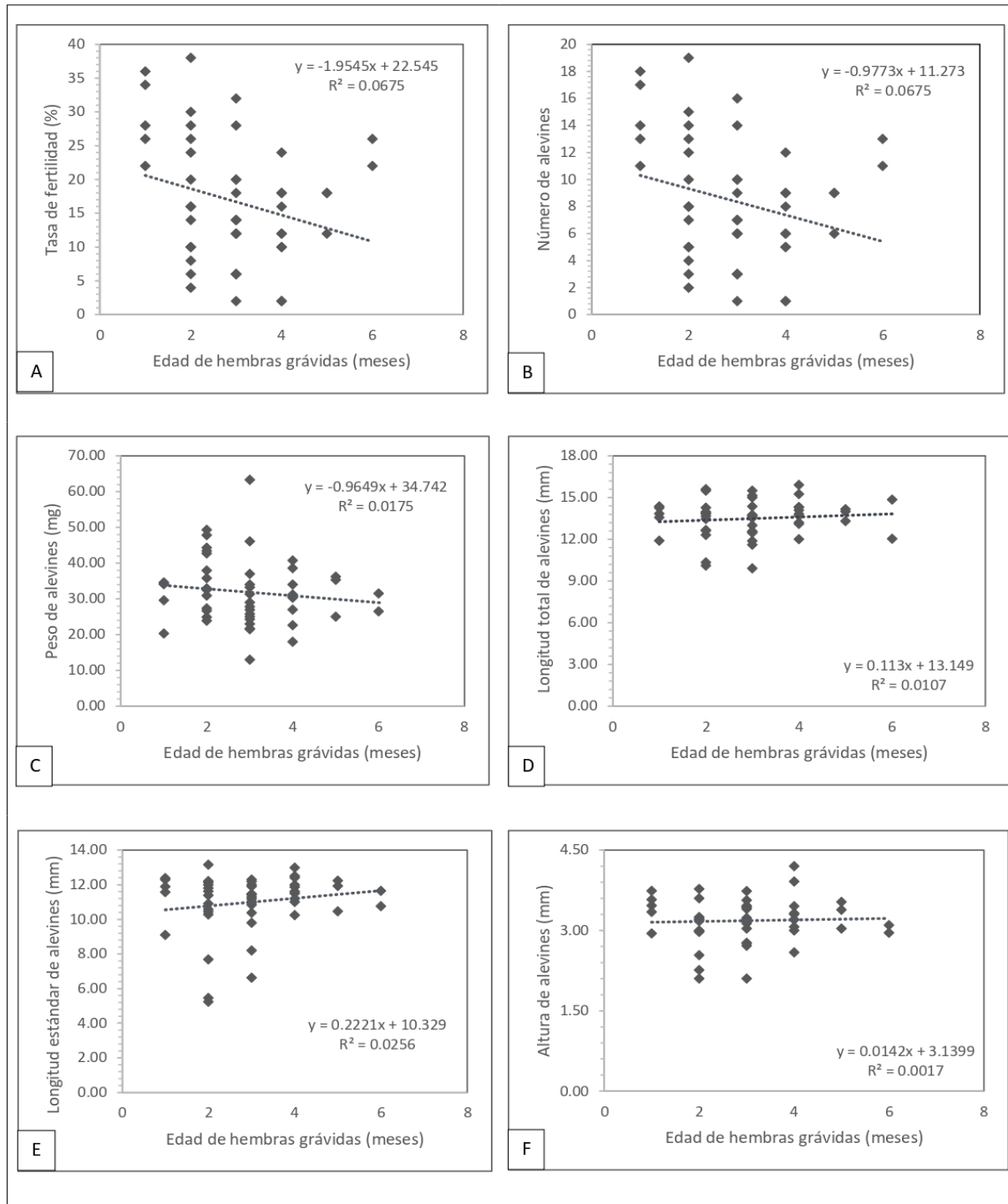
En la Figura 2C, se muestra la relación entre la edad de las hembras grávidas y los pesos de los alevines del mexcalpique, observándose que no existe una asociación entre dichas variables ( $r^2= 0.0175$ ). El valor más alto del peso de los alevines que se registró fue de 63.30 mg en hembras con una edad de tres meses y el menor peso fue de 13mg en hembras con la misma edad. En hembras con cuatro meses de edad el peso de las crías fue de 38.60 mg como máximo y como mínimo de 18mg, mientras que en hembras con cinco meses de edad las crías registraron pesos de 25 mg a 36.20 mg, y en hembras con seis meses de edad el valor más alto de peso fue de 31.50 mg y 26.50 mg como mínimo. Por lo que al aumentar la edad de las hembras el peso de sus crías va disminuyendo.

Para el caso de la relación edad de las hembras grávidas y longitud total de los alevines, puede observarse que no hay relación entre ambas variables ( $r^2=0.0107$ ).

En cuanto a la longitud total de los alevines hembras con dos, tres y cuatro meses de edad reportan una longitud total de 15.60 mm, 15.50 mm y 15.90 mm respectivamente siendo estos valores los más altos, mientras que la longitud más baja se registró en hembras con edad de dos y tres meses con 10.10 mm y 9.90 mm cada una, por otra parte, hembras con cinco meses de edad las crías reportaron una longitud total de 13.99 mm y como el mínimo 13.31 mm. (Figura 2D).

En la figura 2E se observa que hembras entre dos, tres y cuatro meses de edad sus crías tienen una longitud estándar de 5.23 mm a 13.15mm, 6.63 mm a 12.98 mm y 10.24 mm a 12.40 mm respectivamente, mientras que hembras con cinco meses de edad sus alevines tienen entre 10.47 mm a 11.92 mm de longitud estándar. Por lo que hembras con edad de dos a cuatro meses tienen alevines con mayor longitud estándar que hembras de mayor edad. De acuerdo con lo anterior puede observarse que no existe una relación entre la edad de las hembras grávidas y longitud estándar de los alevines del mexcalpique ( $r^2=0.0256$ ).

En el caso de hembras de dos y cuatro meses de edad la altura de sus crías se encuentra entre 2.10 mm a 3.77 mm y 2.59 mm a 4.20 mm, respectivamente; siendo estos valores más altos y los más bajos, mientras que hembras de seis meses de edad el alto de sus crías va de 2.95 mm a 3.10 mm, con lo anterior y con los valores observados entre la edad de las hembras grávidas y la altura de los alevines de *G. viviparus* (Figura 2F) no existe relación entre ellas ( $r^2=0.017$ ).



**Figura 2.** **A)** Relación tasa de fertilidad y edad de hembras grávidas, **B)** Relación del número de alevines y edad de hembras grávidas, **C)** Relación edad de hembras grávidas y pesos de los alevines, **D)** Relación edad de hembras grávidas y longitud total de los alevines, **E)** Relación edad de hembras grávidas y longitud estándar de los alevines, **F)** Relación edad de hembras grávidas y altura de los alevines de *G. viviparus*. Línea de tendencia, regresión ( $R^2$ ) y ecuación logarítmica.

#### **7.4 Relación del número y tamaño de los alevines en función del peso y talla de las hembras grávidas de *G. viviparus***

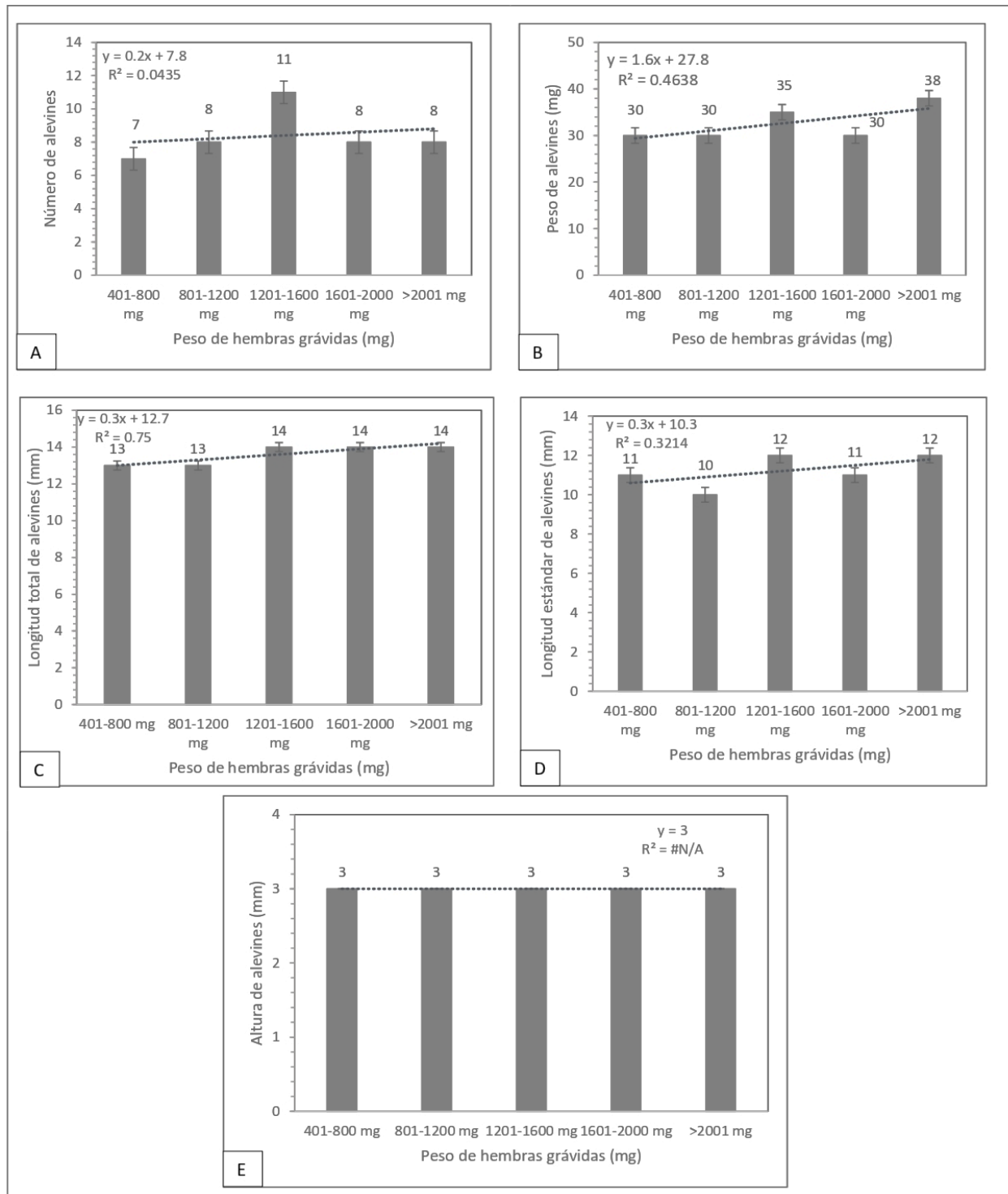
En la relación al peso de las hembras grávidas y el número de los alevines de mexcalpique (Figura 3A) se puede observar que no hay asociación entre estas variables ( $r^2= 0.0435$ ), ya que hembras con pesos entre los 1201-1600mg tienen en promedio  $11\pm 5.5$  alevines siendo este rango de peso el mayor número reportado, mientras que hembras con pesos desde los 801mg a 2001mg tienen  $8\pm 0.2$  alevines cada una y hembras con pesos a partir de 401mg a 800mg tienen  $7\pm 4.7$  alevines siendo este el valor más bajo en esta investigación.

Para el caso de la relación peso de hembras grávidas y los pesos promedio de los alevines (Figura 3B), se puede observar que hembras con pesos mayores a 2001mg el peso de sus alevines es de  $38\pm 16.9$ mg siendo este valor el más representativo, ya que hembras con pesos de 401mg a 1200mg suelen tener crías con un peso de  $30\pm 0.4$ mg, sin embargo hembras con un peso de 1201mg a 1600mg llegan a tener alevines con un peso de  $35\pm 8.6$ mg, de acuerdo a estos valores no se encuentra relación entre ambas variables con una  $r^2= 0.4638$

En la figura 3C la relación peso de hembras grávidas y longitud total de los alevines muestra que existe una asociación entre las variables con una  $r^2= 0.75$ , se puede observar que en hembras con pesos a partir de los 1201mg la longitud total de los alevines es de  $14\pm 0.4$ mm siendo esta la longitud más alta, comparado con hembras que pesan de 401mg a 1200mg cuyos alevines llegan a medir  $13\pm 0.2$ mm de longitud total.

En la Figura 3D, se puede observar que la relación entre el peso de las hembras grávidas y la longitud estándar de los alevines de mexcalpique no hay una asociación ( $r^2= 0.3214$ ), la longitud estándar de los alevines en hembras con pesos mayores a 1201 y >2001 mg la longitud estándar es de  $12\pm 0.1$ mm, mientras que hembras con pesos menores la longitud estándar disminuye.

Para la relación peso de hembras grávidas y altura de los alevines (Figura 3E), se puede observar que no existe una relación entre las variables, debido a que los valores del alto de los alevines son de  $3\pm 0.2$ mm.



**Figura 3.** **A)** Relación peso de las hembras grávidas y número de alevines, **B)** Relación peso de la edad de hembras grávidas y peso de los alevines, **C)** Relación peso de hembras grávidas y longitud total de alevines, **D)** Relación peso de las hembras grávidas y longitud estándar de alevines, **E)** Relación peso de las hembras grávidas y altura de alevines de *G. viviparus*. Línea de tendencia, regresión ( $R^2$ ) y ecuación logarítmica.

La relación longitud total de las hembras grávidas y el número de alevines de mexcalpique no hay relación ( $r^2= 0.1677$ ) ya que hembras con una talla de 41mm a 43mm suelen tener  $13 \pm 2.4$  alevines siendo este valor el más alto, mientras que hembras con tallas de 35 a 37 mm tienen  $6 \pm 2$  alevines (Figura 4A).

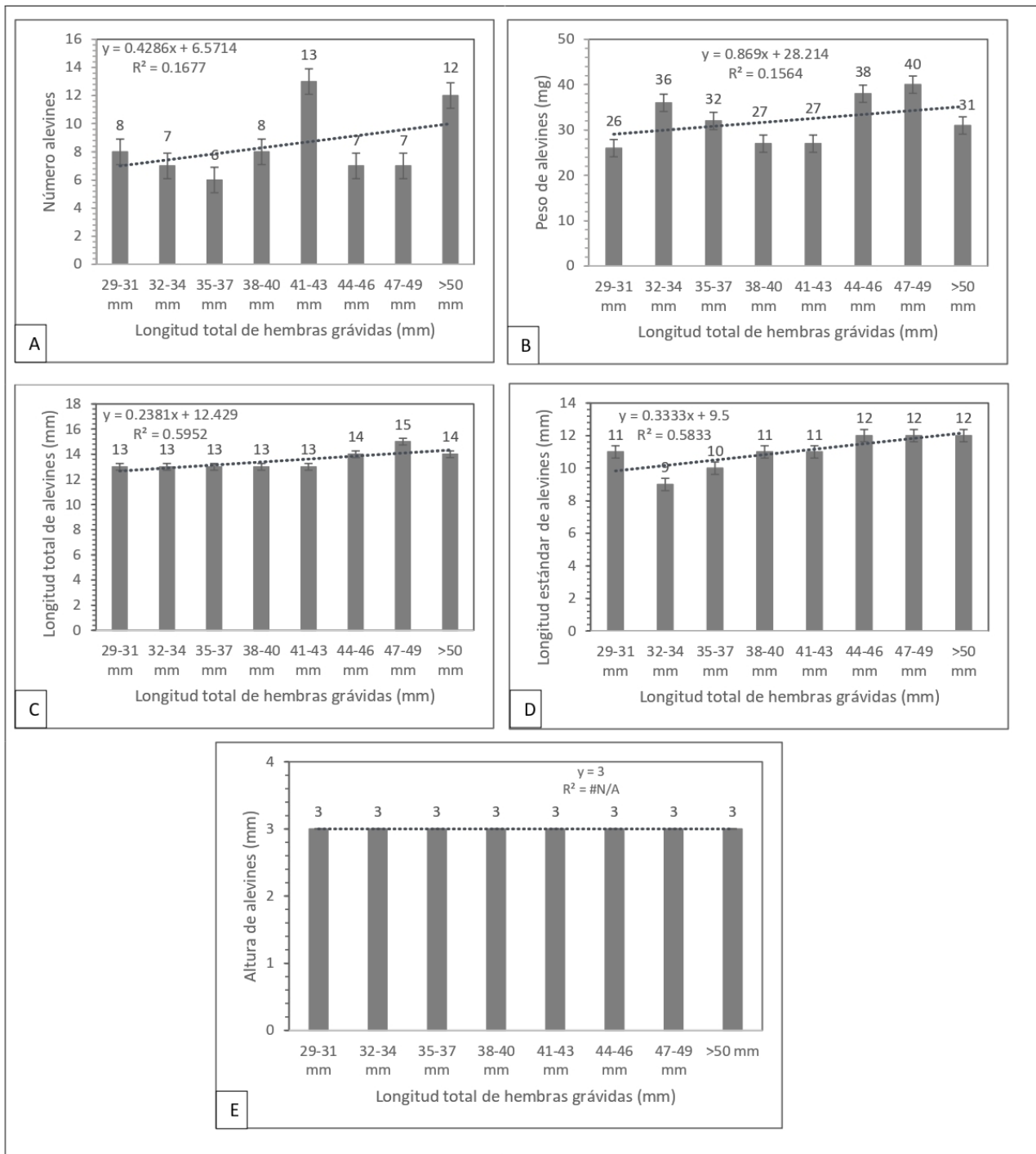
La relación Longitud total de las hembras grávidas y pesos promedio de los alevines de mexcalpique, se puede observar que tampoco hay asociación entre ambas variables ( $r^2= 0.1564$ ), hembras con tamaños entre 47 y 49mm sus alevines llegan a pesar en promedio  $40 \pm 15$ mg, por otra parte, hembras con una longitud entre 29 a 31mm los alevines tienen un peso de  $26 \pm 6.8$  mg (Figura 4B).

En cuanto a la relación longitud total de hembras y longitud de alevines (Figura 4C) puede observarse que no hay asociación entre ambas variables ( $r^2= 0.5952$ ) ya que hembras con tallas que van desde los 47 a 49 mm en promedio sus crías tienen una longitud total de  $15 \pm 1$ mm y hembras con tallas que van desde los 29 a 43mm los alevines llegan a tener longitudes totales en promedio de  $13 \pm 0.5$ mm.

En la figura 4D se observa que no hay una relación ( $r^2= 0.5833$ ) entre longitud total de hembras grávidas y la longitud estándar de los alevines de mexcalpique ya que los valores de la longitud estándar de los alevines son muy similares, destacando que hembras con tallas a partir de 44 mm los alevines alcanzan una longitud estándar de  $12 \pm 0.2$  mm y la longitud mínima que alcanzaron las crías fue de  $9 \pm 2.7$  mm en hembras con una longitud estándar de 32 a 34 mm.

La relación entre la longitud total de hembras grávidas con respecto a la altura de los alevines (Figura 4E) se puede observar que no existe una asociación entre ambas variables, ya que las hembras independientes de su tamaño suelen tener crías con una altura de  $3 \pm 0.2$  mm.





**Figura 4.** **A)** Relación longitud total de hembras grávidas y el número de alevines, **B)** Relación longitud total de hembras grávidas y los pesos de los alevines **C)** Relación longitud total de hembras grávidas y LT de alevines, **D)** Relación longitud total de hembras grávidas y longitud estándar de los alevines, **E)** Relación longitud total de hembras grávidas y altura de los alevines de mexcalpique. Línea de tendencia, regresión ( $R^2$ ) y ecuación logarítmica.

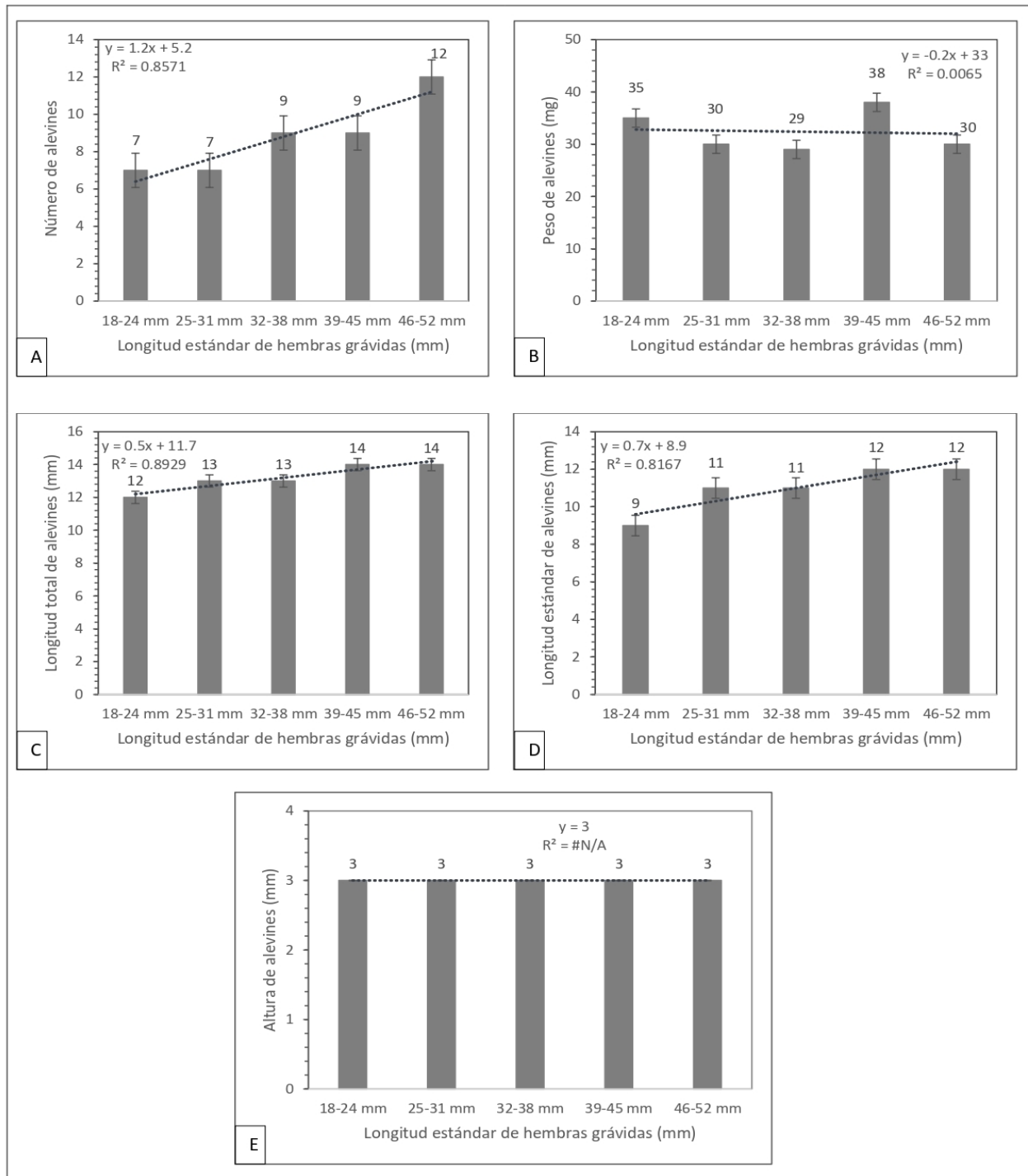
En cuanto a la relación de la longitud estándar de hembras grávidas y el número de alevines (Figura 5A) puede observarse que hay una asociación entre ambas variables, ya que se registró un valor de  $r^2= 0.8571$ , en este caso hembras con longitud estándar desde los 46 a 52 mm tienen  $12\pm 4.2$  alevines, en cambio hembras con valores de longitud estándar de 18 a 31 mm tienen  $7\pm 0.3$  alevines.

En lo que corresponde a la relación de longitud estándar de hembras grávidas con respecto a los pesos de los alevines (Figura 5B) no existe una relación debido a que se reportó una  $r^2=0.0065$ , cabe mencionar que hembras con tallas estándar que van desde los 39 a 45 mm el peso de sus alevines es de  $38\pm 10.8$  mg siendo este valor el más alto reportado, sin embargo, hembras que tienen una longitud estándar de 32 a 38 mm el peso de los alevines es de  $29\pm 7.9$  mg.

En el caso de la relación longitud estándar de hembras grávidas y la longitud total de los alevines de mexcalpique (Figura 5C), se puede observar que hay una asociación entre ambas variables con una  $r^2= 0.8929$ , en hembras con una longitud estándar de 39 mm a 52 mm sus crías alcanzaron una longitud total de  $14\pm 0.3$  mm y en hembras de 18 mm a 24 mm los alevines tuvieron una talla de  $12\pm 1.5$  mm, siendo esta la talla mínima reportada.

En la figura 5D se observa que hay una relación entre la longitud estándar de las hembras con respecto a la longitud estándar de los alevines ( $r^2= 0.8167$ ) debido a que conforme mayor sea la longitud estándar de las hembras, la longitud estándar de las crías también incrementa, ya que hembras con 18 a 24 mm de longitud estándar los alevines suelen tener una longitud estándar de  $9\pm 3.1$  mm, mientras que tallas estándar de 39 a 52 mm en hembras los alevines tienen LS de  $12\pm 0.3$  mm.

La relación de longitud estándar de hembras grávidas y la altura de los alevines de mexcalpique, se observa que no hay una asociación entre ambas variables registrándose valores de altura de los alevines de  $3\pm 0.2$  mm (Figura 5E).



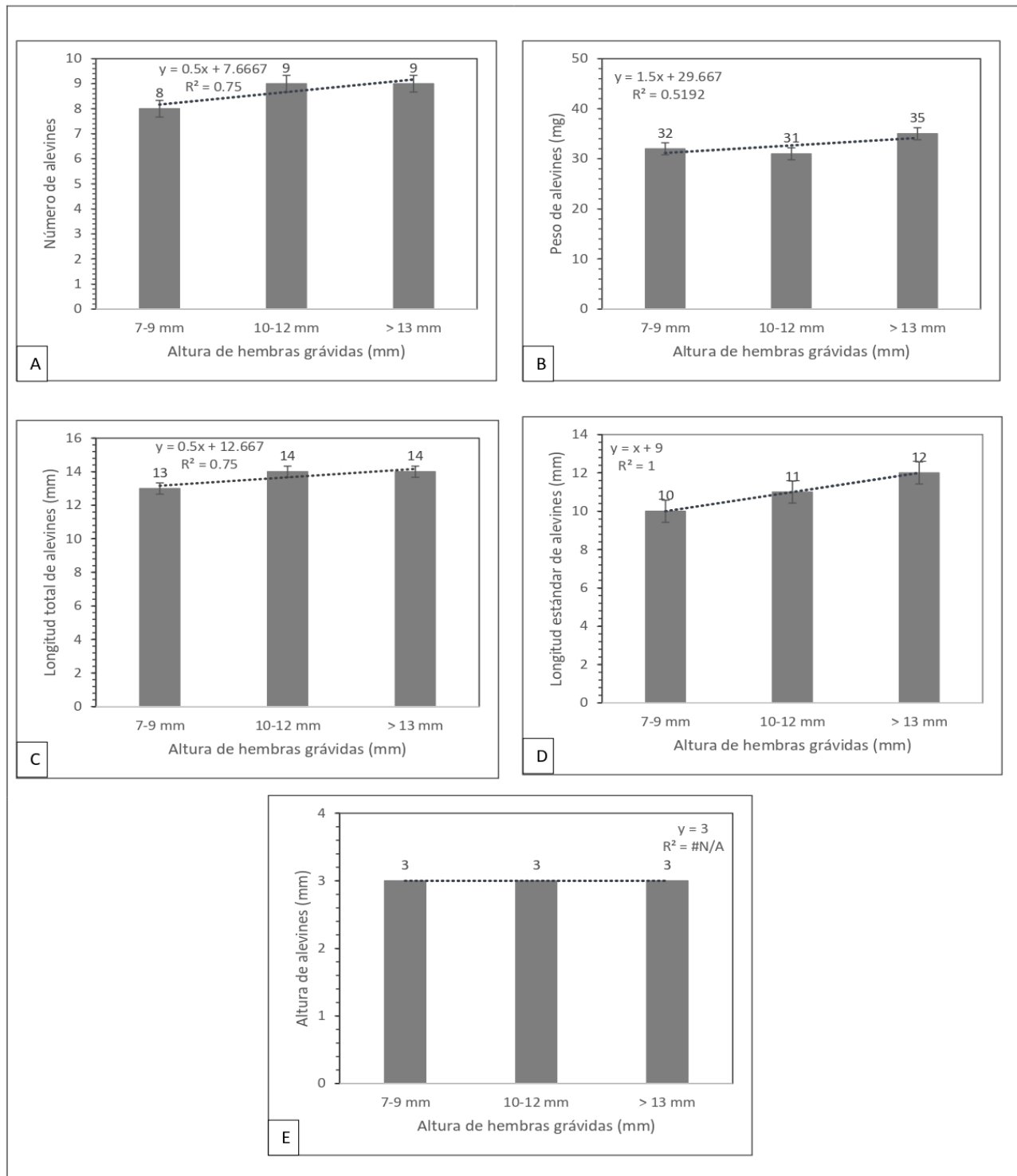
**Figura 5.** A) Relación longitud estándar de hembras grávidas y número de alevines, B) Relación longitud estándar de hembras grávidas y pesos de los alevines, C) Relación longitud estándar de las hembras grávidas y longitud total de los alevines, D) Relación longitud estándar de hembras grávidas y los promedios de longitud estándar de los alevines, E) Relación longitud estándar de las hembras grávidas y los promedios de altura de los alevines de *G. viviparus*. Línea de tendencia, regresión ( $R^2$ ) y ecuación logarítmica.

Para el caso de la altura de las hembras grávidas y con respecto al número de alevines (Figura 6A) el valor de  $r^2= 0.75$  indicando que hay poca relación entre las variables, ya que conforme la altura de las hembras es mayor tienen mayor número de alevines, en hembras con alturas a partir de 10 mm el número de crías es de  $9\pm 0.4$ .

A lo que corresponde la altura de hembras grávidas y el peso de los alevines (Figura 6B) no hay asociación entre las variables ( $r^2= 0.5192$ ) debido a que hembras con alturas mayores a 13mm el peso de los alevines es ligeramente mayor  $35\pm 12$  mg comparado con hembras que presentan alturas de 7 a 9 mm con crías de un peso de  $32\pm 9.9$  mg y hembras con una altura de 10 a 12 mm con alevines que pesan  $31\pm 7.5$  mg.

En la figura 6C se muestra la relación entre la altura de las hembras grávidas y la longitud total de los alevines, observándose que existe una ligera asociación ( $r^2=0.75$ ) entre ambas, la mínima se observó entre los 7 a 9 mm con una longitud total de  $13\pm 1.6$  mm y a partir de los 10mm las crías alcanzan una talla de  $14\pm 0.5$ mm.

Para el caso de la relación de la altura de hembras grávidas y longitud estándar de los alevines de mexcalpique se registró un valor de  $r^2= 1$  lo que indica que existe una fuerte relación entre las variables, observándose que al aumentar la altura de las hembras grávidas aumenta la LS de los alevines (Figura 6D). Mientras que la altura de hembras grávidas con respecto a la altura de los alevines no hay una relación (Figura 6E) y esta se mantiene en  $3\pm 0.1$  mm.



**Figura 6.** **A)** Relación altura de hembras grávidas y número de alevines, **B)** Relación altura de hembras grávidas y pesos de los alevines, **C)** Relación altura de hembras grávidas y longitud total de los alevines, **D)** Relación altura de hembras grávidas y longitud estándar de los alevines, **E)** Relación altura de hembras grávidas y promedios de altura de los alevines de *G viviparus*. Línea de tendencia, regresión ( $R^2$ ) y ecuación logarítmica.

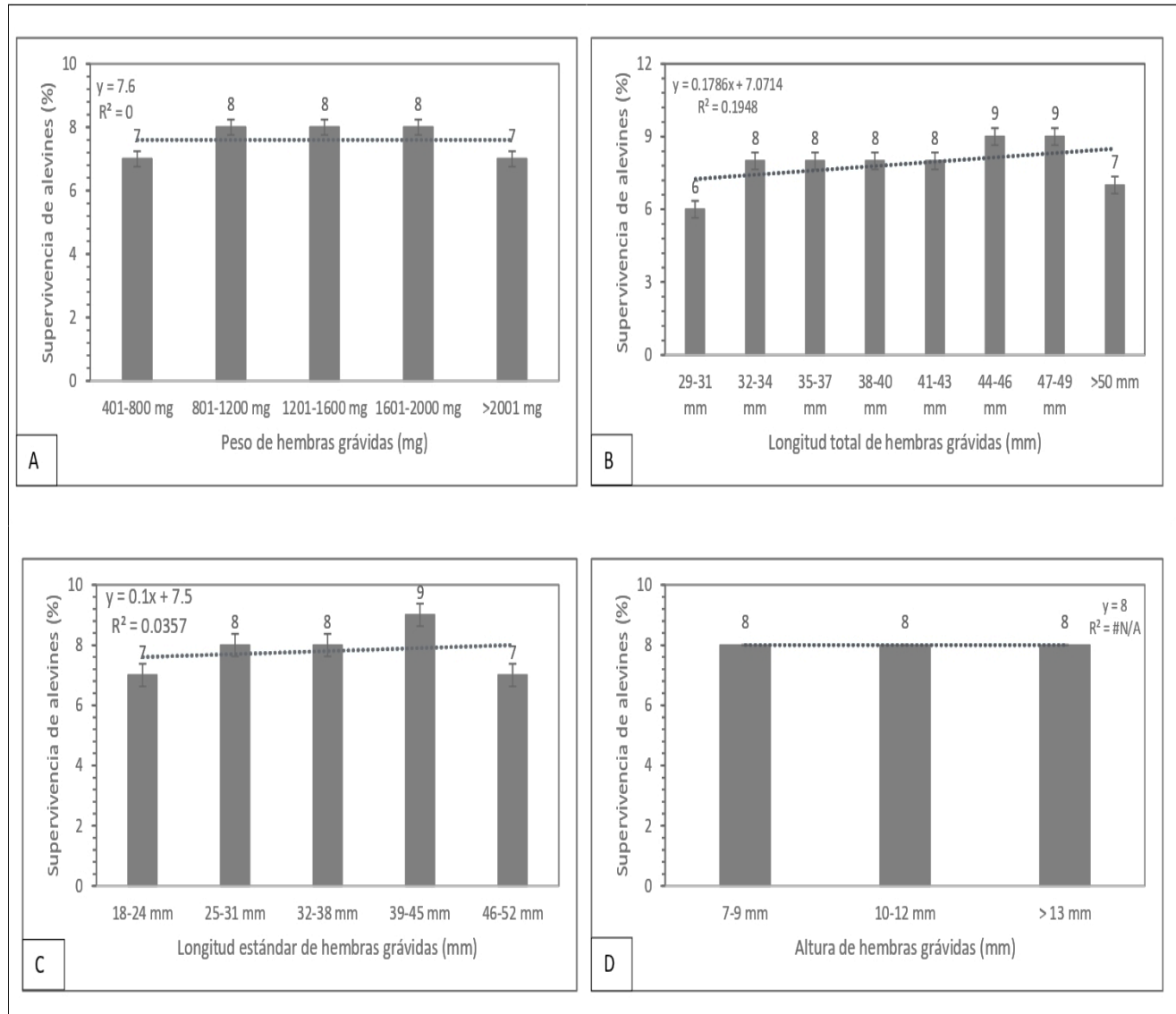
### **7.5 Supervivencia de los alevines en función de la talla y peso de las hembras grávidas**

En la Figura 7A, se observa la relación entre el peso de las hembras grávidas y el promedio de supervivencia de los alevines de mexcalpique, en este caso no hay asociación entre las variables con una  $r^2= 0.5$ . Debido a que hembras grávidas con pesos desde 801 mg hasta los 2000 mg la supervivencia de los alevines es de  $8 \pm 0.2\%$ .

En la Figura 7B se muestra la relación longitud total de hembras grávidas y la supervivencia promedio de los alevines de mexcalpique, en este caso tampoco hay asociación entre las variables ( $r^2= 0.1948$ ); el mayor porcentaje de supervivencia de crías fue en hembras que llegan a medir entre 44 a 49 mm de LT reportando una supervivencia del  $9 \pm 0.3\%$ , mientras que hembras con una longitud total de 29 a 31 mm la de supervivencia de las crías fue de  $6 \pm 4.2\%$ .

En la relación longitud estándar de hembras grávidas y la supervivencia promedio de los alevines de mexcalpique puede verse que tampoco existe relación entre las variables ( $r^2= 0.45$ ), además de que en hembras con LS de 39 a 45 mm, la supervivencia es de  $9 \pm 1.1\%$  (7C).

En el caso de la relación altura de hembras grávidas y la supervivencia promedio de los alevines de mexcalpique (Figura 7D), puede verse que no existe asociación entre ambas variables y la supervivencia promedio se mantiene en  $8 \pm 0.1\%$ .



**Figura 7. A)** Relación peso de hembras grávidas y la supervivencia de los alevines, **B)** Relación longitud total de hembras grávidas y la supervivencia de alevines, **C)** Relación longitud estándar de hembras grávidas y la supervivencia de alevines, **D)** Relación altura de hembras grávidas y la supervivencia promedio de los alevines de *G. viviparus*. Línea de tendencia, regresión ( $R^2$ ) y ecuación logarítmica.

## 8. DISCUSIÓN

### 8.1 Relación edad de hembras grávidas - tasa de fertilidad

Los peces poseen varias tácticas reproductivas tales como la madurez sexual, fertilidad y el período reproductivo, que les garantizan una ventaja evolutiva permitiéndoles ser el grupo de vertebrados más diverso del mundo (Pérez-Rodríguez *et al.*, 2015). Aunado a lo anterior, un factor importante que se relaciona con el éxito reproductivo es la disponibilidad de alimento, ya que si está es limitada o las condiciones ambientales son desfavorables para la reproducción, las hembras suelen tener tasas de fertilidad más bajas que las previstas y/o se reproducen en tamaños más pequeños (Ramírez-García, *et al.*, 2021). Castillo Olivares (2011) hace referencia que factores como la edad de las hembras, tamaño de la especie, temperatura y temporada del año influyen en las tasas de fertilidad, como lo fue en esta investigación ya que se observó que la edad de las hembras grávidas de mexcalpique determinó la tasa de fertilidad, obteniéndose una mayor fertilidad a los dos meses de edad, mientras que, a los cinco meses esta disminuyó indicando que son menos fértiles conforme aumentan la edad de las hembras grávidas.

La especie *Girardinichthys viviparus* tiene la capacidad de adaptarse a diferentes condiciones ambientales, siendo una especie con alta tolerancia a diferentes condiciones de calidad de agua (Godínez, 2001), incluso en condiciones controladas, es capaz de conservar características propias de los goodeidos como su alimentación omnívora y principalmente su alta tasa de fecundidad (natalidad) (Díaz-Pardo, 2002). La tasa de fertilidad proporciona una estimación de la cantidad de crías que pueden llegar a tener las hembras de *G. viviparus* en óptimas condiciones (Ojeda Galindo, 2017). Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) mencionan que esta especie alcanza su madurez sexual aproximadamente en un año cuando las hembras alcanzan tallas promedio de 30 mm, no obstante, en un estudio realizado por Camacho (2001) reporta que a los tres meses de edad tanto machos como hembras comienzan su madurez sexual y entre los cinco y seis meses de edad tienen crías, caso contrario en esta investigación ya que se reporta que hembras con un mes de edad alcanzaron su madurez sexual y por ende iniciaron su reproducción.



## 8.2 Relación número de alevines en función de la edad de hembras grávidas de mexcalpique

La madurez sexual, la fecundidad y la proporción de sexos están relacionados con el éxito reproductivo, además de que influyen en el crecimiento y dinámica poblacional (Ramírez-García, *et al.* 2021). En el caso de las hembras de *G. viviparus* estas alcanzan su madurez sexual al año (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986), sin embargo, las hembras utilizadas en esta investigación comenzaron a reproducirse a partir del primer y segundo mes de edad, registrando una alta tasa de fertilidad y por ende un mayor número de crías (19), estos datos coinciden con lo mencionado por Cruz-Gómez y Rodríguez-Varela (2006) quienes mencionan que las hembras de *G. viviparus* en cautiverio dan a luz, en promedio 18 individuos, mismos que en un periodo de tres a cuatro meses adquieren la madurez sexual y comienzan a reproducirse; sin embargo al analizar la correlación entre el número de alevines con respecto a la edad de las hembras se puede deducir que la edad no es un factor que influya en la obtención del número de alevines. Montesino-González (2013) menciona que el crecimiento de cualquier especie es influenciado por muchos factores endógenos (desarrollo del embrión, maduración y senilidad) así como por los cambios exógenos (temperatura, oxígeno y calidad de agua) en su ambiente, los cuales pueden influir en el tamaño e inclusive forma de la especie, así mismo, también menciona que el conocer la edad de cualquier organismo y en especial de los peces permite abordar estudios sobre crecimiento, dinámica de poblaciones, manejo y gestión de pesquerías. Gómez-Márquez *et al.* (2020) menciona que la edad además indicar su longevidad, muestra también la primer madurez sexual de los organismos, así como las migraciones realizadas que hacen del mar a agua dulce o viceversa; y que cuando estos han alcanzado su talla máxima la energía que era destinada para el crecimiento ahora es canalizada para la reconstrucción de tejidos dañados y para la reproducción con lo cual la tasa de crecimiento se vuelve cada vez más pequeña hasta que se convierta en nula.

### **8.3 Relación del tamaño de los alevines respecto a la edad de hembras grávidas de mexcalpique**

Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) mencionan que *G. viviparus* alcanza su madurez sexual en aproximadamente un año, cuando las hembras alcanzan una talla promedio de 30 mm, sin embargo, en este estudio se pudo observar que a partir del primer mes de edad las hembras comenzaron a presentar estadio de gravidez, lo cual coincide con lo observado por Camacho (2001), ya que menciona que a edad temprana machos y hembras comienzan a madurar sexualmente.

No existe asociación entre la edad de las hembras grávidas y los pesos promedio de las crías, sin embargo, se puede observar que al aumentar la edad de las hembras grávidas el peso de sus crías disminuye, así mismo, se muestra que no hay relación entre la edad de las hembras grávidas y la longitud total, longitud estándar y altura de las crías de *G. viviparus*. Camacho (2001), con base en observaciones realizadas en laboratorio, menciona que el tamaño de la hembra no está relacionado con el número de crías que nacen (vivas o muertas) pues hembras pequeñas llegaron a tener un mayor número de crías que hembras de talla mayor, aunque sí observó una relación existente entre el tamaño de las crías y el tamaño de las hembras grávidas, pues las hembras pequeñas tuvieron crías más pequeñas a diferencia de las hembras más grandes cuyas crías fueron de mayor tamaño, por otra parte Mendoza (1962) (citado en Torres, 2004) indica que la talla de los organismos como el mexcalpique se relaciona con su madurez sexual.

### **8.4 Relación del número y tamaño de los alevines en función del peso y talla de las hembras grávidas de *G. viviparus***

Los resultados de las variables analizadas muestran que no hay una relación entre el tamaño de las hembras y el número de crías, contrario a lo estipulado por Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez (1986) quienes mencionan que existe una relación directa entre la talla de la madre y el número de crías ( $\bar{x}=27$ ); mientras que Bautista-Hernández y colaboradores (2008) hacen referencia a que el número de crías tiene una marcada relación con respecto al tamaño de las hembras, estableciendo que en aquellas hembras que miden entre 30 y 45 mm de longitud patrón (LP), el número

de crías es de 8 a 32, con un promedio de 17 crías, por otra parte Bojórquez y Arana (2014) mencionan que el número de crías que llegan a tener puede ser hasta de 114 con un promedio de 48 crías. En otras especies de goodeidos, como *Girardinichthys multiradiatus* se han registrado un número promedio de alevines de 22 crías, alcanzando un máximo de 35 y un mínimo de 7 crías (Pérez Guerra, 2017); al analizar la relación del número de alevines con el peso y talla de las hembras grávidas de *G. viviparus* de esta investigación se observó que no hay asociación entre el número de crías en función del peso y longitud total de las hembras grávidas ya que las hembras con pesos entre los 1201-1600 mg presentaron el mayor número de alevines ( $\bar{x}=11$ ) mientras que en hembras con pesos de >2001 mg (siendo este el rango de pesos más alto) el número de crías fue menor ( $\bar{x}=8$ ), en el caso de la longitud total las hembras que presentaron una talla de 41-43 mm tuvieron el mayor número de alevines ( $\bar{x}=13$ ) y en tallas mayores el número de crías disminuye; sin embargo, al relacionar el número de crías en función de la longitud estándar y altura de las hembras grávidas, se puede percibir cierto nivel de asociación entre estas variables, en hembras que presentaron una longitud estándar que va de los 46 a 52 mm tienen un mayor número de alevines ( $\bar{x}=12$ ) a diferencia de aquellas hembras con una longitud estándar de 18 a 31mm que presentaron un menor número de alevines ( $\bar{x}=7$ ), no obstante, al comparar los promedios de número de crías con lo estipulado por Bautista-Hernández y colaboradores (2008) se puede observar que el promedio del número de crías en esta investigación se encuentra por debajo, aun cuando utilizaron hembras con una longitud estándar similar que va de 32 a 45 mm con un promedio de 9 alevines. En el caso del número de alevines en función de la altura de las hembras se muestra que conforme la altura de las hembras aumenta el número de crías es mayor, siendo 9 el promedio más alto de alevines obtenidos; aunque se observó cierto nivel de asociación entre el número de crías y la longitud estándar y altura de las hembras grávidas, en cuanto a la influencia del peso y la longitud total de las hembras en el número de alevines no se obtuvieron resultados significativos, demostrando que no hay ninguna relación en cuanto a la influencia del peso y talla de las hembras grávidas de *G. viviparus* en el número de alevines. Esto fue muy similar a lo reportado por Vázquez-Silva y colaboradores (2018), quienes

observaron que no hay una relación significativa entre el peso y talla de las hembras de mexcalpique con el número de crías, atribuyéndoselo a la temperatura, ya que este es el factor que más influye en la reproducción e independiente del tamaño de las hembras. Sin embargo, en especies con tácticas reproductivas similares como *P. reticulata*, la fecundidad y la fertilidad se relacionan positivamente con la longitud total de la hembra, lo que permite deducir que se da un alto grado de matrotrofia y superfetación (Urriola Hernández, *et al.*, 2004)

En el caso de la influencia del peso y talla de las hembras grávidas sobre el peso y talla de los alevines de mexcalpique se observó una asociación entre el peso de las hembras grávidas y la longitud total de los alevines ( $r^2=0.75$ ) ya que en hembras con pesos a partir de 1201 mg la talla de los alevines es de  $\bar{x}=14$  mm siendo esta la talla más alta, en el caso de la relación del peso de las hembras y la longitud estándar y altura de los alevines se muestra que no hay asociación, demostrando que el peso tiene poca influencia sobre la talla de los alevines. Para la relación de la longitud total de la hembra y el peso-talla de los alevines no se encontró asociación con ninguna variable, sin embargo, Díaz-Pardo (2002) menciona que las crías de *G. viviparus*, al nacer alcanzan una longitud total promedio de 16 mm, en este caso, el promedio más alto fue de 15mm sobre una talla de 47 a 49 mm de la madre.

En la relación de longitud estándar de las hembras grávidas y la talla de las crías, se observó mayor nivel de asociación ( $r^2=0.8929$ ) mostrando que a partir de una longitud estándar de 39mm las crías alcanzan la mayor talla reportada en esta investigación ( $\bar{x}=14$  mm), de igual manera, se observó influencia de la longitud estándar de las hembras grávidas sobre la longitud estándar de los alevines ( $r^2=0.8167$ ); en cuanto a la relación de la altura de las hembras y la longitud total de los alevines de mexcalpique, también, se observó asociación entre ambas variables ( $r^2=0.75$ ) y la máxima talla registrada fue de 14 mm en hembras con alturas a partir de los 10mm, en la relación de altura de las hembras y la longitud de las crías se pudo observar una fuerte relación entre las variables ( $r^2=1$ ) es decir, una influencia directa de la altura de las hembras grávidas sobre la longitud estándar de los alevines ya que se puede observar que al incrementar la altura aumenta la longitud estándar de las crías, lo cual puede estar influenciado por el potencial reproductivo

de las hembras; durante el cortejo el macho evalúa el potencial reproductivo femenino a través del tamaño y coloración de la hembra, pero principalmente por el área y tamaño del vientre, buscando una mayor supervivencia de las crías (Méndez-Janovitz y Macías-García, 2017).

### **8.5 Supervivencia de los alevines en función de la talla y peso de las hembras grávidas**

En los resultados obtenidos de la relación de la supervivencia con el tamaño y peso de las hembras se observó que estos no influyen en la supervivencia de las crías obtenidas, en cambio esta característica se puede atribuir más a los factores externos, como la calidad y cantidad de alimento disponible, el número de peces utilizando la misma fuente de alimento; la temperatura, el oxígeno y otros factores de calidad de agua (Montesino González, 2013). En el caso de los Goodeidos, las crías nacen completamente desarrolladas lo que les confiere un mayor probabilidad de supervivencia (Domínguez-Domínguez y Pérez-Ponce, 2007); el hecho de que las crías se desarrollen dentro de la madre les proporciona una mayor protección contra depredadores y las condiciones adversas del entorno (Devezé Murillo, *et al.*, 2004), sin embargo, en esta especie se ha observado que la supervivencia tiende a ser baja debido a que cuando las crías nacen, no presentan cuidado parental, además de que deben enfrentarse a múltiples factores ambientales, competencia por el alimento y espacio, una probable proliferación de patógenos y parásitos, así como, la depredación (Díaz-Pardo y Ortiz-Jiménez, 1986; Cedillo Díaz, 1997), ya que, se ha observado cierto grado de canibalismo por parte de los progenitores en condiciones de cautiverio (Godínez, 2001). Por otra parte, Camacho 2001 menciona que los neonatos de *G. viviparus* son demasiado sensibles a parásitos y hongos que tienden a proliferar de la acumulación de desechos y comida que se depositan en los acuarios.

## 9. CONCLUSIONES

- La tasa de fertilidad de las hembras de *Girardinichthys viviparus* se relaciona con el número de crías vivas que se obtienen durante el parto; sin embargo, esta condición no está influenciada por la edad de las hembras grávidas.
- El número de alevines de mexcalpique no depende de la talla y peso de las hembras grávidas, sin embargo, se observó asociación entre el número de crías y la longitud estándar y altura de las hembras.
- La talla de los alevines está influenciada por el peso y talla de las hembras grávidas de *G. viviparus*.
- Estos resultados podrían ser un parteaguas para generar más información ya que esta es escasa y serviría para conocer más a fondo la biología de la especie, lo que permitiría buscar alternativas para su conservación ya que es una especie en peligro de extinción.

## 10 REFERENCIAS

- Arce Uribe, E., & Luna-Figueroa, J. (2003). Efecto de dietas con diferente contenido proteico en las tasas de crecimiento de crías del Bagre del Balsas *Ictalurus balsanus* (Pisces: Ictaluridae) en condiciones de cautiverio. *Revista Aquatic*, (18): 39-47. Recuperado de <http://www.revistaaquatic.com/ojs/index.php/aquatic/article/view/234>
- Bautista-Hernández, C., Monks, S., & Pulido-Flores, G. (2008). Registro helmintológico de *Girardinichthys viviparus* (Bustamante, 1837) del Lago de Tecocomulco, Hidalgo, México. *Estudios científicos en el lago de Tecocomulco, Hidalgo y zonas aledañas*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Pachuca, Hidalgo, México, 77-91.
- Bojórquez C. L., & Arana M. F. (2014). *Peces de Xochimilco: Su ambiente y situación actual*. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco. México D.F. Departamento de El hombre y su ambiente. Serie Académico Xochimilco CBS. pp.72- 191.
- Camacho, C. A. (2001). Mantenimiento y manejo en laboratorio de una población de *Girardinichthys viviparus*, Bustamante, 1837 (Pisces: Osteichthyes) de Xochimilco para su reproducción y preservación. [Informe de servicio social Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Ciudad de México].
- Castillo Olivares, B. (2011). Biología reproductiva de *Girardinichthys viviparus* en el lago artificial de la Alameda Oriente, D.F. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. <https://repositorio.unam.mx/contenidos/328978>
- Cedillo Díaz, B. E. (1997). "Crecimiento, reproducción, supervivencia y ontogenia de *G. viviparus* Bleeker, 1860 (Goodeidae), en el embalse Los Arcos, Estado de México". [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México] Recuperado de <https://repositorio.unam.mx/contenidos/165732>
- Cruz Gómez, A., & Rodríguez Varela, A. (2006). El mexcalpique en peligro de extinción, se reproduce y mantiene en Iztacala. *Gaceta Iztacala* 9 (287): 2. Recuperado de <https://www.iztacala.unam.mx/gaceta/287.pdf>
- Csirke, B. (1980). *Introducción a la dinámica de poblaciones de peces* (No. 192). Food & Agriculture Org. Recuperado de <http://www.fao.org/3/t0169s/T0169S00.htm#TOC>
- De la Vega-Salazar, M. (2006). Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cyprinodontiformes) en la mesa central de México. *Revista Biología Tropical*, 54(1), 163-177. Recuperado el 4 de Agosto de 2021 de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477442006000100017&script=sci\\_arttext](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S003477442006000100017&script=sci_arttext)

- Devezé-Murillo, P., Reta Mendiola, J. L., & Sánchez Luna, B. (2004). Cultivo de *Poecilia reticulata* (Pisces:Poeciliidae) en cuerpos de agua tropicales, Veracruz, México. *Revista de Biología Tropical*, 52(4), 951-958. Recuperado el 11 de Agosto de 2021, de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442004000400017&lng=en&tlng=es](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000400017&lng=en&tlng=es).
- Diario Oficial de la Federación (DOF). (2010). NOM-059-SEMARNAT-2010. Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). Recuperado de [https://dof.gob.mx/nota\\_detalle\\_popup.php?codigo=5173091](https://dof.gob.mx/nota_detalle_popup.php?codigo=5173091)
- Díaz-Pardo, E., & Ortiz-Jiménez, D. (1986). Reproducción y ontogenia de *Girardinichthys viviparus* (Pisces: Goodeidae). *An. Esc. Nac. de Cienc. Biol.*, México, (30): 45-66. <https://biblat.unam.mx/hevila/AnalesdeLaEscuelaNacionaldeCienciasBiologicas/1986/vol30/no1-4/4.pdf>
- Díaz-Pardo, E. (2002). Ficha técnica de *Girardinichthys viviparus*. Peces en riesgo de la Mesa Central de México. Laboratorio de Ictiología y Limnología, Departamento de Zoología, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional. Bases de datos SNIB-CONABIO. Proyecto W039. México, D.F. Recuperado de [http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/W039\\_Fichas%20de%20Especies.pdf](http://www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/W039_Fichas%20de%20Especies.pdf)
- Díaz Pardo, E., Ceballos, G., Domínguez, O., Mazari Hiriart, M., & Martínez Estéves, L. (2016). DIVERSIDAD DE ESPECIES. En Ceballos González, G. J., Díaz Pardo, E., Martínez Estévez, L., & Espinosa Pérez, H. (Coordinadores), *Los peces dulceacuícolas de México en Peligro de extinción*, pp (23-24). Fondo de Cultura Económica.
- Domínguez-Domínguez. O., & Pérez-Ponce de León. G. (2007). Los goodeidos, peces endémicos del centro de México. CONABIO. *Biodiversitas*, 75, 12-15. Recuperado de [http://132.248.203.28/resamb/godeidos\\_mintzita.pdf](http://132.248.203.28/resamb/godeidos_mintzita.pdf)
- Domínguez-Domínguez, O., Zambrano, L., Escalera-Vázquez, L. H., Pérez-Rodríguez, R., & Pérez-Ponce de León, G. (2008). Cambio en la distribución de goodeidos (Osteichthyes: Cyprinodontiformes: Goodeidae) en cuencas hidrológicas del centro de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 79(2), 501-512. Recuperado el 12 de agosto de 2021 de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-34532008000200023&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-34532008000200023&lng=es&tlng=es).



- Espinosa-Pérez, H. (2014). Biodiversidad de peces en México. *Revista mexicana de biodiversidad*, 85, 450-459. Recuperado el 20 de Junio de 2021 de [http://www.ib.unam.mx/m/revista/pdfs/53.-\\_1203.pdf](http://www.ib.unam.mx/m/revista/pdfs/53.-_1203.pdf)
- Gaspar-Dillanes, M. T. (2005). LA ICTIOLOGÍA EN MÉXICO. UN PUNTO DE VISTA DE LA SOCIEDAD ICTIOLÓGICA MEXICANA A.C. (SIMAC). *Revista Digital Universitaria*, 6(10), 1-6. ISSN: 1067-6079. Recuperado el 10 de Agosto de 2021 de [https://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/987/oct\\_art101.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://www.ru.tic.unam.mx/bitstream/handle/123456789/987/oct_art101.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Godínez T. F. (2001). Estudio de las condiciones ambientales que favorezcan el mantenimiento y reproducción del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* (Goodeidae), en condiciones de laboratorio [Tesis de Licenciatura. ENEP Iztacala. UNAM].
- Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., & Guzmán-Santiago, J. L. (2013). Occurrence of the fish *Girardinichthys viviparus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae) in an urban lake at Mexico City. *UNED Research Journal/Cuadernos de Investigación UNED*, 5(1), 89-95. Recuperado el 2 de Agosto de 2021 de <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/cuadernos/article/view/191/117>
- Gómez-Márquez, J. L., Peña-Mendoza, B., Guzmán-Santiago, J. L., Salgado-Ugarte, I. H., Cervantes-Sandoval, A., Bautista-Reyes, C., & Alejo-Plata, M. D. C. A. (2020). Determinación de la Edad y Crecimiento de Organismos Acuáticos con Énfasis en Peces. *Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, Universidad Autónoma de México*.
- Hernández López, M. (2019). *Integración de la historia de vida de dos especies de poecílicos en estado de vulnerabilidad en el lago de Catemaco, Veracruz*. [Tesis de Maestría, Instituto Tecnológico de Boca del Río]. <http://posgrado.bdelrio.tecnm.mx/images/MaestriaAcuacultura/REPOSITORIO%20TESIS/Tesis%20MCACUA%202016-2019/Marcos%20Hernandez%20Lopez.pdf>
- IUCN. (2014). The IUCN Red List of Threatened Species [<http://www.iucnredlist.org>].
- Kobelkowsky D., A., & Alva-García, A. (2000). Anatomía sexual de *Gambusia regani* (Piscis: Poeciliidae). *Anales del Instituto de Biología. Serie Zoología*, 71 (2), 133-142. Recuperado el 28 de Septiembre de 2021, de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=45871203> ISSN: 0368-8720.
- Koeck, M. (2019). *Girardinichthys viviparus*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T9196A3150258. Recuperado el 30 de Junio de 2021 de <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2019-2.RLTS.T9196A3150258.en>

- Laguna, C. (2014). Correlación y regresión lineal. Instituto Aragonés de Ciencias de la Salud. Diplomado en Salud Pública, 4, 1-18. Recuperado de <https://hopelchen.tecnm.mx/principal/sylabus/fpdb/recursos/r132139.PDF>
- Martínez Ortega, R.M., Tuya Pendás, L. C., Martínez Ortega, M., Pérez Abreu, A., & Cánovas, A. M. (2009). El coeficiente de correlación de los rangos de Spearman caracterización. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 8(2). Recuperado de [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2009000200017](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2009000200017)
- Méndez-Janovitz, M., & Macías-García, C. (2017). Do male fish prefer them big and colourful? Non-random male courtship effort in a viviparous fish with negligible paternal investment. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, 71(11), 1-12. Recuperado el 12 de Agosto de 2021 de <https://doi.org/10.1007/s00265-017-2385-2>
- Miller, R. R., Minckley, W. L., Soto, S., y Jacobotr, J. (2009). *Peces dulceacuícolas de México*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, México (CONABIO), Sociedad Ictiológica Mexicana, AC. ISBN: 978-607-7607-20-5.
- Miranda, R., Galicia, D., Pulido-Flores, G., & Monks, S. (2008). First record of *Girardinichthys viviparus* in Lake Tecocomulco, Mexico. *Journal of Fish Biology*, 73(1), 317-322. Recuperado el 6 de Agosto de 2021 de [https://www.researchgate.net/publication/209827918\\_First\\_record\\_of\\_Girardinichthys\\_viviparus\\_in\\_Lake\\_Tecocomulco\\_Mexico](https://www.researchgate.net/publication/209827918_First_record_of_Girardinichthys_viviparus_in_Lake_Tecocomulco_Mexico)
- Montesino González, L. (2013). Edad y crecimiento de *Girardinichthys viviparus* en un lago urbano de la Alameda Oriente, D.F. [Tesis de Licenciatura, Universidad Nacional Autónoma de México]. [https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis\\_montesino\\_gonzalez.pdf](https://www.zaragoza.unam.mx/wp-content/Portal2015/Licenciaturas/biologia/tesis/tesis_montesino_gonzalez.pdf)
- Navarrete-Salgado, N. A., Contreras-Rivero, G. & Elías-Fernández, G. (2003). ABUNDANCIA Y ESTADO SANITARIO DEL MEXCLAPIQUE (*Girardinichthys viviparus* Bustamante) EN CUERPOS DE AGUA DEL CENTRO DE MÉXICO. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 9 (2): 143-146. Recuperado el 11 de Agosto de 2021 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62913142006>
- Navarrete-Salgado, N.A., Contreras-Rivero, G., Elías-Fernández, G. & Rojas-Bustamante, M.L. (2004). Situación de *Girardinichthys viviparus* (especie amenazada) en los Lagos de Chapultepec, Zumpango y Requena. *Revista de Zoología*, (15), 1-6. Recuperado el 11 de Agosto de 2021 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=49801501>
- Navarrete-Salgado, N. A., Rojas-Bustamante, Margarita L., Contreras-Rivero, G. & Elías-Fernández, G. (2007). Alimentación de *Girardinichthys multiradiatus* (Pisces: Goodeidae) en el embalse La Goleta, Estado de México. CIENCIA

- ergo-sum, *Revista Científica Multidisciplinaria de Prospectiva*, 14 (1), 63-68. Recuperado el 12 de Agosto de 2021 de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=10414108> de 2021
- Ojeda Galindo, D. M. (2017). Efecto de la temperatura en la reproducción del mexcalpique *Girardinichthys viviparus*. Bustamante, 1837 (Pisces: Goodeidae) en cautiverio. [Informe de servicio social Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Ciudad de México]. [http://148.206.107.11/F/M5FGHPCCJ9E2HE5QF5MBACNH1NUJ9PVY7C8PD64SDDL3V2F3VB-00281?func=full-set-set&set\\_number=000355&set\\_entry=000002&format=999](http://148.206.107.11/F/M5FGHPCCJ9E2HE5QF5MBACNH1NUJ9PVY7C8PD64SDDL3V2F3VB-00281?func=full-set-set&set_number=000355&set_entry=000002&format=999)
- Pérez Guerra, D. (2017). Variación morfológica inducida por dos tipos de dieta en *Girardinichthys multiradiatus*; especie vulnerable del Alto Lerma, Estado de México. [Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma del Estado de México]. <http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/68464/Variaci%c3%b3n%20morfol%C3%B3gica%20inducida%20por%20dos%20tipos%20de%20dieta%20en%20Girardinichthys%20multiradiatus.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Pérez-Rodríguez, R., Domínguez-Domínguez, O., Doadrio, I., Cuevas-García, E., & Pérez-Ponce de León, G. (2015). Comparative historical biogeography of three groups of Nearctic freshwater fishes across central Mexico. *Journal of Fish Biology*, 86 (3), 993-105. doi:10.1111/jfb.12611
- Ramírez-García, A., Moncayo-Estrada, R., González-Cárdenas, J., & Domínguez-Domínguez, O. (2021). Reproductive cycle of native viviparous fish species (Actinopterygii: Cyprinodontiformes: Goodeidae) in a subtropical Mexican lake. *Neotropical Ichthyology* [online], 19 (04). Recuperado el 1 de Septiembre de 2022 de <https://doi.org/10.1590/1982-0224-2021-0105>
- Saborido-Rey, F. (2008). Ecología de la reproducción y potencial reproductivo en las poblaciones de peces marinos. Recuperado de <https://digital.csic.es/handle/10261/7260>
- Torres, A. I. (2004). Estudio de captura, tasa de reproducción y supervivencia de *Girardinichthys viviparus*, Bustamante, 1837 (Pisces: Osteichthyes) de Xochimilco, en laboratorio. [Informe de servicio social Licenciatura en Biología, Universidad Autónoma Metropolitana, Unidad Xochimilco, Ciudad de México].
- Urriola Hernández, M., Cabrera Peña, J., & 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. Recuperado el 26 de septiembre de 2022, de [http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0034-77442004000400016&lng=en&tlng=en](http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442004000400016&lng=en&tlng=en).
- Valdés González, A., Castillo Ontiveros Y., Ángeles Villeda M., Overa Cruz E., & Lira Morales D. (2014). Observaciones sobre la reproducción y mantenimiento de

*Characodon lateralis* y *Characodon audax* bajo condiciones de cautiverio. Centro de Resguardo para Peces en Peligro de Extinción, Morelia, Noviembre (2014). Recuperado el 11 de Agosto de 2021 de <http://www.goodeidworkinggroup.com/sites/default/files/Arcadio's%20Characodon%20Morelia%202014.pdf>

Vázquez-Silva G., Arana Magallón, F.C., Ojeda Galindo, D.M., y López de la Rosa A.K. (2018). Reproducción *ex situ* del mexcalpique *Girardinichthys viviparus* (PISCES: GOODEIDAE) en diferentes temperaturas para fines de acuicultura ornamental. En: *Avances de la Investigación Sobre Producción Animal y Seguridad Alimentaria en México*, Editores José Herrera-Camacho et al.-Primera edición-Morelia, Michoacán, México (2018) pp.1009-1014. Recuperado de [https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanova-Lugo/publication/325807244\\_Avances\\_de\\_la\\_investigacion\\_sobre\\_produccion\\_animal\\_y\\_seguridad\\_alimentaria\\_en\\_Mexico/links/5b578a9e0f7e9bc79a609bc8/Avances-de-la-investigacion-sobre-produccion-animal-y-seguridad-alimentaria-en-Mexico.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Fernando-Casanova-Lugo/publication/325807244_Avances_de_la_investigacion_sobre_produccion_animal_y_seguridad_alimentaria_en_Mexico/links/5b578a9e0f7e9bc79a609bc8/Avances-de-la-investigacion-sobre-produccion-animal-y-seguridad-alimentaria-en-Mexico.pdf)

Wayne, W. D. (1993). Bioestadística. Ed. Limusa, México. Pp. 563-579.