

UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

INSTITUTO DE BIOLOGÍA

CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS

TESIS MONOGRÁFICA

DESARROLLO EMBRIONARIO EN PECES

DULCEACUICOLAS DE LA FAMILIA

POECILIIDAE, ESTRATEGIAS DE

CONSERVACIÓN.

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

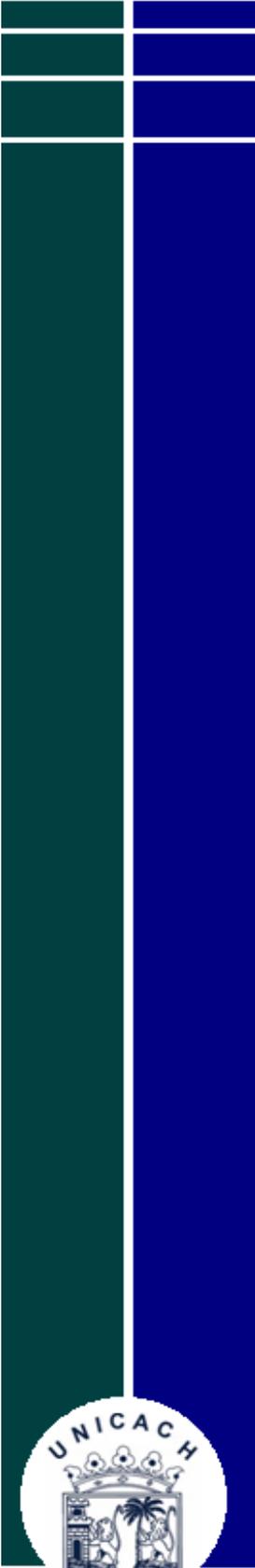
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y

MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS

PRESENTA

CONSUELO SANCHO MARTINEZ





UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES DE CHIAPAS

**INSTITUTO DE BIOLOGÍA
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS**

TESIS MONOGRÁFICA

**DESARROLLO EMBRIONARIO EN PECES
DULCEACUICOLAS DE LA FAMILIA
POECILIIDAE, ESTRATEGIAS DE
CONSERVACIÓN.**

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE
LICENCIADO EN BIOLOGÍA MARINA Y
MANEJO INTEGRAL DE CUENCAS**

PRESENTA

CONSUELO SANCHO MARTINEZ

Directora

**cDRA. SELENE LUCERO AGUILAR GORDILLO
CENTRO DE INVESTIGACIONES COSTERAS**



AGRADECIMIENTOS

Agradezco la llegada a Tonalá Chiapas del Centro de Investigaciones Costeras (CEICO) de la UNIVERSIDAD DE CIENCIAS Y ARTES CHIAPAS., UNICACH. Porque se hizo posible una meta más en mi vida.

Agradezco a Dios su infinita misericordia por permitirme vivir este sueño realizado, a él le encomiendo todo cuanto hago y me guie siempre.

A mis maestros, que me formaron y me enseñaron en las aulas de clases todo lo que debía saber.

A mis maestros del laboratorio de Acuicultura, por todo el apoyo requerido y la amistad perpetúa a través del tiempo.

En especial agradecimiento a mi directora cDra. Selene Lucero Aguilar Gordillo, que me motivó a seguir buscando mi meta y darme ánimos, gracias maestra por decirme “Nunca te arrepientas de lo que decidas, es lo que tú piensas y sientes en ese momento”. Gracias por su apoyo, espero que siempre esté presente en mi vida con su valiosa amistad.

Así mismo, agradezco a mis asesores el cDr. Miguel Ángel Hernández Espinosa y al M. en C. Delmar Cancino Hernández, quienes revisaron y valoraron mi trabajo, por su tiempo les doy las gracias.

Agradezco a todos, que aun no conociéndolos recibí una aportación valiosa en la realización de esta monografía, les agradezco ese gesto de solidaridad hacia mi persona, de todo corazón muchas gracias.

Al personal administrativo, gracias por las gestiones pertinentes para darle formalidad a este documento.

A DIOS: Por ser mí guía y mi protector, por no dejarme caer aun en mis tiempos más difíciles y de motivar mi corazón a que nunca es tarde para seguir.

A MIS PADRES: A ellos les daría mucho gusto leer estas líneas, que aunque ya no los tengo conmigo sé que ellos se llenarían de gozo ver lo que he logrado, a mi padre le debo que yo sea persistente, mi sentido común de las cosas y el amor a la naturaleza. A mi madre, lo necia y el valor a seguir luchando por lo que se quiere. Gracias Apolinar y Consuelo, por todo lo que hicieron de mí, desde aquí les digo “si Dios me diera elegir padres, sin pensarlo serían ustedes nuevamente”.

A MI FAMILIA AMADA: A mi esposo Iván, por todo su amor, por ser mi compañero en 22 años y porque juntos creamos lo más bello que son nuestros hijos: Iván Manuel, Miguel Alfonso y María Belén, a ellos les dedico mi esfuerzo, mi dedicación y mi desempeño de todos los días

A MIS HERMANAS: No solamente nos une la sangre, estoy unida en el amor y la complicidad gracias a la siembra de nuestros padres, hoy y todos los días cosechamos amor, gracias “Bichonas” por ser mi apoyo cuando lo requiero, las amo.

A MI MAMA PITA: Por ser mi madre del corazón, gracias por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por acudir a mí llamado al cuidado de mis hijos y mis necesidades, la quiero mucho.

A MI CUÑADO JUAN CASTILLEJOS: Te agradezco siempre el apoyo que me das cuando algo se me dificulta, siempre dispuesto ayudarme, siempre te consideraré mi hermano.

A MIS AMIGAS: A lo largo de mi vida y en diferentes etapas he ido recopilando amores y en esta etapa le dedico este trabajo a mis hermanas del corazón a Ariana, Zitlally y Cintia ellas me inyectaron juventud, dinamismo, en pocas palabras actualizaron mi vida solo quiero decirles que las quiero mucho.

A MIS ALUMNOS DE CONALEP: Son un motivo de todos los días para ser mejor y demostrar con mi ejemplo que pueden ser grandes hombres y mujeres a futuro.

ÍNDICE

Índice de figuras.....	I
Índice de tablas.....	IV
Resumen.....	V
I. Introducción.....	1
II. Objetivos.....	3
2.1 Objetivo General.....	3
2.2 Objetivo Especifico.....	3
III. Método.....	4
IV. Resultados.....	5
4.1 La familia Poeciliidae como objeto de estudio.....	5
4.2 Anatomía sexual de la familia Poeciliidae.....	9
4.2.1 Hembra.....	9
4.2.2 Macho.....	12
4.3 Biología Reproductiva.....	16
4.4 Desarrollo embrionario en peces.....	23
4.5 Desarrollo embrionario en la familia Poeciliidae.....	29
4.6 Intercambio materno-fetal de nutrientes en el desarrollo embrionario en la familia Poeciliidae.....	32
4.7 Identificación y descripción de los estadios de desarrollo de los embriones de la familia Poeciliidae.....	34
4.7.1 Primera etapa.....	34
4.7.2 Segunda etapa.....	35
4.7.3 Tercera etapa.....	36
4.7.4 Cuarta etapa.....	37
4.7.5 Quinta etapa.....	38
4.7.6 Sexta etapa.....	39
4.7.7 Séptima etapa.....	39

4.7.8 Octava etapa.....	41
4.7.9 Novena etapa.....	42
4.7.10 Décima etapa.....	43
4.8 Análisis comparativo del desarrollo embrionario en diferentes especies de Poecílicos.....	45
4.8.1 Estadio uno.....	47
4.8.2 Estadio dos.....	48
4.8.3 Estadio tres.....	49
4.8.4 Estadio cuatro.....	50
4.8.5 Estadio cinco.....	51
4.8.6 Estadio seis.....	52
4.8.7 Estadio siete.....	53
4.8.8 Estadio ocho.....	54
4.8.9 Estadio nueve.....	55
4.8.10 Estadio diez.....	56
4.9 La superfecundación como estrategia reproductiva en la familia Poeciliidae.....	57
4.10 Factores ambientales que influyen en el desarrollo embrionario en la familia Poeciliidae	60
4.10.1 pH.....	60
4.10.2 Oxígeno disuelto.....	60
4.10.3 Temperatura.....	61
4.10.4 Salinidad.....	62
4.11 Importancia ecológica en la familia Poeciliidae.....	64
V. Conclusiones.....	69
VI. Propuestas y recomendaciones.....	71
VII. Glosario.....	72
VIII. Referencias documentales.....	74
IX. Anexos.....	83

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. Distribución geográfica de la familia Poeciliidae.....	6
FIGURA 2. Hembra de <i>Gambusia regani</i> . a) hembra grávida en vista lateral izquierda, b) organografía de la cavidad visceral y musculatura anal en vista lateral izquierda, c) sistema digestivo y ovario, en vista lateral derecha, d) sistema digestivo y ovario en vista dorsal, e) corte sagital del seno urogenital y el recto.....	10
FIGURA. 3. Ovarios fusionados de <i>P. infans</i> con ovocitos primarios.....	11
FIGURA 4. a) ovocitos sincronizados en una misma etapa, b) ovocitos con diferente etapa de maduración c) fenómeno de la superfetación, d) saco ovárico con ovocitos primarios, secundarios y en primera etapa embrionaria de <i>P. infans</i>	11
FIGURA 5. Gonopodios de peces poecilidos seleccionados, a) <i>Heterandria bimaculata</i> , b) <i>H. jonesii</i> , c) <i>Heterophallus rachovi</i> , d) <i>H. echegarayi</i> , e) <i>Xiphophorus gordonii</i> , f) <i>X. variatus</i> , g) <i>X. malinche</i> , h) <i>X. multilineatus</i> , i) <i>X. clemenciae</i> , j) <i>X. alvarezii</i> , k) <i>X. hellerii</i>	12
FIGURA 6. Macho de <i>Gambusia regani</i> . a) macho adulto en vista lateral izquierda; b) organografía de la cavidad visceral y musculatura anal, en vista lateral izquierda; c) sistema digestivo y testículo en vista lateral derecha, d) vista anterior del testículo, e) corte sagital del seno urogenital y recto.....	13
FIGURA 7. Testículo de <i>X. hellerii</i> . 20X.....	14
FIGURA 8. Imagen de un pez disectado <i>P. infans</i> visto en un estereoscopio, a) aumento a 32 X del hígado; b) aumento a 32 X de los testiculos, hígado presencia de espermatozéugmata; c) aumento de la espermatozéugmata a 100X; e) aumento a 40X; f) aumento de la espermatozéugmata a 100X. H= hígado y T= testículo.....	15
FIGURA 9. Fotografías que representan los caracteres secundarios de <i>Gambusia spp.</i> Criadas en acuario. (A) macho, (B) hembra <i>G. sexradiata</i> (naranja); <i>G. yucatanensis</i> (verde), (C) macho y (D) hembra.....	17
FIGURA 10. Apareamiento de <i>Gambusia affinis</i>	18
FIGURA 11. Fertilización del macho a la hembra con ovocitos maduros.....	18

FIGURA 12. Hembra <i>P. reticulata</i> con mancha negra cerca del orificio genital indicador que el parto se acerca.....	19
FIGURA 13. Expulsión de alevín <i>P. reticulata</i> por viviparidad.....	19
FIGURA 14. Presencia del saco vitelino en alevín de <i>P. reticulata</i>	20
FIGURA 15. Expulsión de la membrana que protege al embrión.....	20
FIGURA 16. En algunas ocasiones son expulsados embriones en etapa de formación durante el parto, a la madre le servirá de alimento.....	21
FIGURA 17. Alevín de <i>P. reticulata</i> , expulsado pero no pudo liberarse de la membrana protectora, morirá y servirá de alimento para la madre.....	21
FIGURA 18. Alevín de <i>P. reticulata</i> íntegro. Presencia de saco vitelino, corazón y columna vertebral claramente visible.....	22
FIGURA 19. Cigoto estado uno. Célula a las 00:00 hrs. Etapa Inicial.....	23
FIGURA 20. a) embrión de dos células, b) embrión de cuatro células, c) embrión de ocho células.....	24
FIGURA 21. Embrión de 16 células, b) Embrión de 32 células, c) Embrión en mórula.....	24
FIGURA 22. a) epibolia al 50%, b) convergencia del borde del blastodisco, c) inicia la formación del escudo embrionario.....	25
FIGURA 23. a) masa de células pequeñas, b) formación del anillo.....	25
FIGURA 24. a) formación de la cresta del embrión, b) epibolia en 30%, c) se observa cola y cabeza presencia de 10 a 12 somitas.....	26
FIGURA 25. a) Notocorda bien definido, b) inicia el proceso de separación del saco vitelino de la periferia, c) notocordio pigmentado.....	26
FIGURA 26. a) melanóforos en cabeza pigmentados, vesícula de Kupffer, b) miómeros formados y cromatóforos distribuidos en la parte dorsal del cuerpo.....	27
FIGURA 27. a) embrión ocupando todos los espacios, b) inicio de la eclosión.....	27
FIGURA 28. Larva de <i>Lutjanus dorado</i> (Abdo-De la Parra <i>et al.</i> , 2014).....	28
FIGURA 29. Desarrollo embrionario en <i>Poecilia vivipara</i> , ovocito en la primera etapa (flecha), blanco e inmaduro.....	34

FIGURA 30. Segunda etapa del desarrollo embrionario con óvulo en desarrollo con gotas de aceite.....	35
FIGURA 31. Ovocito en la segunda etapa mostrando sus capas circundantes, vista estereoscópica.....	36
FIGURA 32. Embrión en la cuarta etapa visible el blastodisco.....	37
FIGURA 33. Embrión en la quinta etapa.....	38
FIGURA 34. Embrión en la sexta etapa que evidencia la región de la cabeza con el desarrollo embrionario temprano de algunos órganos	39
FIGURA 35. Embrión en la séptima etapa observaron macroscópicamente y microscópicamente destacando vesículas en la yema.....	40
FIGURA 36. Desarrollo embrionario en <i>Poecilia vivipara</i> , vista estereoscópica, del embrión en la octava y la sección histológica que muestra que muestra las estructuras de la cabeza.....	41
FIGURA 37. Embriones en la novena etapa de desarrollo observados macroscópicamente apreciándose todas sus características fenotípicas.....	42
FIGURA 38. Embrión en la etapa 10, mostrando sus principales órganos, presentando manchas en la cavidad Bucal, encéfalo, aleta caudal, yema y opérculo.....	43
FIGURA 39. Embriones en distintos estadios de desarrollo que pertenecen a una misma hembra del genero <i>Gambusia</i>	44
FIGURA 40. Embriones de <i>Poeciliopsis prolifica</i> con gran cantidad de vitelo.....	44
FIGURA 41. Ovario con diferentes estadios de embriones.....	57
FIGURA 42. Superfetación en hembras de <i>P. infans</i> donde se observa que solo se pude producir dos cohortes al mismo tiempo dentro del ovario. A) hembra a la que se le puede observar ovocitos maduros (OM), embriones que forman la primera cohorte (EC1) y embriones que forman la segunda cohorte (EC2), b) solo se muestra los embriones de la primera y la segunda cohorte, los ovocitos fueron separados con anterioridad, c) acomodo de los embriones con base al desarrollo.....	58
FIGURA 43. Ovario en la que evidencia la superfetación.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1. Clasificación taxonómica de algunas especies más importantes de la familia Poeciliidae.....	8
TABLA 2. Periodo de gestación en algunas especies de la familia Poeciliidae...	17
TABLA 3. Desarrollo embrionario de algunas especies de la familia Poeciliidae....	45
TABLA 4. Comparación el estadio 1 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	47
TABLA 5. Comparación el estadio 2 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	48
TABLA 6. Comparación en el estadio 3 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	49
TABLA 7. Comparación el estadio 4 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	50
TABLA 8. Comparación el estadio 5 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	51
TABLA 9. Comparación el estadio 6 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	52
TABLA 10. Comparación el estadio 7 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	53
TABLA 11. Comparación el estadio 8 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	54
TABLA 12. Comparación el estadio 9 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	55
TABLA 13. Comparación el estadio 10 en diferentes especies de la familia Poeciliidae.....	56
TABLA 14. Rangos de tolerancia de los factores abioticos que influyen en el desarrollo embrionario en algunas especies de poecilidos.....	63
TABLA 15. Importancia ecológica de algunas especies de Poecilidae.....	68

RESUMEN

La familia Poeciliidae comprende 22 géneros y 180 especies reconocidas cuya distribución comprende de Estados Unidos hasta el noreste de Argentina, distribuidas en ecosistemas específicos.

El estudio de esta familia es importante en las investigaciones sobre la biología de desarrollo, con base al esclarecimiento de las relaciones evolutivas de esta familia que son cruciales para su conservación y conocimiento sobre su viviparidad.

La presente monografía, tiene como objetivo dar a conocer el desarrollo embrionario en peces dulceacuícolas de la familia Poeciliidae y sus estrategias de conservación. Este estudio monográfico, está sustentado en trabajos de investigación, tesis y artículos científicos obtenidos a través de búsquedas especializadas.

El desarrollo embrionario en la familia Poeciliidae se divide en diez etapas donde: tres etapas son de pre-fertilización y siete post-fertilización, donde el primer órgano que está presente es la notocorda, seguido del sistema nervioso, digestivo y cardiovascular, luego los músculos y los ojos.

Durante la transferencia de nutrientes entre la madre y la cría en su desarrollo embrionario existe dos tipos de transferencia: lecitotrofica, que la yema que suministra nutrientes al feto, esta rico en proteínas como la lecitina y la metotrofica, que es la aportación de nutrientes a través de la placenta rica en proteínas como la metonina, este tipo de nutrición embrionaria confirma el patrón encontrado en la familia Poeciliidae, mientras que la viviparidad confiere a los embriones durante la gestación y aumenta los costos energéticos para la madre adquiriendo nuevas relaciones con su descendencia.

Esta familia, es muy importante dentro de los ecosistemas porque en sus hábitats naturales es muy apreciado por su valor nutritivo para muchas especies. Estos organismos nativos, se encuentran en plena competencia con especies exóticas por alimentos y espacios, enfrentando a la depredación de otros peces de mayores tallas.

Palabras claves: Viviparidad, lecitotrofica, matrotrofia, superfetación.

I. INTRODUCCIÓN

Los Poecílidos, es una de las familias de peces dominantes en los ambientes dulceacuícolas y salobres en tierras bajas de América Central y las indias occidentales, representada por 22 géneros y 180 especies reconocidas cuya distribución comprende desde Estados Unidos hasta el Noreste de Argentina (Miller *et al.*, 2005).

La familia Poeciliidae, en sus hábitats naturales es muy apreciado por su valor nutritivo para muchas especies que comparten el mismo ecosistema. Estas especies nativas se encuentran en plena competencia con especies exóticas por alimentos y espacios, enfrentando a la depredación por organismos de mayores tallas esto ha permitido que esta especie esté en peligro de extinción (Rodríguez, 2007).

Las especies dentro de la familia Poeciliidae, son importantes en las investigaciones en diferentes ámbitos, como la genética, oncología, ecología y en la biología del desarrollo (Meffe y Snelson, 1993). Esto se debe a que los Poecílidos responden fácil y rápidamente a las diferentes condiciones ambientales con cambios genotípicos (Reznick *et al.*, 1990) y fenotípicos (Rodd *et al.*, 1997). Por lo que se han realizado muchos estudios para entender como los Poecílidos responden a diversos factores ecológicos, particularmente la depredación (Downhower *et al.*, 2000), los factores abióticos (Brown-Peterson y Peterson, 1990) y la estabilidad ambiental (Stearns, 1983).

Sin embargo existen diversos estudios sobre el desarrollo embrionario de la familia Poeciliidae. Primero las células que conforman el embrión deben dividirse numerosas veces hasta alcanzar la cantidad celular capaz de asegurar la diferenciación de todos los tejidos y órganos. Por tanto, la correcta regulación de la proliferación y diferenciación celular es fundamental para evitar defectos durante el desarrollo embrionario y la aparición de enfermedades en el organismo adulto (Gibert, 2006).

Según Kimmel *et al.* (1995), las etapas iniciales del desarrollo embrionario son casi idénticas para los vertebrados superiores e inferiores. Las experiencias obtenidas en más de 10 años de estudio e investigaciones en la biología embrionaria en la familia

Poeciliidae, han determinado que consta de diez estadios donde el desarrollo embrionario se divide en tres etapas de pre-fertilización y siete post-fertilización, dando paso a que el primer órgano que aparece es el notocorda, seguido de los sistemas nervioso, digestivo y cardiovascular, y luego los músculos y los ojos (Araujo *et al.*, 2014).

La falta de trabajos científicos con respecto a su desarrollo embrionario trae como consecuencia que no se realice un buen manejo en los proyectos de conservación para estas especies, trayendo consigo la disminución en las poblaciones, por lo que existe la necesidad de desarrollar investigaciones en torno a los Poecílicos, con la finalidad de seleccionar aquellas que sean idóneas para ser cultivadas fuera de sus hábitats, implementando la tecnología apropiada que obedezca a las necesidades biológicas y ecológicas reales de cada especie.

La presente monografía, pretende dar a conocer de manera sistematizada las etapas embrionarias que se han registrado para la familia Poeciliidae y al mismo tiempo hacer comparaciones entre las especies que nos permitan conocer si existe diferencias en los estadios, incluso dentro de la misma familia, así como la aplicación del desarrollo embrionario con fines de conservación en estas especies.

II. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Describir las etapas embrionarias en peces dulceacuícolas de la familia Poeciliidae y su impacto ecológico para la conservación de esta especie.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Describir las etapas embrionarias de los Poecílidos.
- Realizar un análisis sobre las diferencias en el desarrollo embrionario que se presentan entre las especies de la familia Poeciliidae.
- Describir los factores abióticos que contribuyen al éxito reproductivo de esta familia.
- Analizar la importancia ecológica que tiene la familia Poeciliidae dentro del ecosistema.

III. MÉTODOS

Se trata de un estudio y análisis sistemático en la que se describen las principales características y etapas del desarrollo embrionario en la familia Poeciliidae. Este análisis parte de una revisión previa de trabajos publicados entre los años 1930-1999, actualizándolo con los estudios publicados durante el período 2007 al 2017, donde se recabó información relevante sobre la familia Poeciliidae y sus estrategias de conservación.

Este trabajo monográfico está sustentado en trabajos de investigación, obtenidos a través de búsquedas especializadas en Google académico, Dialnet, Scielo y Redalyc, como artículos, libros y tesis, los cuales se describen en la fuente bibliográfica de la presente monografía.

IV. RESULTADOS

4.1 LA FAMILIA POECILIIDAE COMO OBJETO DE ESTUDIO

4.1.1 GENERALIDADES

Los Poecílidos, se caracterizan por ser peces vivíparos, relativamente pequeños. Presentan la cabeza comprimida anteriormente y boca protráctil con la mandíbula inferior algo adelantada como fue descrita por Poey (1854). Poseen una aleta dorsal simple, sin espinas y situada en el mismo plano vertical de la aleta anal. Se aprecia en esta familia un evidente dimorfismo sexual en los adultos. La aleta anal en el macho está modificada a modo de órgano copulador y conforma una estructura alargada denominada gonopodio. Por su parte, las hembras presentan generalmente una mancha oscura en la parte anterior al ano, conocida como punto grávido (Ghedotti y Wiley, 2002).

La familia Poeciliidae, se distribuye desde Estados Unidos hasta el Noreste de Argentina (Miller *et al.*, 2005), de la misma manera en tierras bajas de América Central y las indias occidentales (Fig. 1) (Anexo 1).

Los Poecílidos, habitan naturalmente en casi todo el continente americano (Ghedotti y Wiley, 2002). La mayoría de las especies se encuentran en agua dulce pero presentan amplia tolerancia a los cambios de salinidad, razón por la cual se les puede encontrar, además, en aguas salobres e incluso cerca de aguas costeras marinas y en lagunas de agua salada. Suelen ser muy comunes en ríos de América Central y de las Antillas Mayores (Rivas, 1958; Rosen y Bailey, 1979).

Sus hábitats son muy diversos, incluye estanques, manantiales, arroyos sombreados y a menudo muy rocosos, zanjas, lagunas abiertas y ríos con sustratos muy variados; agua clara a turbia o lodosa, o bien opaca, a menudo muy contaminada; corriente nula a moderada; vegetación ausente a ocasionalmente abundante; profundidad hasta 1.5 m. En arroyos los adultos de mayor tamaño prefieren la corriente, mientras que los juveniles y las crías se mantienen en áreas tranquilas, someras, cerca de la orilla (Anzueto-Calvo *et al.*, 2014).

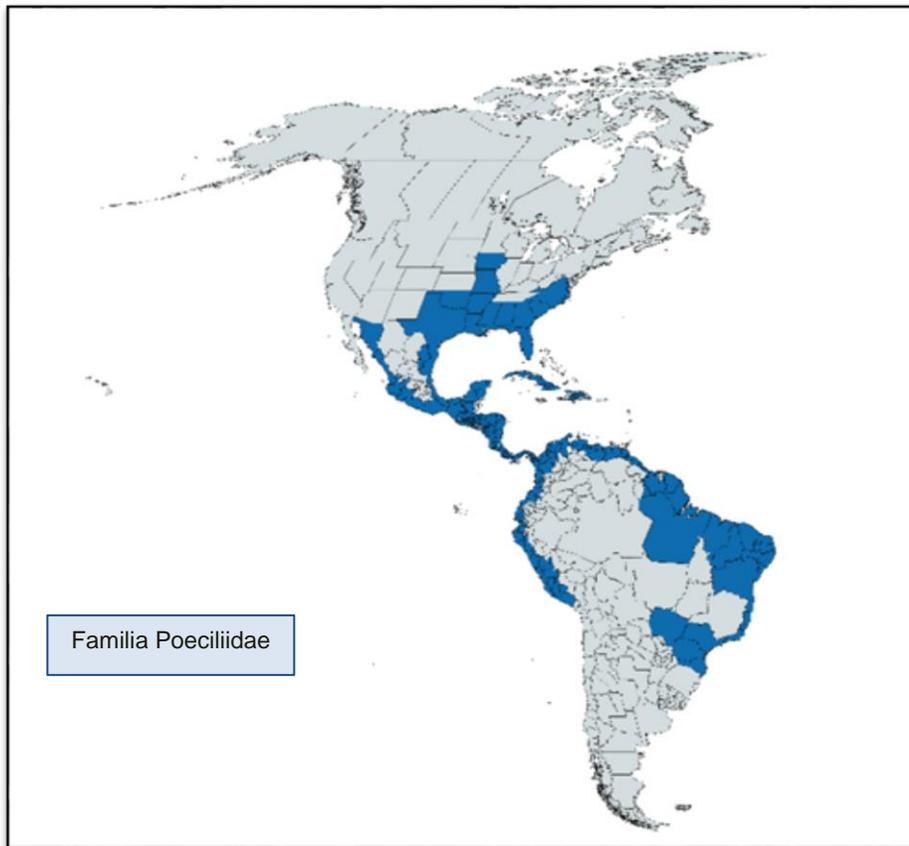


Figura 1.- Distribución geográfica de la familia Poeciliidae.

Durante la evolución de estos grupos, la especialización trófica ha jugado un papel muy importante en su distribución, la mayoría de estos peces presentan una dieta variable, cuya composición depende de la especie y de las condiciones locales de abundancia de recursos tróficos. Algunas consumen larvas de insectos y otros invertebrados pequeños, otros detritos y vegetación acuática y algunas combinan estos elementos. La alimentación para la familia Poeciliidae es muy generalizada y con comportamientos alimenticios en común, Su dieta es omnívora, buscando su alimento en toda la columna de agua, el cual consiste principalmente de larvas de insectos terrestres y larvas acuáticas de insectos, (dípteros, odonatos, coleópteros pequeños moluscos, así como de algas filamentosas). Suele buscar en el fondo; incluso los ejemplares de mayor talla, ingieren pequeños peces, es una especie principalmente detritófaga, aunque también suele alimentarse de algas y diatomeas (Anzueto-Calvo *et al.*, 2014).

Con frecuencia, muchas especies son utilizadas por el hombre en el control de insectos transmisores enfermedades (García y Koldenkova, 1990; Hernández *et al.*, 2004; Fimia *et al.*, 2010).

La familia Poeciliidae, es la que presenta mayor número de géneros. Está bien representada en las aguas dulces de México y presenta un alto porcentaje de especies endémicas, son peces nativos del nuevo mundo con distribución principalmente tropical, muchos de estos de ornato como *Xiphophorus helleri* (pez cola de espada), *Poecilia reticulata* (gupis) y *P. Sphenops* (molys). En Yucatán, se presentan cuatro géneros destacando a la Poecilia (*P. poecilia* *P. mexicana* *P. orri* y *P. belifera*). *Gambusia yucatanica* tiene en la Península de Yucatán subespecies y otras fuera de ésta, *Heterandria bimaculata* (Chumba-Segura y Barrientos-Medina, 2010) (Tabla 1).

Los machos realizan cortejos, realizan exhibición ante las hembras además de persecuciones para lograr la cópula. Cada especie tiene tácticas especiales, los machos copulan varias veces con las hembras y estas pueden tener huevos fecundados de diferentes machos. El embarazo duran entre 1 a 3 meses, es notoria la distensión del vientre y un color diferente en el poro genital. Pueden parir de 50 a 100 alevines dependiendo del tamaño de las hembras, los alevines nacen completamente formados y listos para defenderse de sus depredadores que pueden ser sus mismos padres (Rosen *et al.*, 1963). Esta familia también presenta fecundación interna, es vivípara, los huevos se fertilizan, se desarrollan y de estos eclosionan los alevines en el interior de la madre, la cual los pare vivos, como en los Poecílicos, existe dimorfismo sexual, los machos presentan el gonopodio que es una modificación de la aleta anal, con composición osteológica que es singular para cada especie, este órgano fecunda a las hembras transfiriéndoles bolsitas de semen al interior para fecundar los ovocitos (Rosen *et al.*, 1963).

Tabla 1. Clasificación taxonómica de algunas especies más importantes de la familia Poeciliidae en México.

<p>CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA</p>	<p>Poecílicos</p>	<p>Nombre científico</p>
<p>Reino: Animalia Phylum: Chordata Superclase: Osteichthyes Clase: Actinopterygii Subclase: Neopterygii Infraclase: Teleostei Superorden: Acanthopterygii Orden: Cyprinodontiformes Suborden: Cyprinodontoidei Familia: Poeciliidae</p> <p>Generos: <i>Gambusia</i> <i>Heterandria</i> <i>Poecilia</i> <i>Heterophallus</i> <i>Phallichthys</i> <i>Xiphophorus</i> <i>Poeciliopsis</i></p>		<p><i>Poecilia mexicana</i></p>
		<p><i>Gambusia affinis</i></p>
		<p><i>Heterandria bimaculata</i></p>
		<p><i>Heterophallus echeagarayi</i></p>
		<p><i>Phallichthys fairweatheri</i></p>
		<p><i>Xiphophorus helleri</i></p>
		<p><i>Poeciliopsis infans</i></p>

Otro aspecto relacionado con la fecundidad y el tamaño de la descendencia al nacer, es el número de camadas que porta simultáneamente la madre. En la mayoría de las especies de Poecílidos, las hembras desarrollan una sola camada de embriones a la vez (Turner, 1940; Reznick y Miles, 1989) y la formación de la siguiente camada se inicia una vez que ha nacido la anterior.

Sin embargo, en algunas especies las hembras tienen más de una camada simultáneamente, fenómeno conocido como superfetación (Turner, 1940; Scrimshaw, 1944, Wourms *et al.*, 1988; Reznick *et al.*, 1996; Uribe y Grier, 2011). Al igual que en la matriotrofia, existen diferencias entre especies en cuanto al grado de superfetación (Thibault y Schultz, 1978; Uribe y Grier, 2011).

4.2 ANATOMÍA SEXUAL DE LA FAMILIA POECILIIDAE

4.2.1 HEMBRAS

La fisiología reproductiva de las hembras (Fig. 2), está compuesta por ovarios pares fusionados dentro de una cápsula o saco largo, que en conjunto forman un órgano moderadamente vascularizado suspendido dorsalmente en el cuerpo (Wourms, 1981) (Fig. 3).

Cuando contiene ovocitos, óvulos, huevos y embriones, se distiende, ocupando la mayor parte de la cavidad peritoneal (Constantz, 1989). Las hembras almacenan el esperma en los espacios reproductores para los meses de escasez de machos, lo cual les permite la fertilización para varias camadas sucesivas con una sola cópula, por lo que existen diversos mecanismos para la transferencia materno-fetal de nutrientes (Constantz, 1989) (Fig. 4).

Es común que las hembras mantengan embriones con diferentes edades (Constantz 1989). La fertilización y desarrollo ocurre en los folículos ováricos; y normalmente el parto coincide con la ovulación (Constantz, 1989; Bussing, 1998) (Fig. 4).

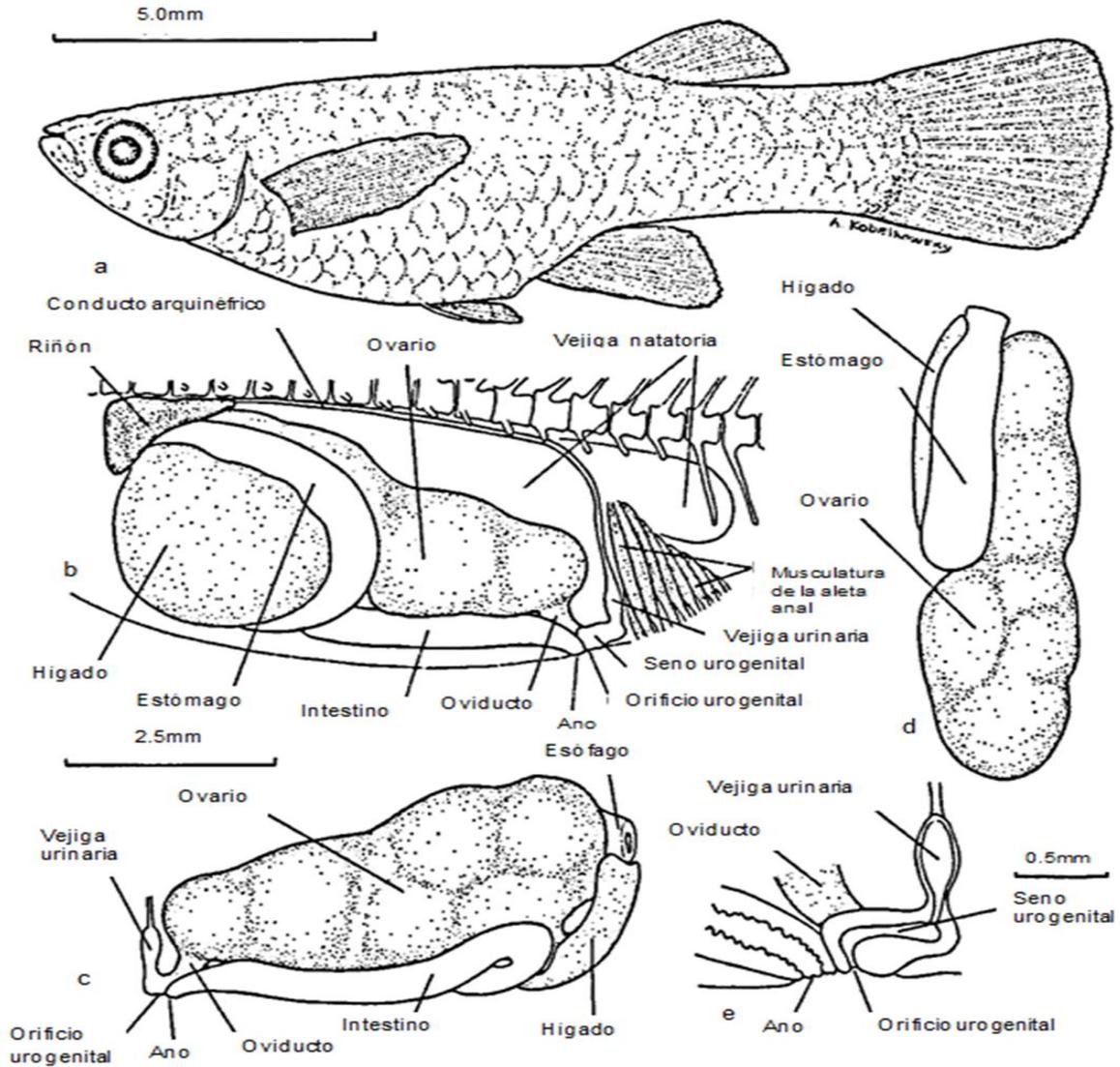


Figura 2. Hembra de *Gambusia regani*. a) hembra grávida en vista lateral izquierda, b) organografía de la cavidad visceral y musculatura anal en vista lateral izquierda, c) sistema digestivo y ovario, en vista lateral derecha, d) sistema digestivo y ovario en vista dorsal, e) corte sagital del seno urogenital y el recto.



Figura. 3. Ovarios fusionados de *P. infans* con ovocitos primarios.

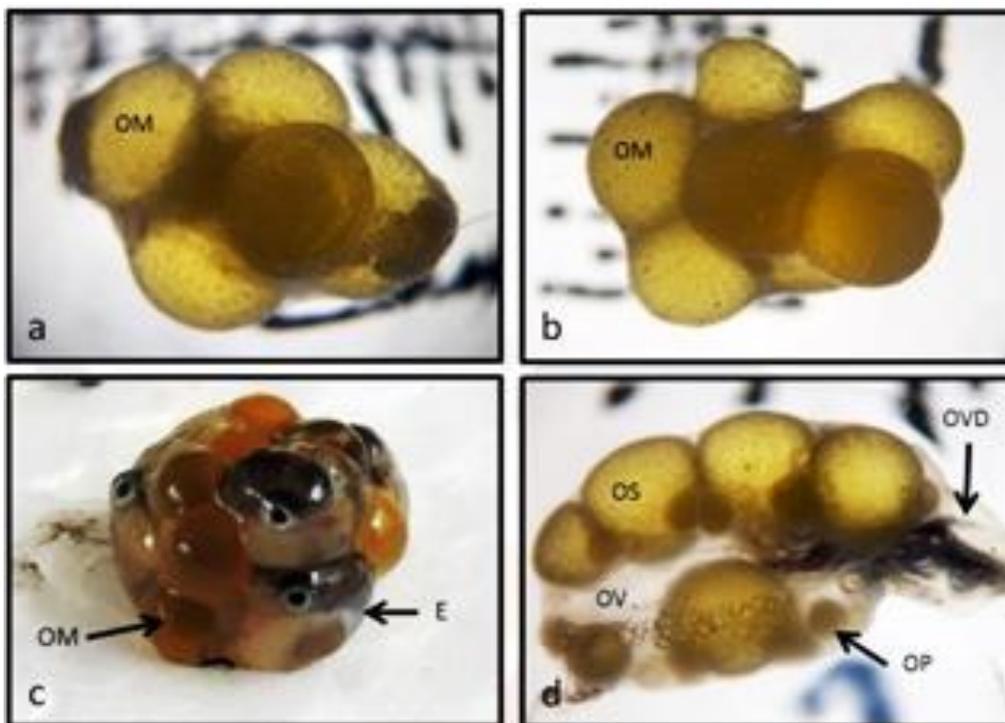


Figura 4. a) ovocitos sincronizados en una misma etapa, b) ovocitos con diferente etapa de maduración c) fenómeno de la superfecundación, d) saco ovárico con ovocitos primarios, secundarios y en primera etapa embrionaria de *P. infans*.

4.2.2 MACHOS

Los machos, presentan un órgano intromitente espinoso, que no es más que la modificación de la aleta anal llamado gonopodio. Este órgano, generalmente, está armado con ganchos y garras y es controlado por un grupo complejo de huesos y músculos con determinadas funciones, que permiten introducirlo en la hembra (Constantz, 1989). Este órgano se forma por la modificación de los radios 3º, 4º y 5º de la aleta anal, los cuales se unen y fusionan para formar un canal que permita el paso de los paquetes espermáticos hacia el oviducto de las hembras en el momento de la copulación (McGovern *et al.* 2003). Al extremo del gonopodio se forman unas pequeñas estructuras en forma de ganchos que permiten anclarse a la hembra durante la copulación (Fig.5).

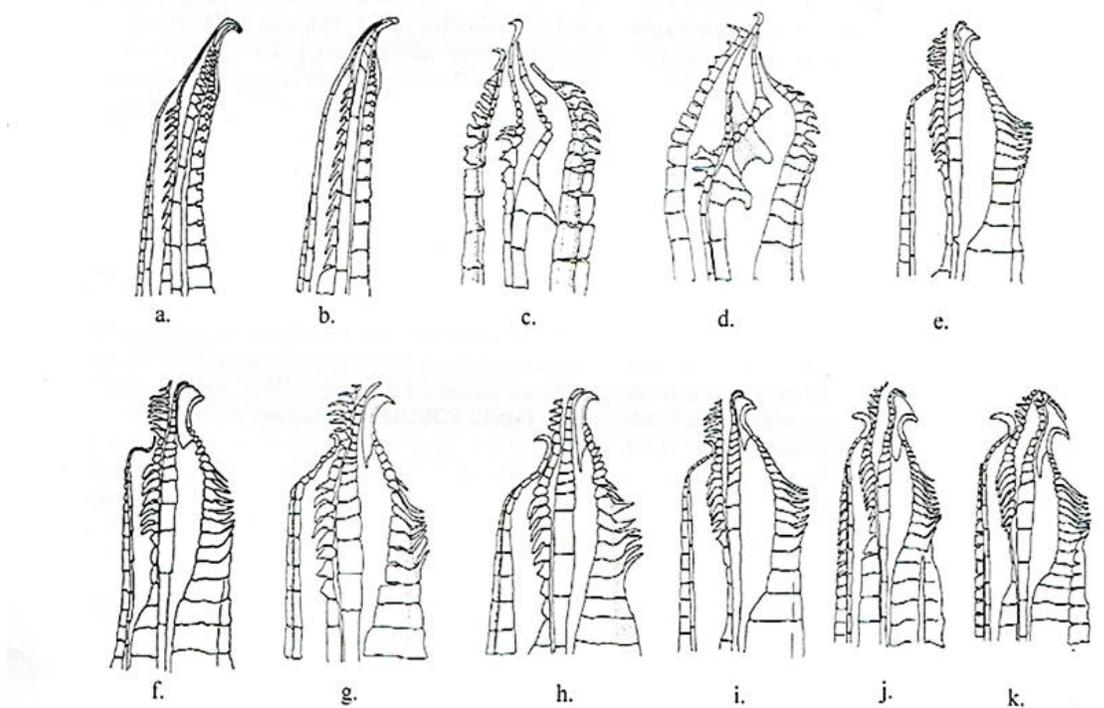


Figura 5. Gonopodios de peces Poecílidos seleccionados, a) *Heterandria bimaculata*, b) *H. jonesii*, c) *Heterophallus rachovi*, d) *H. echegarayi*, e) *Xiphophorus gordonii*, f) *X. variatus*, g) *X. malinche*, h) *X. multilineatus*, i) *X. clemenciae*, j) *X. alvarezii*, k) *X. hellerii*.

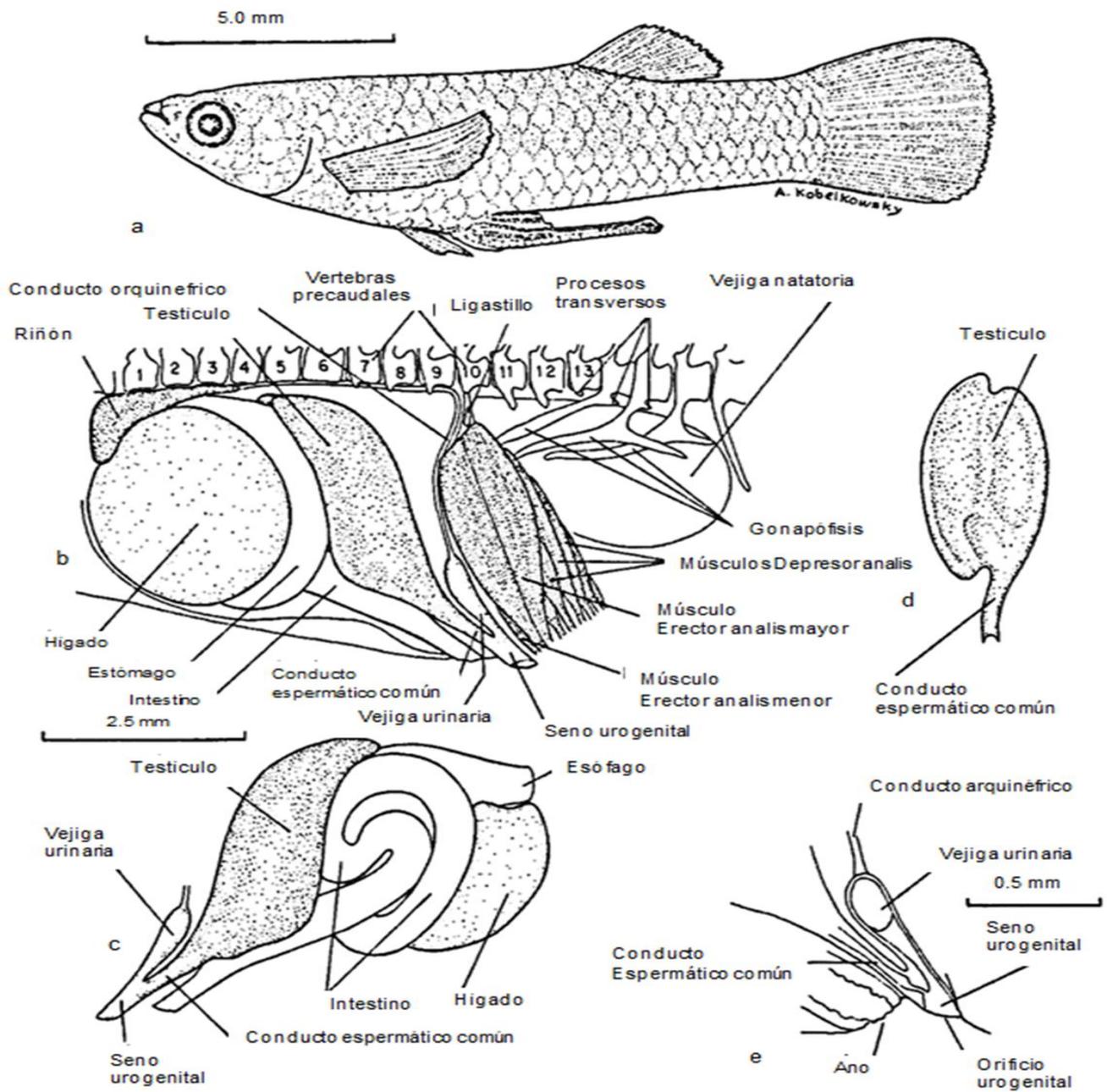


Figura 6. *Gambusia regani*. a) macho adulto en vista lateral izquierda; b) organografía de la cavidad visceral y musculatura anal, en vista lateral izquierda; c) sistema digestivo y testículo en vista lateral derecha; d) vista anterior del testículo; e) corte sagital del seno urogenital y recto.

Los testículos, son pareados y fusionados, con bordes irregulares en forma de sacos alargados y circulares de color blanco-rosado, rodeados por un poco cantidad de tejido adiposo, localizados en la parte superior de la cavidad celómica, unidos a la vejiga natatoria en la parte anterior (Fig. 6).

Los testículos, se encuentran rodeados por una capa delgada de tejido conectivo. Se pueden observar a través del estereoscopio óptico los tubos internos que lo componen (Fig. 7, 8).



Figura 7. Testículo de *X. hellerii*. Observado con objetivo 20X.

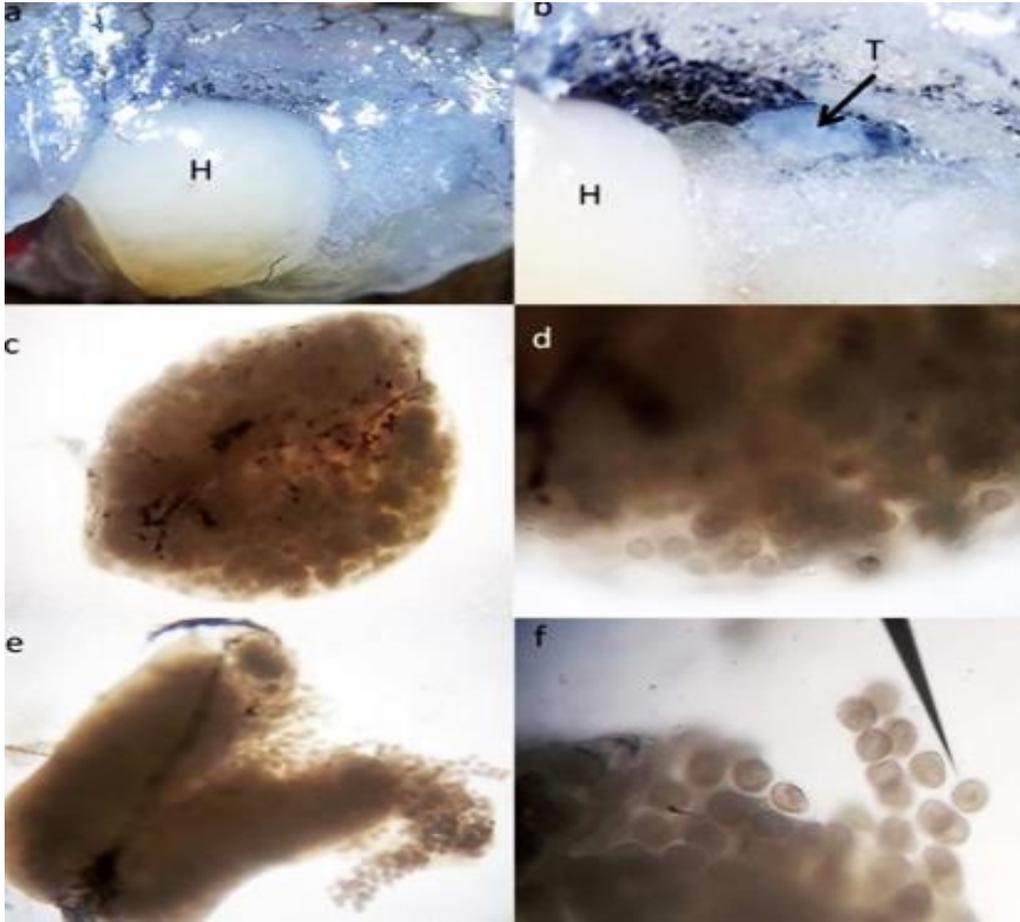


Figura 8. Observación estereoscópica de órganos de *P. infans*, a) aumento a 32 X del hígado; b) aumento a 32 X de los testículos, hígado presencia de espermatozeugmata; c) aumento de la espermatozeugmata a 100X; e) aumento a 40X; f) aumento de la espermatozeugmata a 100X. H= hígado y T= testículo.

4.3 BIOLOGIA REPRODUCTIVA

Fundamentalmente la selección del macho en la familia Poeciliidae, se basa en el tamaño de la hembra pero también intervienen otros factores (Bisazza *et al.*, 1989; Bisazza, 1997). Si una hembra de gran tamaño ha sido fecundada con anterioridad es descartada directamente porque el macho gastaría energías en fecundarla sin tener la certeza de que los huevos eclosionados sean los portadores de sus genes y no los del otro macho que la ha fecundado previamente (Farr y Travis, 1986).

Es en el cortejo, donde los machos evalúan si las hembras se han apareado previamente con otros machos o no. Si la hembra más grande ya ha sido fecundada por otro macho quedará fuera de la elección de los otros machos quienes escogerán en su lugar a una hembra virgen o de un tamaño menor pero que no haya sido fecundada con anterioridad (Bisazza *et al.*, 1989).

El cortejo, es una parte esencial en el momento de la reproducción (Lou *et al.*, 2005), los machos nadan cerca de la hembra mostrando su vistosa coloración, luego de seleccionar el macho, este se acerca a la hembra e inserta el gonopodio en la abertura genital, depositando el espermátforo que es un paquete de varios cistos de color blanquecino que contiene entre 3000 y 5000 espermatozoides (McGovern *et al.*, 2003). Los huevos, son fecundados internamente y permanecen dentro de la hembra hasta que tengan un alto desarrollo (Tamuru *et al.*, 2001). Sin embargo, las hembras pueden almacenar cistos espermáticos por periodos de tiempo prolongados, lo que hace que suceda superfetación en esta especie (Tyagi y Shukla, 2002).

El periodo de gestación, varía entre 20 y 30 días aproximadamente y depende de varios factores externos como lo son: temperatura, pH y dureza. Las crías nacen con un alto grado de desarrollo lo que hace que se puedan valer por sí mismas, pues deben huir de sus progenitores debido a que es una especie con tendencias caníbales (Alderton, 2004) (Tabla 2).

Los machos y las hembras son similares hasta la edad de un mes, donde los machos comienzan el desarrollo del gonopodio y a *definir su coloración de adulto* (Tamuru et al., 2001) (Fig. 9)

Tabla 2. Periodo de gestación en algunas especies de la familia Poeciliidae.

Especies	Tiempo de gestación	Núm. de crías/camada por mes
<i>P. latipinna</i>	8 a 10 semanas	20 a 80 alevines
<i>P. sphenops</i>	5 a 10 semanas	30 a 100 alevines
<i>P. velífera</i>	7 a 10 semanas	30 a 150 alevines
<i>Poecilia reticulata</i>	4 semanas	40 alevines
<i>Xiphophorus helleri</i>	4 semanas	120 alevines
<i>X. maculatus</i>	4 semanas	80 alevines
<i>Xiphophorus strigatus</i>	4 semanas	95 alevines
<i>Gambusia regani</i>	6 semanas	85 alevines
<i>Gambusia affinis</i>	4 semanas	120 alevines
<i>Heterandria bimaculata</i>	5 semanas	70 alevines

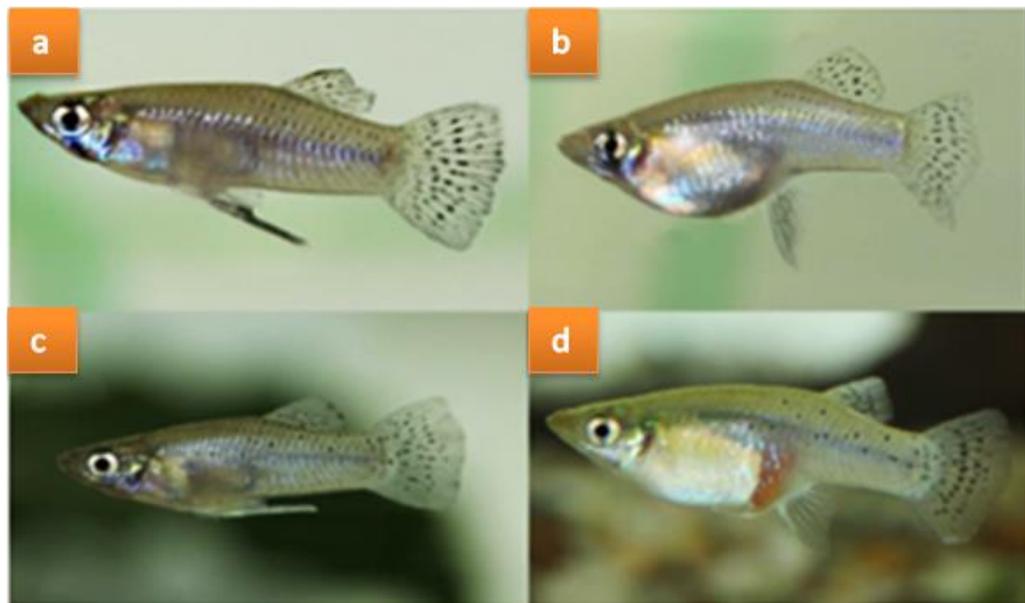


Figura 9. Fotografías que representan los caracteres secundarios de *Gambusia spp*, criadas en acuario. (a) Macho y (b) Hembra de *G. sexradiata*; (c) macho y (d) hembra de *G. yucatanana*.

Dentro de la biología reproductiva en la familia Poeciliidae, existe una serie de pasos que comprenden desde el cortejo, cópula, hasta el parto-eclosión del alevín (Fig. 10-18).



Figura 10. Apareamiento de *Gambusia affinis*.

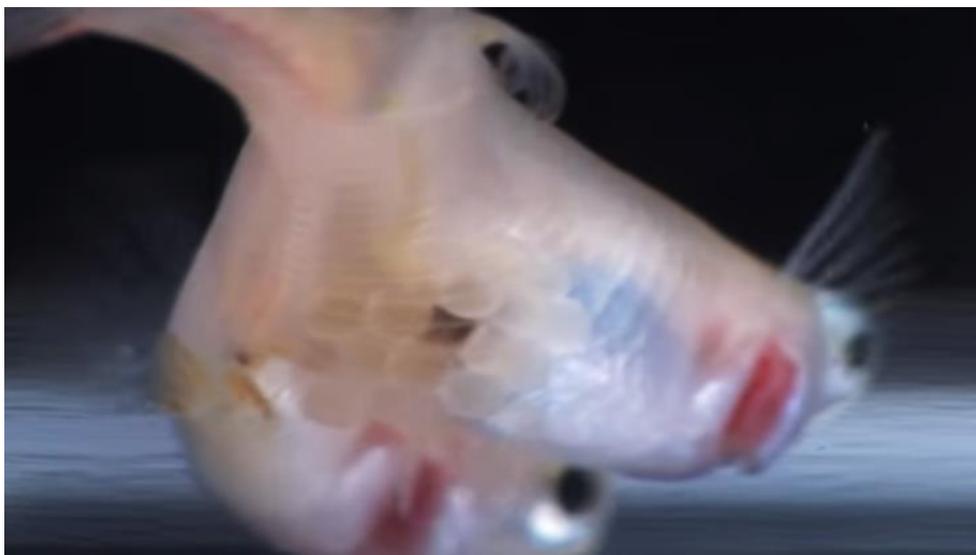


Figura 11. Fertilización del macho a la hembra con ovocitos maduros.



Figura 12. Hembra *P. reticulata* con mancha negra cerca del orificio genital indicador que el parto se acerca.



Figura 13. Expulsión de alevin *P. reticulata* por viviparidad.



Figura 14. Presencia del saco vitelino en alevín de *P. reticulata*.



Figura 15. Expulsión de la membrana que protegía al embrión.

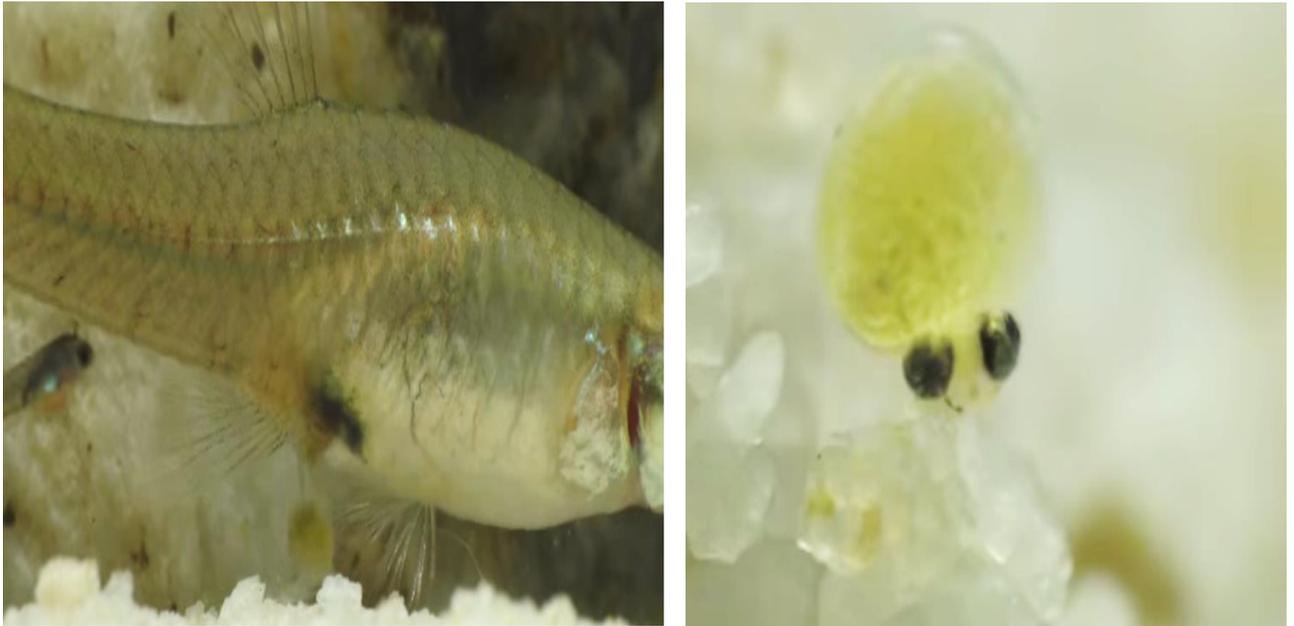


Figura 16. En algunas ocasiones son expulsados embriones en etapa de formación durante el parto, a la madre le servirá de alimento.



Figura 17. Alevín de *P. reticulata*, expulsado pero no pudo liberarse de la membrana protectora, morirá y servirá de alimento para la madre.

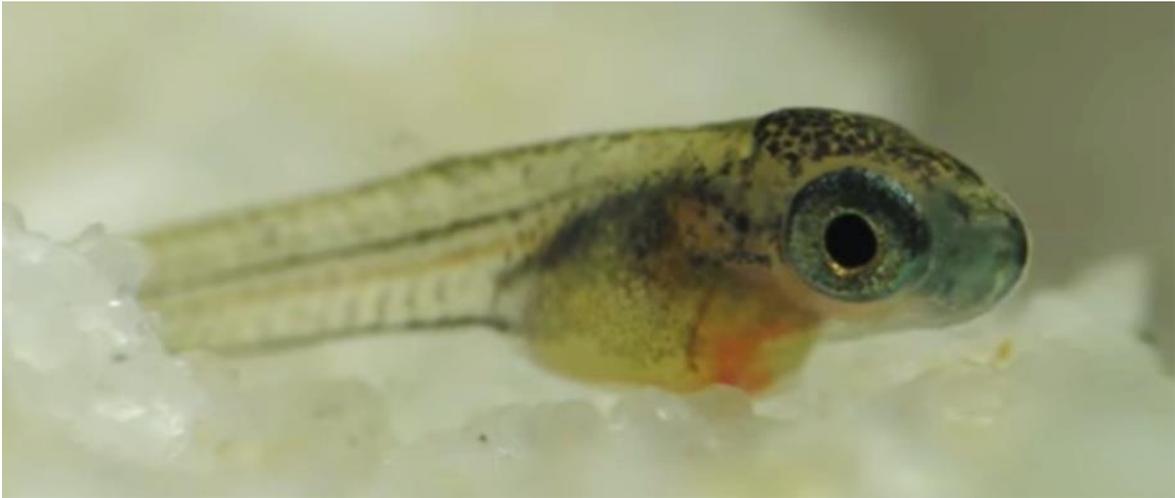


Figura 18. Alevín de *P. reticulata* integro. Presencia de saco vitelino, corazón y columna vertebral claramente visible.

4.4 DESARROLLO EMBRIONARIO EN PECES

El desarrollo embrionario, es un proceso complejo en el que la diferenciación celular y la proliferación ocurren simultáneamente pero a diferentes velocidades (Gould, 1977; Hall, 1992). Según Kimmel *et al.* (1995), las etapas iniciales del desarrollo embrionario en peces son casi idénticas para los vertebrados superiores e inferiores. El desarrollo embrionario de los peces, consta de siete etapas que culminan con la eclosión. Estas etapas son el período cigótico, el período de clivaje, de blástula, de gástrula, de segmentación, de faríngrula y finalmente, la eclosión.

Implantación: El desarrollo embrionario de los peces comienza luego de la implantación con el período cigótico.

En este momento se desarrolla una célula que se ve como una media burbuja. Esto dura aproximadamente 45 minutos en una célula de 0,7 mm de diámetro. El corion, también conocido como envoltura, crecerá y se retirará del huevo fecundado (Fig. 19).



Figura 19. Etapa inicial: cigoto estadio uno célula a las 00:00hrs.

Período de clivaje: La siguiente etapa del desarrollo embrionario le permite al pez acumular rápidamente nuevas células. Mientras ocurre el clivaje, las células se

dividirán cada 15 minutos. Dependiendo de la complejidad del pez, este ciclo durará de 45 minutos a 2 horas y media (Fig. 20).

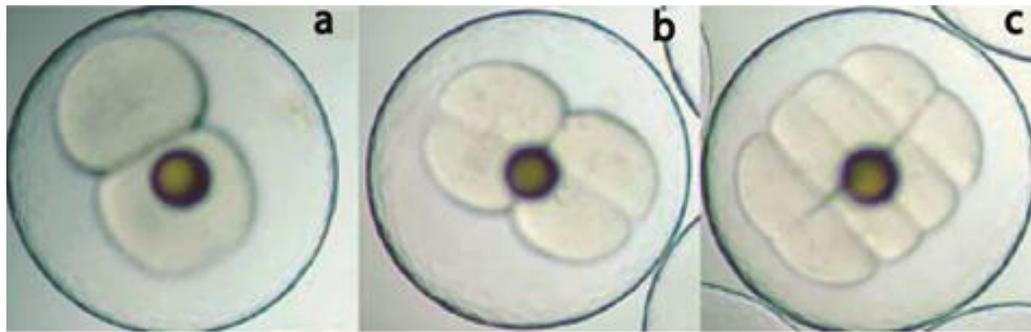


Figura 20. Periodo de clivaje: a) Embrión de dos células; b) Embrión de cuatro células; c) Embrión de ocho células.

Período de blástula: Dependiendo de la especie del pez, el período de blástula durará de 2 horas y cuarto hasta 5 horas y cuarto. Durante este momento el embrión continúa acumulando nuevas células y comenzará el proceso de epibolia. La epibolia es un proceso en el que el vitelo de la capa sincitial y los blastodisco se afinen y se distribuyan sobre la célula vitelina. Esto proporciona el vitelo que sirve como alimento para el embrión en crecimiento (Fig. 21).

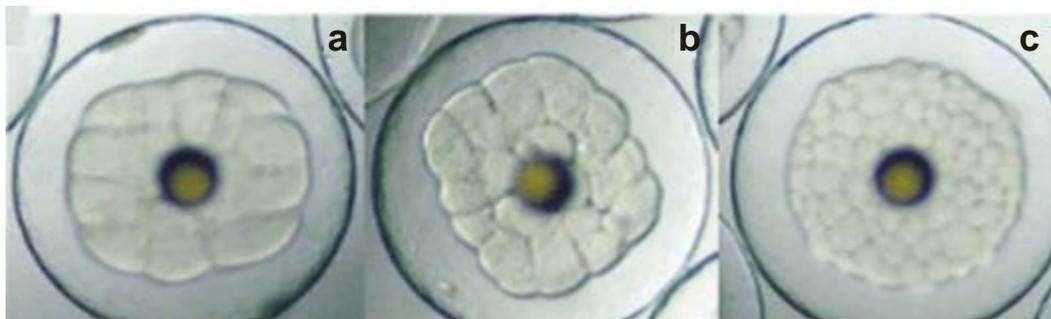


Figura 21. Periodo de blástula: a) Embrión de 16 células; b) Embrión de 32 células; c) Embrión en mórula.

Periodos de gástrula y Farínula: El período de gástrula durará entre 5 horas y cuarto a 10 horas. Durante esta etapa los órganos comenzarán a hacerse visibles y la cola en desarrollo se hará más prominente (Fig. 22).

También se alarga la estructura embrionaria. Luego aparece el período farínula, donde el pez comenzará a mostrar órganos completamente formados. Esto puede durar entre 24 y 48 horas. Durante este período es donde se puede hacer una distinción entre el desarrollo embrionario de vertebrados superiores e inferiores (Fig. 23-27).

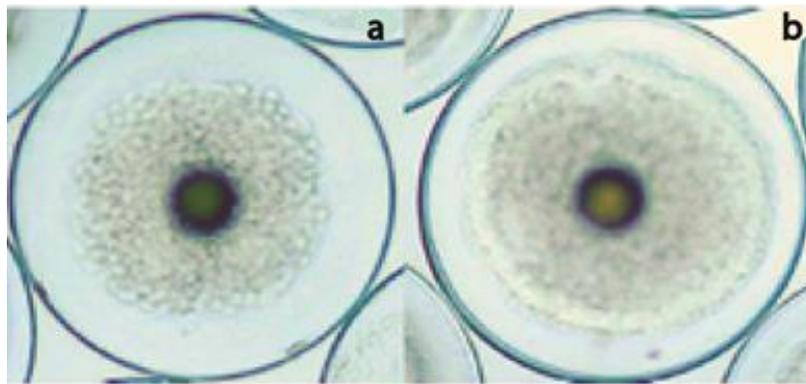


Figura 22. Periodo de gástrula: a) Masa de células pequeñas; b) formación del anillo.

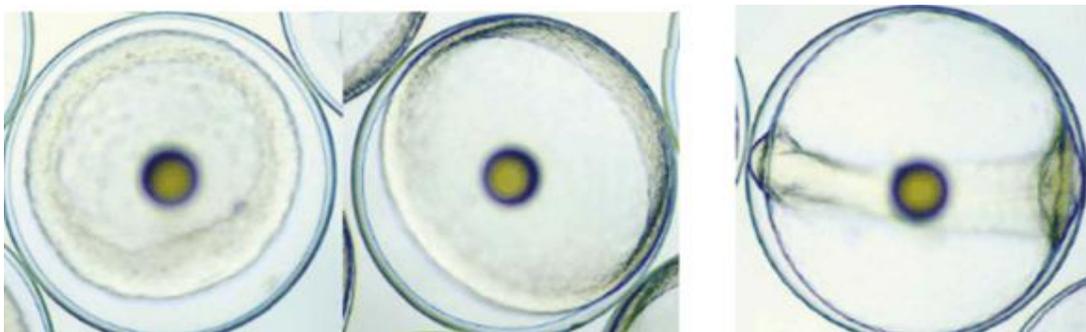


Figura 23. Periodo de farínula: a) Epibólía al 50%; b) Convergencia del borde del blastodisco; c) Inicia la formación del escudo embrionario.

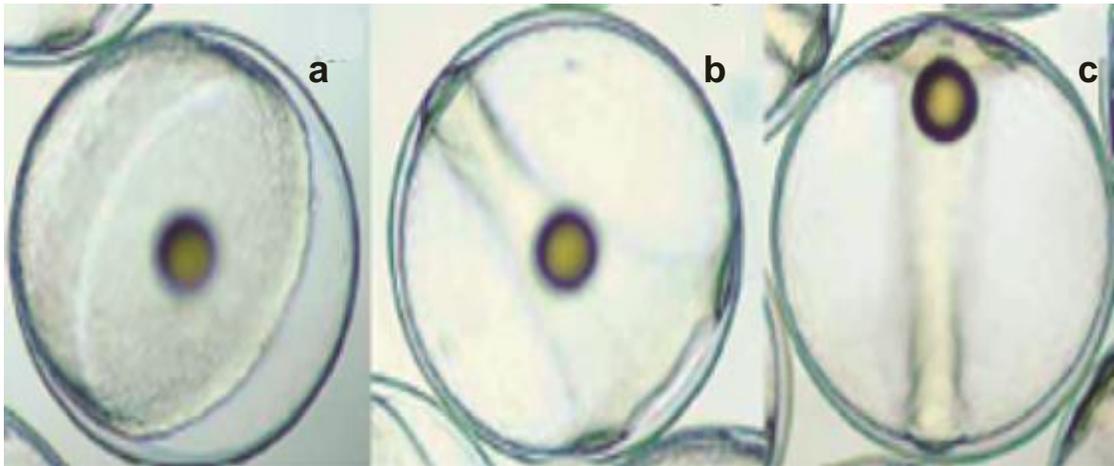


Figura 24. Periodo de farínula: a) Formación de la cresta embrionaria; b) epibólía en 30%; c) Se observa cabeza y cola, presencia de 10 a 12 somitas.

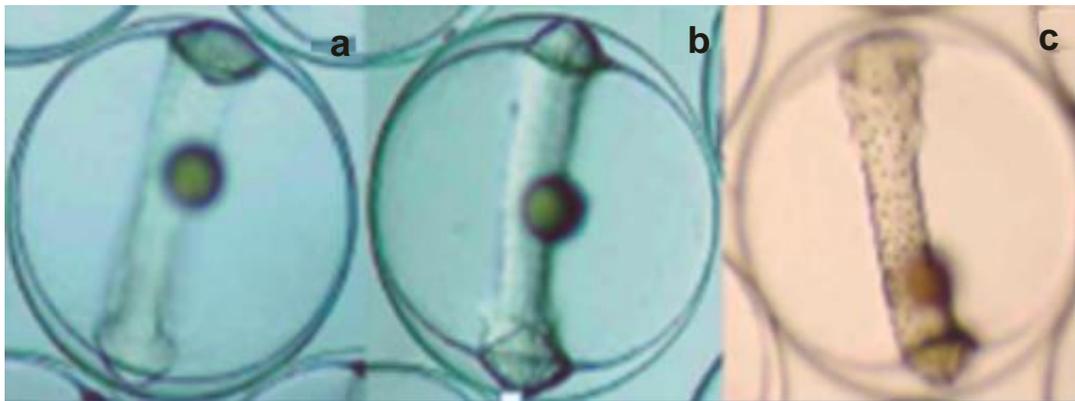


Figura 25. Periodo de farínula: a) Notocorda bien diferenciado; b) Inicia separación del saco vitelino de la periferia; c) Notocordio pigmentado.

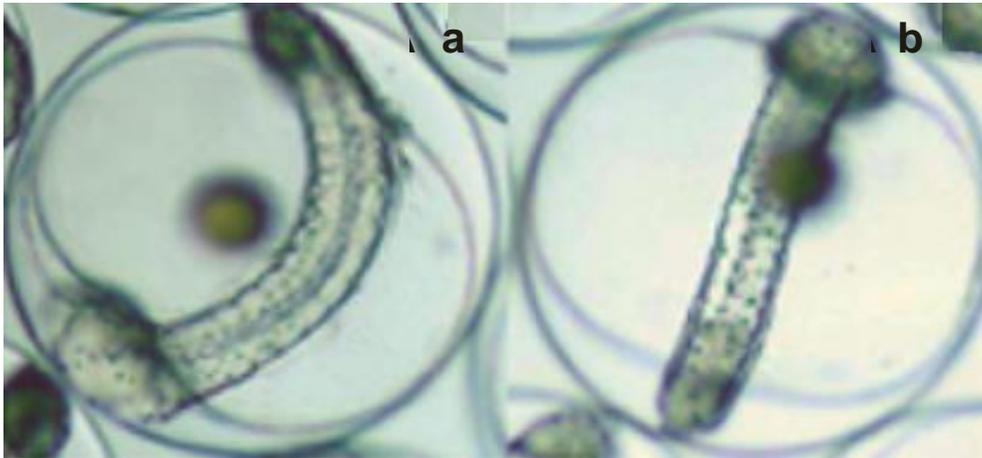


Figura 26. Periodo de farínula; a) Melanóforos en cabeza pigmentados, vesícula de Kupffer; b) Mímeros formados y cromatóforos distribuidos en la parte dorsal del cuerpo.

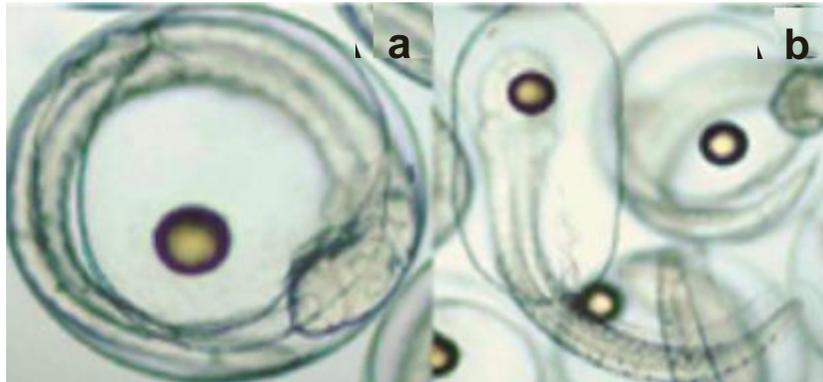


Figura 27. Periodo de farínula: a) Embrión ocupando todo el espacio; b) Inicio de la eclosión.

Eclosión: Durante las siguientes 48 a 72 horas se desarrollan los indicadores externos del pez. Las agallas, la mandíbula y las aletas pectorales crecen a gran velocidad. Una vez que se completa el desarrollo embrionario el diminuto pez está listo para eclosionar. Durante los próximos días, emergerán las larvas de los huevos a diferentes velocidades, listas para esconderse y crecer en su nuevo hábitat (Kimmel *et al.*, 1995) (Fig. 28).

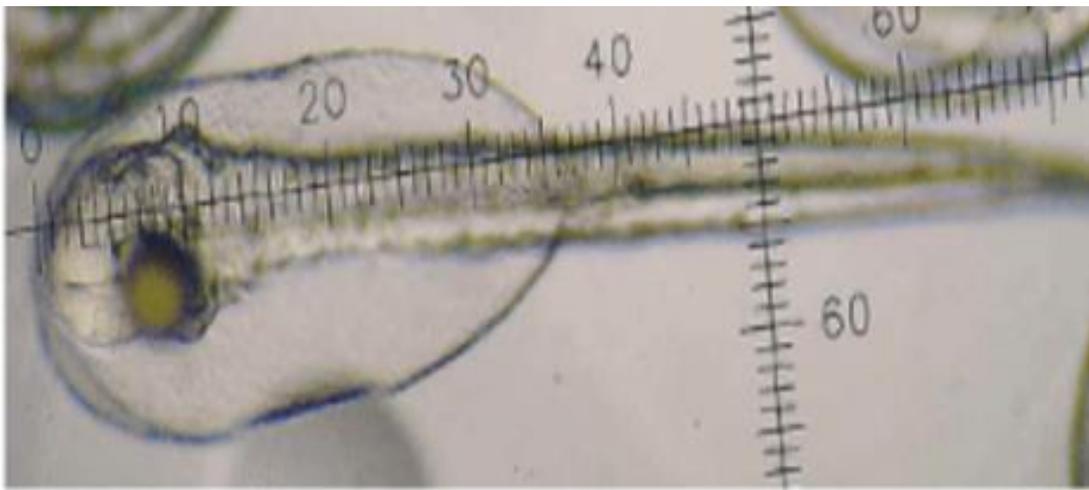


Figura 28. Larva de *Lutjanus colorado*. Tomado de Abdo- De la Parra *et al*, 2014.

4.5 DESARROLLO EMBRIONARIO EN LA FAMILIA POECILIIDAE

En las especies vivíparas como son los Poecílicos, la madre y los embriones desarrollan relaciones ontogenéticas, morfológicas, tróficas y fisiológicas (Wourms, 1981).

La viviparidad proporciona protección a los descendientes durante su etapa de vida más vulnerable, así como la posibilidad de transportarlos a localidades con mejores condiciones de desarrollo, como temperaturas favorables o ausencia de depredadores (Thibault y Schultz, 1978).

Por otro lado, la viviparidad aumenta los costos energéticos para la hembra, lo que lleva a una reducción en el tamaño de la cría (Wourms, 1981). Sin embargo, la reducción en el tamaño de la cría se ve compensada por un mayor tamaño y mayores tasas de supervivencia de los descendientes (Thibault y Schultz, 1978).

Aunque los teleósteos no poseen órganos específicos para la gestación, muestran gran ingenio para incubar los embriones en el ovario (Turner, 1940; McMillan, 2007).

La familia vivípara Poeciliidae, es uno de los cuatro grupos de formas de Cyprinodontia que desarrolló la fertilización interna, asociada con la modificación del analín masculino, llamado gonopodio (Wourms, 1981; Vazzoler, 1996).

Esta familia, tiene gestación folicular, que consiste en mantener la cría en desarrollo dentro del folículo ovárico hasta que los jóvenes son expulsados a través del lumen ovárico solo en el momento del nacimiento, por efecto de la contracción de los músculos ventrales en la madre (McMillan, 2007; Rocha *et al.*, 2010).

Este tipo de gestación, se ha descrito en las familias Clinidae, Poeciliidae, algunas especies de la familia Labrisomidae, Hemiramphidae y para el género *Anableps* (Anablepidae) (Schindler y Hamlett, 1993).

Las especies vivíparas, presentan dos formas básicas de nutrición embrionaria, matrotrofia y lecitotrofia, con formas intermedias entre ellas (Blackburn, 1992).

En el primero, el embrión se nutre solo por la reserva de yema, acumulada antes de la fertilización, como ocurre en los animales ovíparos. En este caso, el folículo ovárico es casi una cámara pasiva sin modificaciones importantes, que hospeda simplemente a los embriones en desarrollo (Wourms, 1981; McMillan, 2007).

La matotrofia, ocurre cuando la yema presente en el huevo es escasa y la madre transfiere los nutrientes al embrión después de la fertilización (Wourms, 1981).

Este tipo de transferencia de nutrientes materno-fetal, se produce de formas diferentes, no exclusivas, de la oofagia, en la cual el apoyo nutricional proviene de huevos circundantes, a la placentotrofia, caracterizada por la transferencia de nutrientes a través de la placenta (Blackburn *et al.*, 1985). Una placenta es una aposición o fusión de órganos embrionarios y maternos que permite el intercambio de sustancias entre la madre y la descendencia (Blackburn, 1992; Pollux *et al.*, 2009).

La placenta corioalantoidea (el tipo más común en los mamíferos) se considera el tipo más especializado (Blackburn, 1992; Pollux *et al.*, 2009), pero existen tipos más simples, como la placenta folicular.

En este caso, el epitelio folicular se modifica de tal manera que aumenta su superficie de contacto a través de la formación de vellosidades. A su vez, el embrión coloca su saco pericárdico y su saco vitelino, ambos expandidos y ricamente vascularizado, junto al epitelio folicular, para intercambiar nutrientes y desechos (Wourms, 1981; McMillan, 2007).

En los huevos ricos en yema, el epitelio folicular simplemente se vuelve fibroso, vascular e íntimamente relacionado con el saco pericárdico agrandado el embrión, como se puede encontrar en algunos Poecílicos hembras. Aparentemente, el único mecanismo de transporte transplacentario es la micropinocitosis, y pueden observarse vesículas micropinocíticas en cada capa celular que los nutrientes deben cruzar para llegar al embrión (McMillan, 2007).

En *Heterandria formosa*, un pez cyprinodonte vivíparo de la familia Poeciliidae, casi toda la nutrición para el desarrollo embrionario se obtiene de la madre después de la fertilización a través de una asociación pseudoplacental (Scrimshaw, 1945).

Existen asociaciones similares aunque menos complicadas entre la madre y el embrión en otras especies de esta familia (Turner, 1937, 1940). Estas especies son en su mayoría consideradas ovovivíparas. La distinción se basa en la diferencia entre las formas de vida que retienen un huevo con un suministro completo de alimento para el desarrollo y aquellos cuyos embriones reciben alimento de la madre. Estos últimos se consideran verdaderamente vivíparos.

Turner (1937), se refirió a todas las especies de Poeciliidae como ovovivíparas. Obviamente usó este término en un sentido general porque sugirió al discutir los datos de Bailey (1933) que *Xiphophorus helleri* podría recibir alimento del padre. Turner (1937), también señaló que el pequeño huevo de *Heterandria* no puede contener suficiente alimento para explicar el tamaño de las larvas y sugirió que las células foliculares que rodean el embrión transmiten alimento.

Es cierto que la mayoría de los peces Poecílicos dependen más de la yema depositada antes de la fertilización que de la alimentación suministrada por la madre después de ese momento. Sin embargo, la evidencia que se presenta a continuación muestra que los miembros de esta familia consumen alimento fuera del contenido en la yema y, por lo tanto, no son ovovivíparos en el estricto sentido de la palabra.

4.6 INTERCAMBIO MATERNO-FETAL DE NUTRIENTES EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO EN LA FAMILIA POECILIIDAE

Para la familia Poeciliidae, la madre controla el entorno del embrión en desarrollo, especialmente, para el intercambio de nutrientes, gases, osmorregulación y excreción. En consecuencia, el crecimiento está limitado por la capacidad de los tejidos maternos para cubrir las necesidades de los embriones en desarrollo (Wourms *et al.*, 1988).

Según Amoroso *et al.* (1979), las hormonas deben haber jugado un papel clave en la evolución de la viviparidad, de los Poecílidos ya que la influencia endocrina en el apareamiento, gestación, relaciones madre-alevín, desarrollo de estructuras placentarias, superfetación (desarrollo simultáneo de más de una camada) y parto.

Podría parecer que la ocurrencia temporal de los eventos endocrinos, normalmente asociados a la ovulación y la puesta de huevos en especies ovíparas, ha sido alterada en las especies vivíparas (Grier *et al.*, 2009).

Turner (1942), demostró que la ruptura del folículo y la liberación del embrión son morfológicamente idénticas al proceso de ovulación. En especies con superfetación, solo los embriones a término son liberados del folículo al lumen ovárico, el resto de los embriones se mantiene dentro de los folículos y continúa su desarrollo (Wourms *et al.*, 1988; Uribe y Grier, 2011).

Tales cambios en la regulación endocrina pueden haber incluido la regulación del desarrollo folicular a través de mecanismos de retroalimentación en el tiempo de ovulación, en la regulación de la relación trófica entre la madre y los embriones (asociaciones morfológicas, osmorregulación del ambiente del embrión, relaciones tróficas) y en el control del parto (Amoroso *et al.*, 1979).

En especies con gestación intrafolicular se ha descrito que tanto la superficie del cuerpo como la faringe del embrión son sitios de absorción de nutrientes. Las especializaciones morfológicas asociadas con la absorción de nutrientes varían entre

especies y el sitio de absorción puede cambiar durante el desarrollo (Fraser y Renton, 1940, Turner, 1947; Wourms *et al.*, 1988).

En los Poecílidos, el saco pericárdico y el saco vitelino son considerados como los sitios primarios de intercambio de metabolitos y están ampliamente vascularizado (Turner, 1940; Scrimshaw, 1944, 1945; Fraser y Renton, 1940; Jollie y Jollie, 1964; Depeche, 1970, 1973).

La cercana aposición de estos sacos vascularizado embrionarios con el epitelio folicular de la madre constituye la placenta folicular (Wourms *et al.*, 1988; Schindler y Hamlett, 1993; Pollux *et al.*, 2009).

En varias especies de Poecílidos se ha descrito el alargamiento del saco pericárdico hasta cubrir totalmente la cabeza del embrión en desarrollo (Turner, 1940; Fraser y Renton, 1940; Tavolga y Rugh, 1947; Tavolga, 1949).

Este tipo de transferencia de nutrientes materno-fetal en Poecílidos se produce de formas diferentes, no exclusivas, de la oofagia, en la cual el apoyo nutricional proviene de huevos circundantes, a la placentotrofia, caracterizada por la transferencia de nutrientes a través de la placenta (Blackburn *et al.*, 1985).

Por otro lado los Poecílidos, durante la gestación la madre transmite a su progenie a través de la placenta lípidos, polisacáridos y proteínas, estos dos últimos se van absorbiendo quedando las reservas de lípidos en el saco vitelino disponibles para su nutrición después del parto (Arcanjo *et al.*, 2013).

Los embriones de la familia Poeciliidae, heredan antígenos de histocompatibilidad paternos que son extraños a la madre, pues no pueden heredar todos los antígenos de histocompatibilidad de la madre. Existen cuatro hipótesis para explicar la ausencia de reacciones de rechazo de los embriones por la madre: 1) inmadurez antigénica del feto; 2) indolencia inmunológica de la madre; 3) existencia de estructuras anatómicas que actúan como barreras materno-fetales y 4) el útero, y el ovario en teleósteos, como sitios inmunológicamente privilegiados en el cual las reacciones inmunes a trasplantes se suprimen o se inhiben (Wourms *et al.*, 1988).

4.7 IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LOS ESTADIOS DE DESARROLLO EMBRIONARIO DE LA FAMILIA POECILIIDAE

En el desarrollo embrionario para la familia Poeciliidae, Arcanjo *et al.*, (2013), describe el desarrollo embrionario de *Poecilia vivipara* en las siguientes etapas:

4.7.1 PRIMERA ETAPA

El ovocito es pequeño, blanco y opaco. Está en vitelogénesis intensa, como lo indica la presencia de muchas vesículas de yema. Su membrana forma vellosidades en contacto con la capa de células foliculares, que rodean al ovocito. El núcleo posee nucléolo y un sobre arrugado nuclear, la flecha indica que el ovocito está en primera etapa (Fig. 29).



Figura 29. Desarrollo embrionario en *Poecilia vivipara*. Ovocito en la primera etapa (flecha), blanco e inmaduro.

4.7.2 SEGUNDA ETAPA

El ovocito es amarillo oscuro con gotas de aceite que se pueden observar por transparencia. El proceso de vitelogénesis se infiere de la presencia de vesículas, principalmente en la periferia celular. El ovocito está rodeado por una capa de células foliculares coloidales, que forman el epitelio folicular.

El folículo se encuentra alrededor del lado externo de este epitelio. Entre el ovocito y el epitelio folicular, está la envoltura vitelina, una capa celular translúcida (Fig. 30).

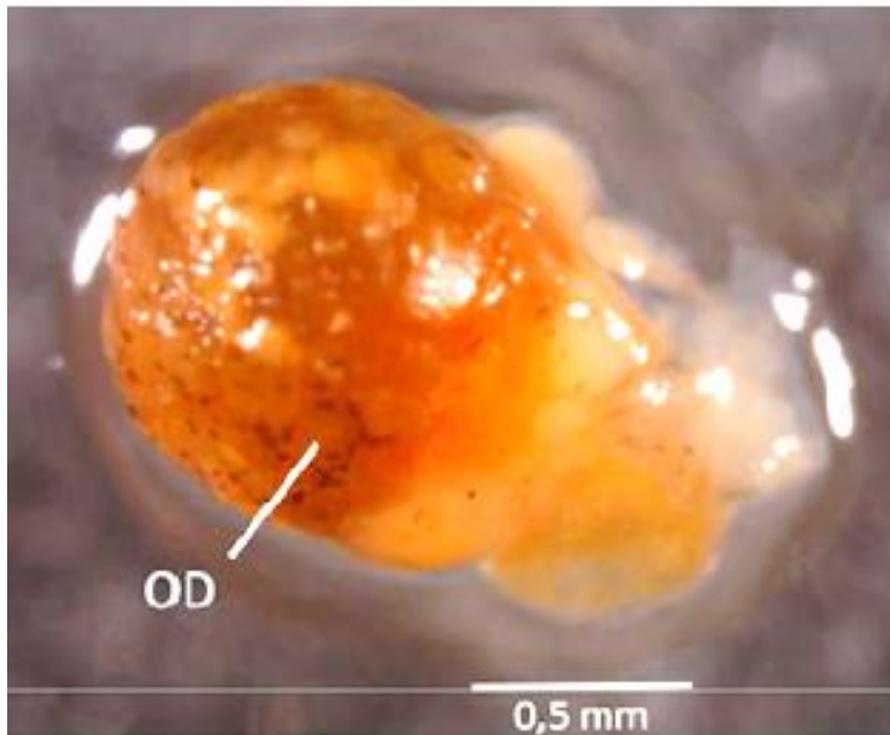


Figura 30. Segunda etapa del desarrollo embrionario con óvulo en desarrollo con gotas de aceite (OD).

4.7.3 TERCERA ETAPA

El ovocito está en el final de la vitelogénesis y es amarillo dorado, translúcido y lleno de gotitas de aceite (OD) igualmente dispersas. El ovocito madura y está listo para la fertilización. Las vesículas que almacenan la yema ya no se restringen a la periferia de la célula y se producen también en el centro del ovocito. Esto indica la síntesis intraocitos de yema.

El epitelio folicular se vuelve columnar, lo que indica una producción intensa y secreción de reservas nutricionales para el ovocito (Fig. 31).

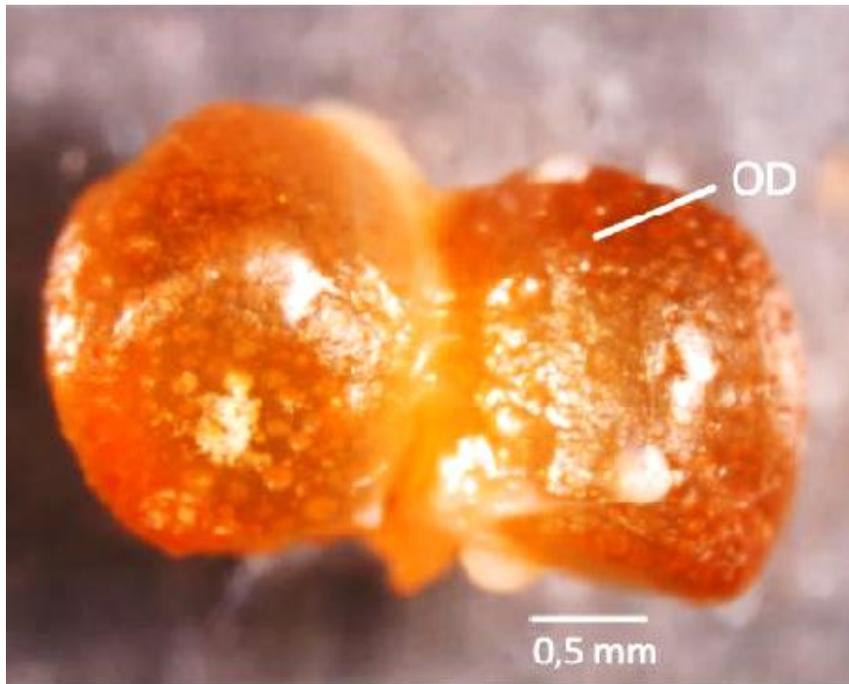


Figura 31. Ovocito en la 3ra etapa mostrando sus capas circundantes. Vista estereoscópica.

4.7.4 CUARTA ETAPA

El ovocito ha sido fertilizado. El blastodisco (B) ya se observa como una mancha blanca en la superficie de la yema (Y). Las gotas de aceite (OD) se producen debajo del embrión, dispersadas de forma irregular. El embrión posee células binucleadas, lo que indica una gran actividad mitótica y una intensa excitación (Fig. 32).

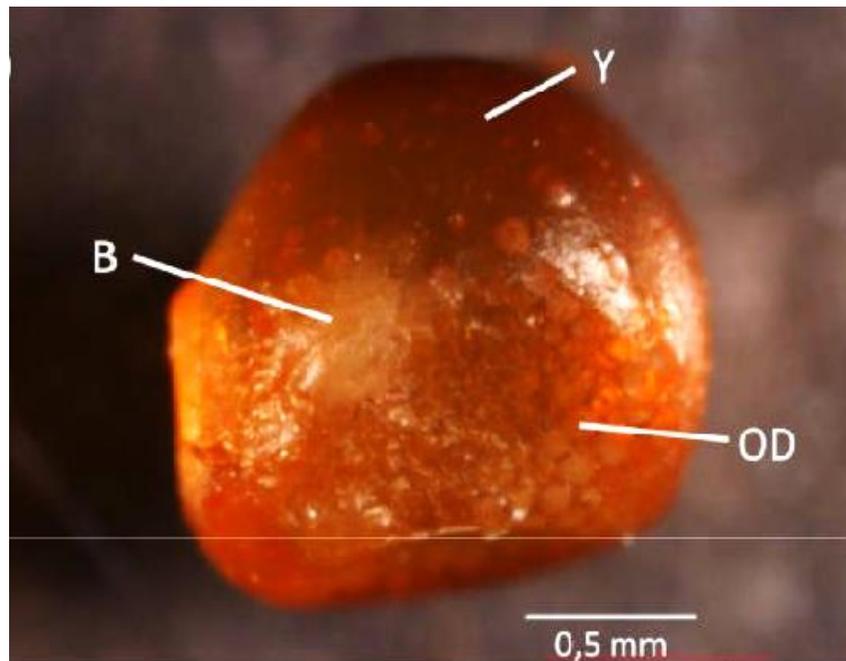


Figura 32. Embrión en la 4a etapa visible como blastodisco.

4.7.5 QUINTA ETAPA

El embrión es visible como una delgada línea blanca en la periferia del huevo. Bajo microscopio estereoscópico, se observa una reducción en la cantidad de gotas de aceite. En mayor magnificación, el embrión es alargado y está situado en el polo de los huevos. En la región de la cola, las células mesodérmicas se organizan en grupos formando somitas (Fig. 33).

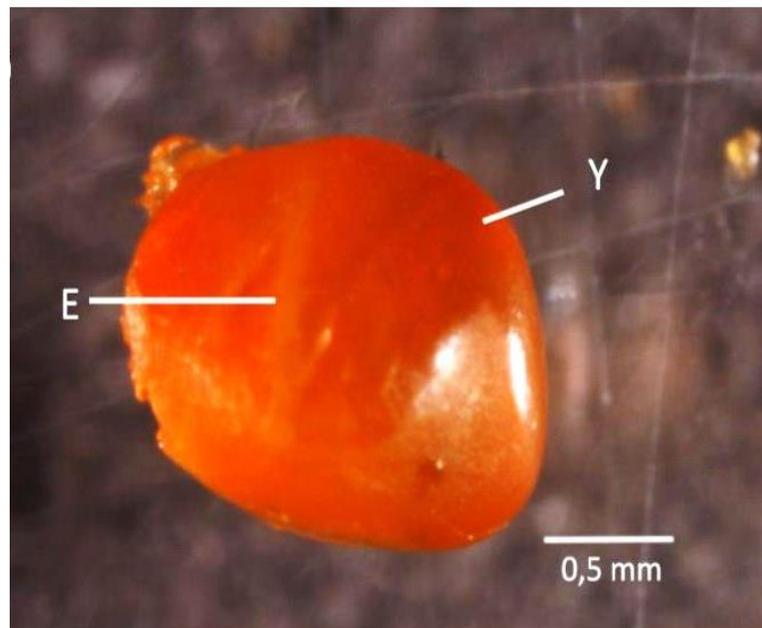


Figura 33. Embrión en la 5a etapa.

4.7.6 SEXTA ETAPA

El embrión tiene cabeza (H) y tronco (Tr) alrededor de la yema. Su cabeza es grande en comparación con el tronco y parece estar sumergida en yema, aunque existe una capa sincitial de yema continua entre las células embrionarias y la yema. El globo óptico (EY) está presente pero no completo. Aparece pigmentación corporal (P), principalmente en la parte superior de la cabeza.

Bajo el microscopio se puede apreciar el embrión, tiene encéfalo, cartílago, corazón rudimentario y ojos, sin lente y con capas de retina en proceso de diferenciación (Fig. 34).

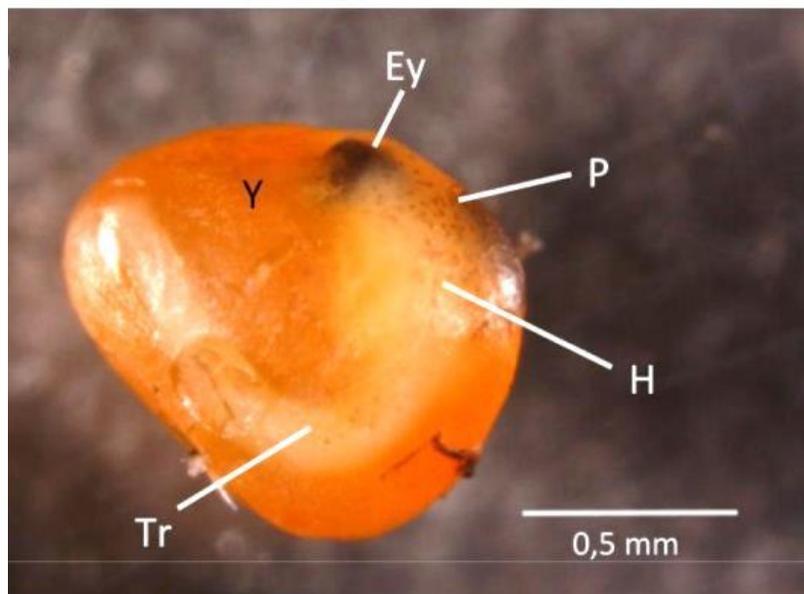


Figura 34. Embrión en la 6a etapa, que evidencia la región de la cabeza con el desarrollo temprano de algunos órganos.

4.7.7 SEPTIMA ETAPA

El embrión aún tiene la cabeza más grande que el tronco y tiene los ojos (Ey) agrandados y mejor desarrollados, pero no completos. Se observan yemas caudales y pectorales. La pigmentación (P) se manifiesta en la cabeza. Cuando se observa bajo el microscopio, el embrión tiene ojos con lente y algunas capas de retina, pero carece de capa de pigmento retinal.

El nervio óptico conecta la porción interna de los ojos con el encéfalo, formando el quiasma óptico. Se puede observar la cavidad bucal, la lengua y el cartílago de las branquias. La notocorda y el tubo neural permanecen evidentes, y el epitelio de cobertura sigue siendo indiferenciado y simple (Fig. 35).

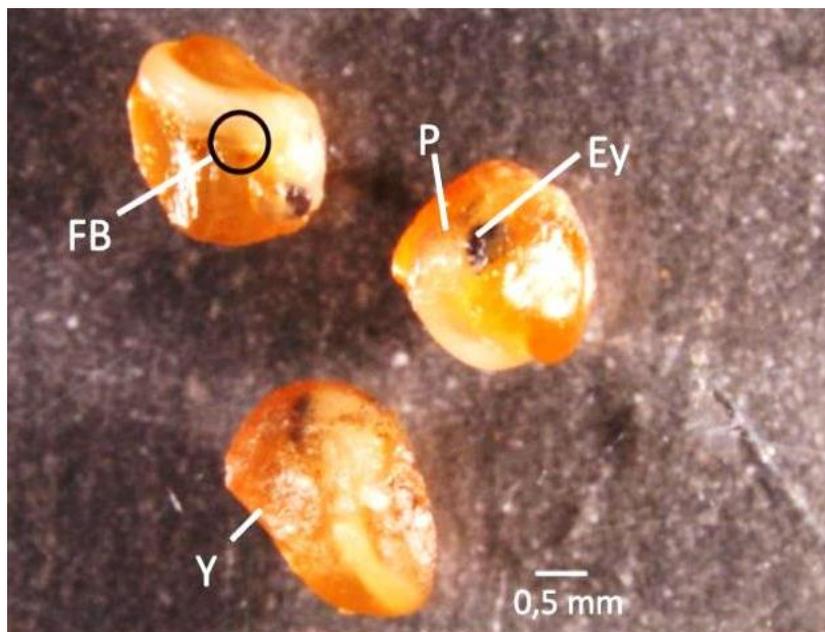


Figura 35. Los embriones en la séptima etapa se observaron macroscópicamente y microscópicamente, destacando vesículas de yema.

4.7.8 OCTAVA ETAPA

El embrión circunscribe la masa de la yema (Y), que tiene aspecto granular. La pigmentación corporal (P) alcanza la cola. Los ojos (Ey) están más desarrollados. El embrión es más robusto, con tronco más grande y fibras desarrolladas. Aunque su hocico todavía parece estar sumergido en la yema, sus ojos ya están libres. Microscópicamente, el embrión tiene ojos bien desarrollados con retina compuesta de varias capas, pero que carece de capa de pigmento retinal.

El encéfalo, las branquias, la faringe, el intestino y el hígado son visibles. La porción de la cola tiene vértebras y notocorda rodeadas por los miómeros (Fig. 36).

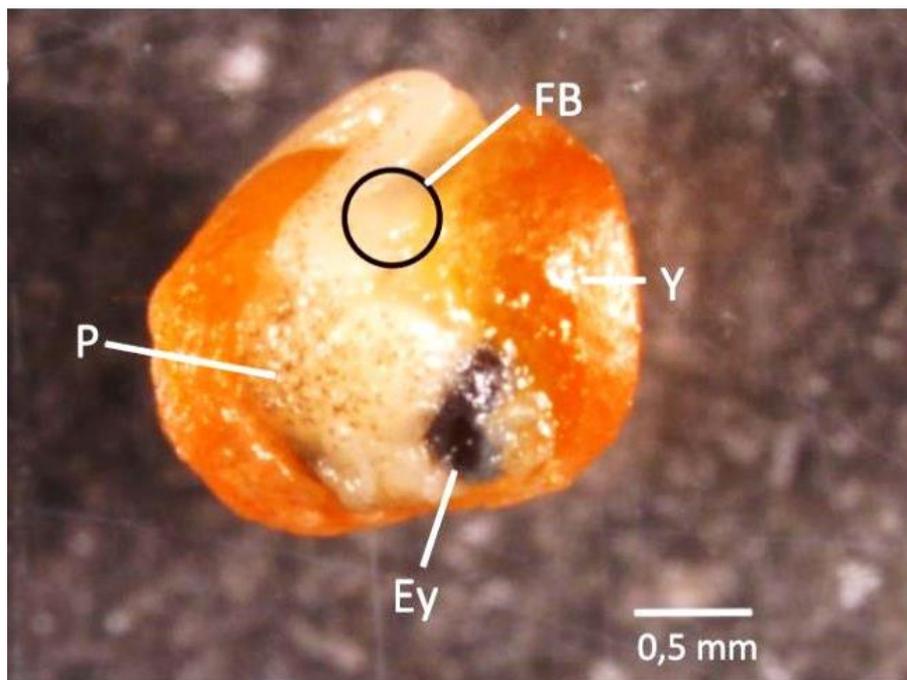


Figura 36. Desarrollo embrionario en *Poecilia vivipara*. Vista estereoscópica del embrión en la 8ª etapa y su sección histológica que muestra las estructuras de la cabeza.

4.7.9 NOVENA ETAPA

El embrión está bien desarrollado con todo el cuerpo pigmentado. Tiene aletas caudal y dorsal, y la aleta caudal está flexionada sobre la cabeza. La yema (Y) está muy reducida y conectada a la porción media del embrión. Microscópicamente, se observan los vestigios de encéfalo (CF) y notocorda (N). El embrión ya ha formado agallas, corazón, faringe, intestino, hígado, páncreas, riñón y vejiga urinaria. Las aletas tienen rayos osificados, y el epitelio que cubre todo el embrión volviéndose escamoso, pero sin escamas. En la porción de la cola, la médula espinal y las vértebras se observan entre los miómeros. La capa de pigmento retinal está presente, la masa de yema reducida se conecta al embrión mediante periblasto, que termina en una estructura fusiforme compuesta por tejido embrionario (células epiteliales y musculares) fusionadas a la región de la cola (Fig. 37).

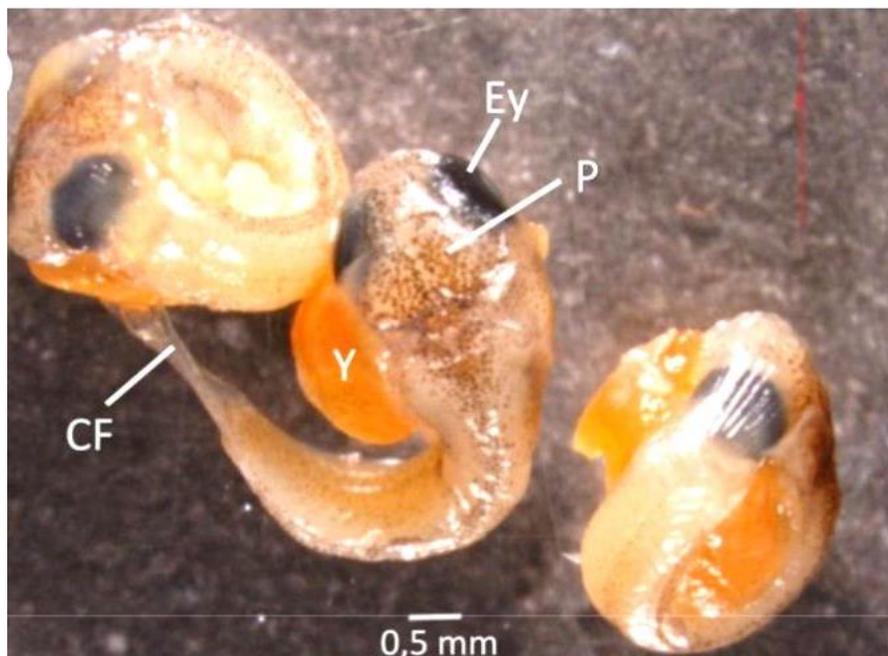


Figura 37. Embriones en la novena etapa de desarrollo observados macroscópicamente apreciándose todas sus características fenotípicas.

4.7.10 ETAPA DIEZ

La cola todavía está flexionada sobre la cabeza. El embrión tiene todas las aletas, el opérculo (O), la pigmentación intensa y la yema (Y) casi totalmente absorbida. Bajo el microscopio, el encéfalo (CF) y los ojos están completos y ocupan dos tercios de la cabeza. Los vestigios de la notocorda y la médula espinal están presentes en la porción de la cola, rodeada por vértebras. Intestino, hígado, riñón, branquia, miómeros bien de finidos y los rayos están presentes. El epitelio escamoso de cobertura ahora tiene escamas (Fig. 38).

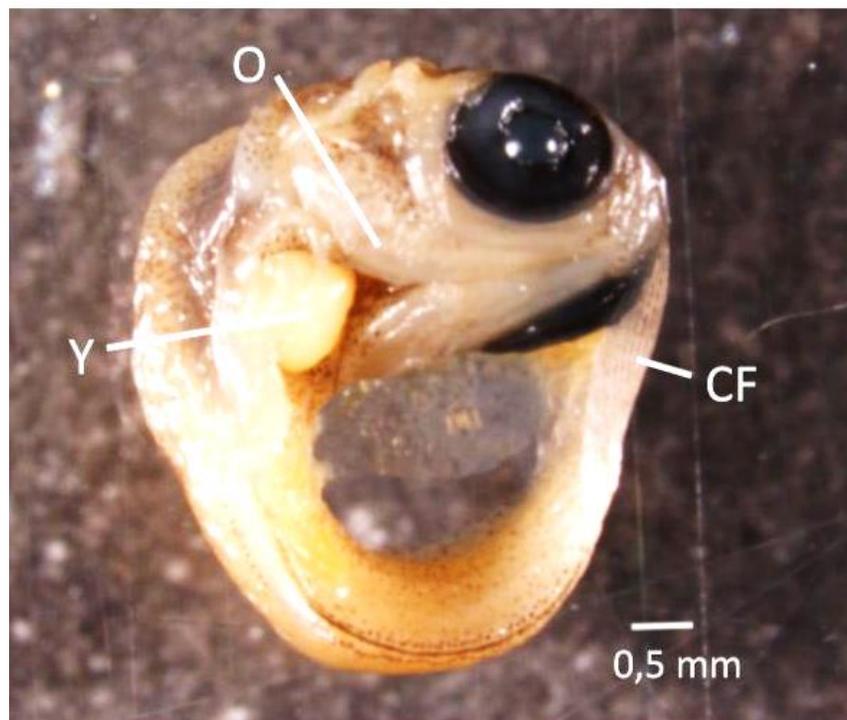


Figura 38. Embrión en la etapa 10, mostrando sus principales órganos, y manchas, cavidad bucal; encéfalo CF, aleta caudal; Y, yema; O, opérculo.

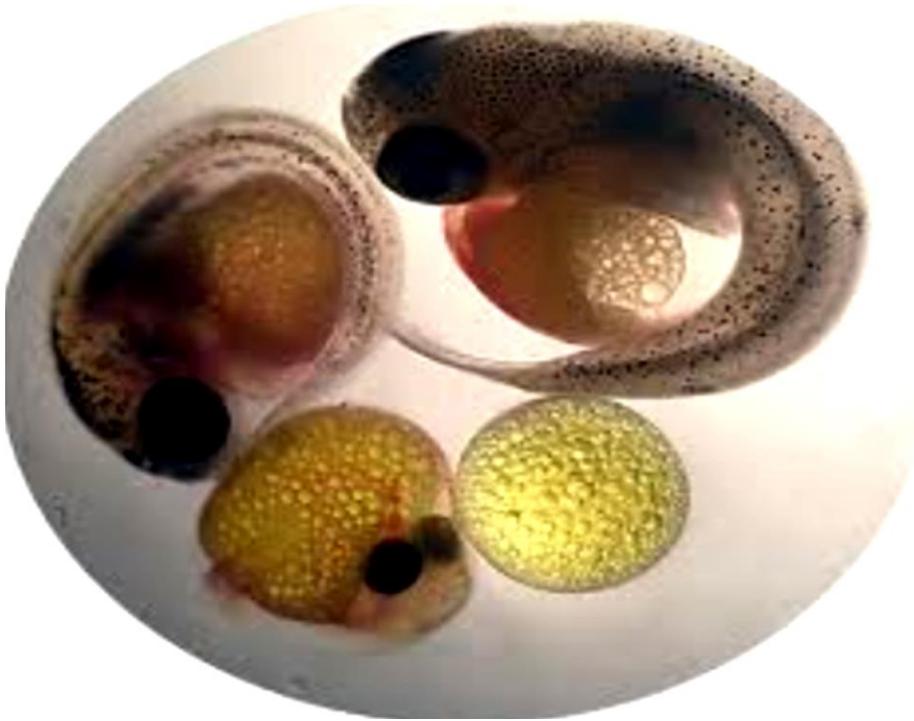


Figura 39. Embriones en distintos estadios de desarrollo que pertenecen a una misma hembra del genero *Gambusia*.

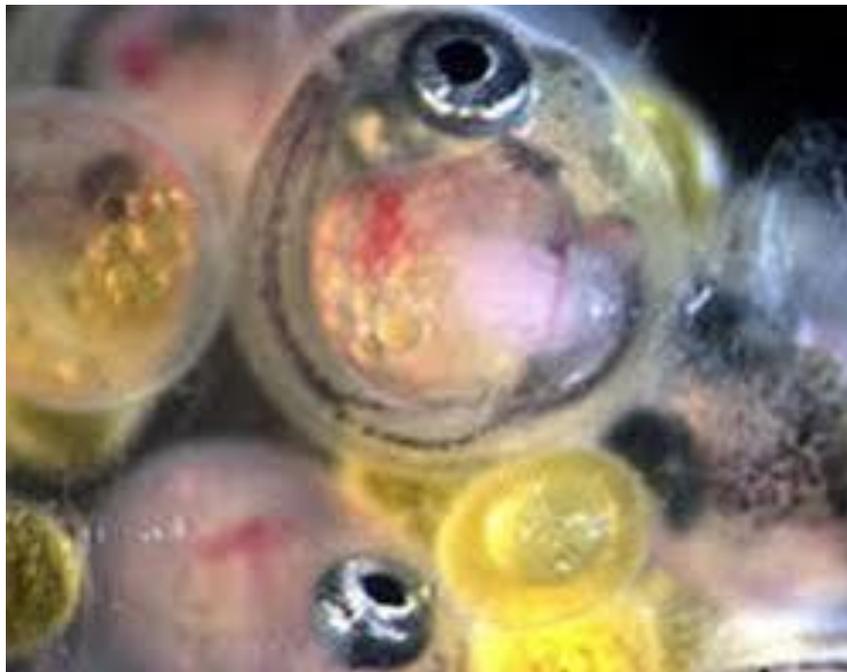


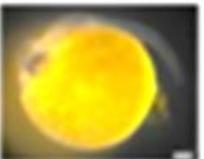
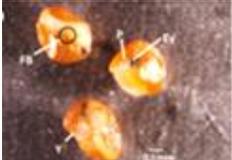
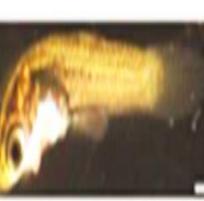
Figura 40. Embriones de *Poeciliopsis prolifica* con gran cantidad de vitelo.

4.8 ANÁLISIS COMPARATIVO DEL DESARROLLO EMBRIONARIO EN DIFERENTES ESPECIES DE POECILIDOS

A pesar de tener un consenso en las etapas del desarrollo embrionario en la familia Poeciliidae, existen especies con registros inferiores o superiores a los 10 estadios de desarrollo embrionario (Tabla 3).

TABLA 3. Desarrollo embrionario de especies de la familia Poeciliidae.

Estadio	<i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)	<i>Poecilia reticulata</i> (Martyn et al.,2006)	<i>Poeciliopsis infans</i> (Silva-Santos,2005)	<i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo et al.,2014)
1				
2				
3				
4				
5				
6				

7				
8				
9				
10				
11				

4.8.1 ESTADIO UNO

En este sentido, algunos autores coinciden que en el desarrollo embrionario para la familia Poeciliidae en su primer estadio es que el saco que contiene los ovocitos presenta disparidad en la madurez de los ovocitos (Tabla 4).

Tabla 4. Comparación para el estadio uno, en diferentes especies de la familia Poeciliidae

Especie	Estadio 1
<i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)	Óvulos pequeños de color blanco, distribuidos por todo el ovario y empaquetados frecuentemente en una masa vitelina
<i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i> , 2006)	Óvulos en diferentes etapas de madurez, adheridos por todo el ovario.
<i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)	Presenta ovocitos primarios de coloración blanca y ovocitos en la fase de vitelogénesis que se convertirán en primeros ovocitos maduros adheridos a la pared germinal del ovario
<i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo <i>et al.</i> , 2014)	El ovocito es pequeño, blanco y opaco en etapa de vitelogénesis intensa, como lo indica la presencia de muchas vesículas de yema. Vellosidades en contacto con la capa de células foliculares, que rodean al ovocito.

4.8.2 ESTADIO DOS

Los autores afirman que para el estadio dos, el ovocito contiene gran cantidad de vitelo en forma de gotas de grasas que se encuentran disperso por todo el ovocito (Tabla 5).

Tabla 5. Comparación para el estadio dos, en diferentes especies de la familia Poeciliidae

Especie	Estadio 2
<i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)	Óvulos completamente llenos de vitelo, se observa una coloración amarilla dorada translúcida y gotas de grasa dispersas uniformemente sobre la superficie del vitelo
<i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i> , 2006)	Óvulos contienen alto contenido de vitelo, se observa una coloración amarilla y transparente donde se aprecia la cantidad de lípidos.
<i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)	Además de encontrar ovocitos primarios, se encontraron ya ovocitos maduros con gotas lipídicas que se distribuyen homogéneamente en todo el ovocito
<i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo <i>et al.</i> , 2014)	El ovocito es amarillo oscuro con gotas de aceite. El proceso de vitelogénesis se infiere de la presencia de vesículas, principalmente en la periferia celular.

4.8.3 ESTADIO TRES

Los autores coinciden que en el estadio tres se presentan una mancha blanca presente en el vitelo y abundante grasa lipídica (Tabla 6).

Tabla. 6 Comparación para el estadio tres, en diferentes especies de la familia Poeciliidae

Especie	Estadio 3
<i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)	El embrión aparece como una cápsula pequeña blanca sobre la superficie del vitelo y se presentan gotas de grasa colapsadas bajo el mismo
<i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i> , 2006)	El embrión encapsulado con una pequeña mancha blanca sobre la superficie del vitelo y se presentan gotas de aceite
<i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)	El ovocito se vuelve de color amarillo claro homogéneo y los gránulos lipídicos tienden agruparse alrededor un granulo central en la parte especial del polo, estos ovocitos maduros se caracterizan por tener un disco central
<i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo <i>et al.</i> , 2014)	El ovocito está en el final de la vitelogénesis y es amarillo dorado, translúcido y lleno de gotitas de aceite.

4.8.4 ESTADIO CUATRO

Los autores observaron en el estadio cuatro, se presenta una mancha o línea, también llamada línea primitiva que atraviesa toda la parte central del embrión y existe abundante grasa (Tabla 7).

Tabla 7. Comparación para el estadio cuatro, en diferentes especies de la familia Poeciliidae

Especie	Estadio 4
<i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)	El embrión se presenta como una línea blanca en el centro de la cápsula con una longitud muy cercana a la mitad del diámetro del vitelo
<i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i> , 2006)	El embrión se presenta como una franja blanca en el centro del vitelo
<i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)	Se presentó un surco llamado línea primitiva que se convertirá en el embrión. Se observó que el blastodisco desaparece para darle paso a esta línea primitiva.
<i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo, <i>et al.</i> , 2014)	Se observa como una mancha blanca en la superficie de la yema. Las gotas de aceite se producen debajo del embrión y están dispersadas de forma irregular.

4.8.5 ESTADIO CINCO

En este estadio cinco, los autores registran que está presente la región cefálica y la cavidad ocular, presentando su respectiva pigmentación (Tabla 8).

Tabla 8. Comparación para el estadio cinco, en diferentes especies de la familia Poeciliidae.

Espece	Estadio 5
<i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)	Aparece una abertura óptica en el embrión y puede tener o no pigmentación en el ojo
<i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i> , 2006)	Están definidos donde estarán las cuencas oculares y se presenta claramente la región cefálica.
<i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)	Se observa que la línea primitiva comienza a presentar una regionalización corporal donde se define la región caudal en su forma cilíndrica, se identifica la región cefálica marcada con ensanchamiento en forma de diamante que en su interior contiene los primordios de los ojos
<i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo, <i>et al.</i> , 2014)	El embrión es visible como una delgada línea blanca en la periferia del huevo, el embrión es alargado y está situado en el polo de los huevos

4.8.6 ESTADIO SEIS

Para el caso del estadio seis, los autores coinciden que la formación cefálica es más grande que el tronco y que están presentes vasos sanguíneos que alimentan el embrión de nutrientes adquiridos de la madre, al igual que el ojo presenta más pigmentación que en el estadio anterior (Tabla 9).

Tabla 9. Comparación para el estadio seis, en diferentes especies de la familia Poeciliidae.

Especies	Estadio 6
<p><i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)</p>	<p>El embrión presenta un ojo que no está completamente pigmentado, la cabeza es más grande en comparación con el resto del cuerpo. Se observa un brote de las aletas caudal y pectoral. En muchos casos existe una pigmentación en la región dorsal y en la cabeza</p>
<p><i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>Se observa la región cefálica, el ojo está más pigmentado, se observa vasos capilares.</p>
<p><i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)</p>	<p>La formación del embrión se vuelve tridimensional se observa un incremento del tamaño del ojo y se evidencia la copa óptica, se observan vasos sanguíneos que alimentan al embrión, estos vasos desaparecerán después de unas horas de fijado.</p>
<p><i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo, <i>et al.</i>, 2014)</p>	<p>El embrión tiene cabeza y tronco alrededor de la yema. Su cabeza es grande en comparación con el tronco y parece estar sumergida en yema. Su pigmentación está definida en la cabeza del embrión.</p>

4.8.7 ESTADIO SIETE

En el estadio siete, los autores coinciden en que la pigmentación del ojo no ha alcanzado la madurez conveniente y que presentan ya pigmentaciones que caracterizan a ciertas especies de Poecílicos (Tabla 10).

Tabla 10. Comparación para el estadio siete, en diferentes especies de la familia Poeciliidae.

Especies	Estadio 7
<p style="text-align: center;"><i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrerá, 2007)</p>	<p>El embrión presenta el ojo completamente formado pero sin alcanzar su talla máxima. La región de la cabeza y la del tronco están bien proporcionadas. Presenta una pigmentación dorsal y a veces lateral. Se puede observar un brote de las aletas anal y dorsal. La aleta caudal con pequeños radios en formación. Generalmente, el hocico está enterrado en el vitelo hasta los ojos</p>
<p style="text-align: center;"><i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>Los ojos carecen de pigmento retinal lo que significa que aun todavía no logran el desarrollo adecuado, aparecen los pigmentos en la cabeza y en el dorso.</p>
<p style="text-align: center;"><i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)</p>	<p>Se caracteriza porque los ojos comienzan su pigmentación aunque todavía no alcanza su color negro característico y también se logra ver el incremento de la región cefálica el embrión sigue de color blanco con la cabeza dentro del vitelo.</p>
<p style="text-align: center;"><i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo, <i>et al.</i>, 2014)</p>	<p>El embrión aún tiene la cabeza más grande que el tronco y tiene los ojos agrandados y mejor desarrollados, pero no completos porque carece de capa de pigmento retinal.</p>

4.8.8 ESTADIO OCHO

Así mismo, los autores coinciden que en el estadio ocho, el embrión ya está formado en su totalidad en todas sus estructuras externas. Aletas, columna vertebral, cabeza y tronco (Tabla 11).

Tabla 11. Comparación para el estadio ocho, en diferentes especies de la familia Poeciliidae.

Especie	Estadio 8
<p><i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)</p>	<p>El embrión se caracteriza por presentar el ojo de mayor tamaño pero sin alcanzar el tamaño completo. Presenta una pigmentación dorsal moderada y también a todo lo largo de la línea lateral. La aleta caudal puede estar flexionada sobre la cabeza o alrededor del extremo del hocico, y son visibles los radios en la aleta pectoral. Se observa un saco vitelino que es aun relativamente grande.</p>
<p><i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>Los ojos ya están formados, presenta ya un cuerpo definido con aletas y columna vertebral integra, la cabeza ya presenta todas sus estructuras completas.</p>
<p><i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)</p>	<p>Los ojos ya presentan pigmentación final pero no han alcanzado su tamaño máximo, la cabeza se vuelve proporcional con respecto al cuerpo y presenta un ligero abultamiento en la parte dorsal o posterior donde se logra observar una ligera pigmentación, además presenta aletas pectorales y caudales.</p>
<p><i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo, <i>et al.</i>, 2014)</p>	<p>La pigmentación corporal alcanza la cola. Los ojos están más desarrollados. El embrión es más robusto, con tronco más grande, su boca todavía parece estar sumergido en la yema, sus ojos ya están libres, ya se aprecia la columna vertebral y sus aletas.</p>

4.8.9 ESTADIO NUEVE

Los autores tienen un criterio unificado, en el sentido que el embrión está en su totalidad integro tanto en sus estructuras internas como en las externas (Tabla 12).

Tabla 12. Comparación para el estadio nueve, en diferentes especies de la familia Poeciliidae.

Especies	Estadio 9
<p><i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)</p>	<p>El embrión presenta el ojo completamente formado. Se presentan radios pequeños en la aleta anal y dorsal. El embrión es de mayor talla y el saco vitelino, si está presente, es pequeño e irregular</p>
<p><i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>El embrión ya presenta todas sus estructuras internas bien desarrolladas, al igual que sus estructuras externas presentan aletas, pigmentación y ojos en su posición.</p>
<p><i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)</p>	<p>Los alevines ya presentan todos sus órganos completos y ojos en su tamaño normal pero aún no se encuentra la cabeza en posición correcta.</p>
<p><i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo <i>et al.</i>, 2014)</p>	<p>El embrión está bien desarrollado con todo el cuerpo pigmentado. Tiene aletas caudal y dorsal, y la aleta caudal está flexionada sobre la cabeza. El vitelo esta reducido y conectado a la porción media del embrión, se observan el encéfalo, la columna. El embrión ya ha formado agallas, corazón, faringe, intestino, hígado, páncreas, riñón y vejiga urinaria.</p>

4.8.10 ESTADIO DIEZ

Es el momento de ser liberado el embrión, los autores afirman que parte del saco vitelino esta absorbido y la columna vertebral es más flexible para ejercer el nado, sus órganos están íntegros y sus aletas bien definidas (Tabla 13).

Tabla 13. Comparación para el estadio diez, en diferentes especies de la familia Poeciliidae

Especies	Estadio 10
<p><i>Gambusia puncticulata</i> (Cabrera, 2007)</p>	<p>Generalmente el saco vitelino está completamente absorbido, aunque en muchos casos puede quedar un remanente del mismo. Las aletas pectorales son grandes y se presentan escamas por todo el cuerpo. Este embrión se asemeja a un adulto pequeño</p>
<p><i>Poecilia reticulata</i> (Martyn <i>et al.</i>, 2006)</p>	<p>El embrión esta girado hacia abajo, el vitelo está casi absorbido solo para sus reservas de alimentación después del parto, la columna vertebral esta flexible e integra.</p>
<p><i>Poeciliopsis infans</i> (Silva- Santos, 2015)</p>	<p>Se encuentra escasa cantidad de vitelo, la pigmentación es clara, columna vertebral en posición y la cabeza girada hacia abajo para ser liberado de le membrana que lo protege al momento de salir fuera de la madre</p>
<p><i>Poecilia vivipara</i> (Arcanjo <i>et al.</i>, 2014)</p>	<p>La cola todavía está flexionada sobre la cabeza. El embrión tiene todas las aletas, el opérculo, la pigmentación intensa y el vitelo casi totalmente absorbido. Presenta columna vertebral integra y dispuesto todos los órganos.</p>

4.9 LA SUPERFETACIÓN COMO ESTRATEGIA REPRODUCTIVA EN POECILIDOS

Superfetación es la capacidad de algunas hembras de llevar internamente, y de manera simultánea, múltiples camadas de embriones en diferentes estadios de desarrollo (Zúñiga, 2012) (Fig. 39-43).

Aún más interesante es el hecho de que en numerosos grupos de peces vivíparos como lo son los Poecílidos con fertilización interna, las hembras pueden almacenar esperma vivo, permitiendo que la fertilización se distribuya en el tiempo, pues con una sola cópula, son capaces de producir sucesivamente varias camadas, en diferentes periodos. Así, la primera fertilización es el resultado de la fecundación de una cierta cantidad (del total que fue depositado) de espermatozoides a un pequeño número de ovocitos; el esperma restante (no usado), se almacena en células epiteliales especializadas del ovario, por lo que el esperma puede ser liberado en distintos momentos, para la fertilización de otros grupos de ovocitos (Zúñiga, 2012).



Figura 41. Ovario de *P. infans* con diferentes estadios de embriones.

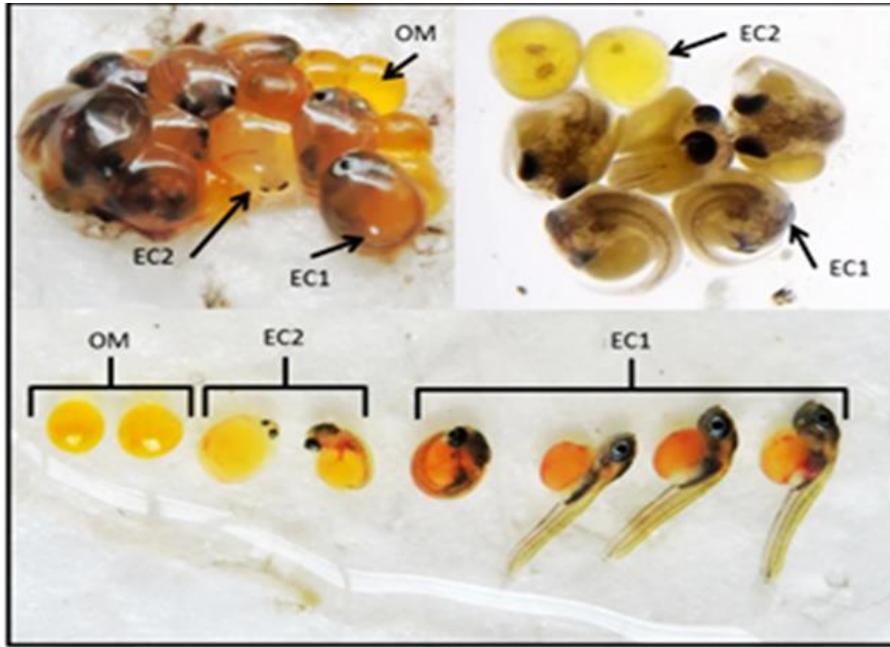


Figura 42. Superfetación en hembras de *P. infans* donde se observa que solo se pueden producir dos cohortes al mismo tiempo dentro del ovario, a) es una hembra a la que se le puede observar ovocitos maduros (OM), embriones que forman la primera cohorte (EC1) y embriones que forman la segunda cohorte (EC2); b) solo se muestra los embriones de la primera y la segunda cohorte, los ovocitos fueron separados con anterioridad; c) acomodo de los embriones con base al desarrollo.

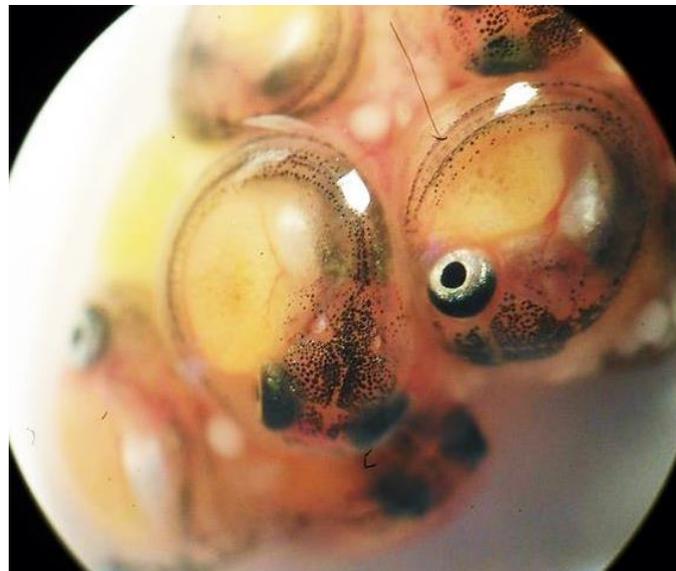


Figura 43. Ovario en la que evidencia la superfetación.

4.10 FACTORES AMBIENTALES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO EMBRIONARIO

El crecimiento en peces es muy variable pues depende en gran medida de factores ambientales como: temperatura, nivel de oxígeno disuelto, salinidad y niveles de amonio en el agua (Moyle y Cech, 1996).

La influencia del ambiente externo es fundamental en la evolución de la viviparidad en Poeciliidae. Reznick *et al.* (1996), plantean que la matriotrofia parece haber evolucionado en ambientes estables, debido a la fuerte dependencia de la disponibilidad de alimentos.

4.10.1 pH

Las aguas presentan un pH en 6.5 a 9 antes del amanecer por lo general son considerados como las más adecuadas para la estabilidad de los peces (Swingle, 1961; Albaster y Lord, 1980).

Un pH excesivamente bajo o alto, más allá del rango anterior puede causar una menor reproducción de peces (Hepher y Pruginin, 1985).

4.10.2 OXIGENO DISUELTO

El nivel de oxígeno disuelto también afecta el crecimiento. A pesar de que este parámetro depende de la temperatura, por sí solo tiene efecto en la velocidad de crecimiento. Stewart *et al.* (1967), describen una reducción significativa en la velocidad de crecimiento en truchas (*Micropterus salmoides*), así como en la eficiencia de conversión, por debajo de los 5 mg (O₂)/L de agua y 26|°C. Presumiblemente, esta reducción en el nivel de oxígeno disuelto en el agua, provoca que las actividades de alto consumo de energía, como el crecimiento y la reproducción, se mantengan a niveles basales o en inactividad.

El desarrollo de las gónadas en Poecílidos tropicales puede estar comprometido no sólo por el fotoperiodo y la temperatura, sino también por la concentración de oxígeno disuelto, cambios en los niveles de agua, estimulación acústica por la lluvia, conductividad, suministro de comida y densidad de la población (Lam, 1983). Estudios realizados por Stearns (1983), muestran que *Gambusia sp.* presenta una variación en el patrón del ciclo de vida, el cual está correlacionado con la variación en la estabilidad ambiental de cada reservorio. Downhower *et al.* (2000), plantean que peces que se hallan en reservorios estables tienden a ser más pequeños y producen camadas más pequeñas, que aquellos que habitan en reservorios fluctuantes.

4.10.3 TEMPERATURA

Entre los factores ambientales que influyen sobre la actividad gonadal de los peces, el fotoperiodo y la temperatura son las más importante (Lam, 1983). El conocimiento de los mismos en una especie determinada puede permitir su manipulación con el objeto de acelerar, prolongar o sincronizar la gametogénesis y el desove de reproductores (Davies *et al.*, 1999; Bromage *et al.*, 2001).

La temperatura por sí sola no favorece el crecimiento, va acompañada de la influencia de la calidad y cantidad de alimentos, así como de los requerimientos metabólicos particulares. El efecto de la temperatura en los peces es muy variable pero, de cualquier forma, los peces en su entorno natural se mantienen a temperaturas que favorecen su crecimiento (Jobling, 1981).

La temperatura incide directamente sobre el sistema nervioso central en particular sobre el eje del hipotálamo-hipofisis-gonada de los peces (Bye, 1987; Bromage, *et al.*, 1990), lo que provoca entre otras cosas, la modificación de la época de maduración de los peces.

La temperatura controla el tiempo de incubación de los huevos y la supervivencia de embriones y larvas, para lo cual, cada especie requiere de un rango óptimo de temperatura para su desarrollo; cuando los huevos son incubados fuera de este intervalo, el desarrollo embrionario puede acelerarse o retardarse, produciendo

embriones y larvas deformes, bajos porcentajes de eclosión y elevada mortalidad de larvas eclosionadas (ej., Berlinsky *et al.*, 2004; Anguis & Cañavate 2005; Radoniæ *et al.*, 2005; Yang & Chen 2005, Geffen *et al.*, 2000; Jordaan *et al.*, 2006; Shi *et al.*, 2010).

La temperatura y el fotoperiodo son los factores externos más importantes en el control de la función testicular (Borg *et al.*, 1987). La respuesta de los peces teleósteos al fotoperiodo presenta una amplia variación en las distintas especies (Fraile *et al.*, 1994). Se demostró experimentalmente que el fotoperiodo largo acelera la cronología de la reproducción en *Gambusia sp.* (Cech *et al.*, 1992). Observaciones realizadas en el campo y a nivel de laboratorio muestran que la reproducción de *G. holbrooki* ocurre cuando la duración de la luz del día excede valores entre las 11 y 13 horas (Haynes y Cashner, 1995).

4.10.4 SALINIDAD

La salinidad es un factor ambiental muy importante en los peces. Esta ejerce un efecto notable sobre los procesos vitales como la supervivencia, transformación de comida, crecimiento embriogénico y de la cría (Holliday, 1969).

.La salinidad es otro factor abiótico que altera el crecimiento porque al igual que otros sistemas consumidores de energía, como sistemas de transporte iónico activo y osmorregulatorios, las variaciones fuera del rango osmótico ideal de la especie provocan consumos energéticos adicionales (Moyle y Cech, 1996). Estos factores, aunados a otros como el nivel de competencia, la disponibilidad de alimento, así como la edad y el grado de maduración reproductora del pez, intervienen en el crecimiento (Moyle y Cech, 1996; Contreras-McBeath y Ramírez-Espinoza, 1996; García *et al.*, 2008).

Para el caso de la reproducción la salinidad afecta la fisiología de los huevos y larvas, y tiene un efecto directo en su crecimiento y supervivencia al influir la cantidad de energía necesaria para la osmorregulación. Así mismo, la salinidad influye en la eclosión de los huevos y crecimiento (Zhang *et al.*, 2010.).

La mayoría de las especies dentro de la familia Poeciliidae son consideradas eurihalinas (Meffe y Snelson, 1993). Existen especies que exhiben tolerancias a condiciones hipersalinas (Haney y Walsh, 2003).

Dentro de este grupo se incluye la especie *Poecilia reticulata* con una tolerancia de 43ppt (Arai *et al.*, 1998) y a *Gambusia yucatanana* con un valor de por lo menos 34 ppt (Carter, 1981). Se ha reportado un límite superior de tolerancia a la salinidad para *G. holbrooki*, de sólo 25 ppt (Haney y Walsh, 2003) (Tabla 14).

TABLA. 14 Rangos de tolerancia de los factores abióticos que influyen en el desarrollo embrionario en algunas especies de Poecílicos.

Especies	pH	OD	TEMP	SALINIDAD
<i>P. latipinna</i>	6.5	5mg/L	20-25 °C	28 ppm
<i>P. sphenops</i>	7.0	5mg/l	20-25 °C	25 ppm
<i>p. velifera</i>	7.0	7mg/l	18-30 °C	28 ppm
<i>Poecilia reticulata</i>	6.5	7mg/l	20-30 °C	28 ppm
<i>Xiphophorus helleri</i>	7.5	5mg/l	20-28 °C	24 ppm
<i>Xiphophorus maculatus</i>	7.5	5mg/l	20-28 °C	24 ppm
<i>Xiphophorus strigatus</i>	7.5	5mg/l	20-28 °C	24 ppm
<i>Gambusia regani</i>	7.0	7mg/l	18-25 °C	24 ppm
<i>Gambusia affinis</i>	6.8	7mg/l	18-30 °C	25 ppm
<i>Heterandria bimaculata</i>	7.5	8mg/l	20-35 °C	28 ppm

4.11 IMPORTANCIA ECOLOGICA DE LOS POECILIDOS

Las pruebas ecotoxicológicas con peces son tradicionalmente empleadas en muchas partes del mundo, ya que éstos juegan un papel importante dentro de la cadena alimenticia (Iannacone & Alvarino, 1998). Los peces consumen y controlan las poblaciones de insectos, microcrustáceos y algas, y permiten de esta forma la recirculación, remoción y resuspensión del material orgánico dentro del ecosistema. Debido a su gran importancia, se han desarrollado una gran variedad de bioensayos que han empleado especies de peces, que son sensibles a la presencia de determinados agentes tóxicos. Los peces son organismos acuáticos extremadamente sensibles a la perturbación ambiental, siendo afectados en su crecimiento y en sus funciones reproductivas (Iannacone *et al*, 1999). Numerosas especies de peces han sido propuestos como bioindicadores para evaluar la ecotoxicidad de sustancias químicas contaminantes como: *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) (Salmonidae); *Pimephales promelas* (Cope, 1868) (Cyprinidae); *Lepomis macrochirus* (Rafinesque, 1819), (Poeciliidae), *Poeciliopsis gracilis*, (Centrarchidae); *Carassius auratus* (Linnaeus, 1758) (Cyprinidae); *Micropterus salmoides* (Boulenger, 1896) (Centrarchidae); *Leiostomus xanthurus* (Lacepede, 1802) (Sciaenidae) y *Cyprinodon variegatus* (Lacepede, 1803) (Cyprinodontidae) (Iannacone & Alvarino, 1998), entre otros.

Numerosas son las razones por la cuales los peces tienen importancia fundamental para el hombre: a) desde tiempos remotos han sido una de sus principales fuentes de alimento, lo que también ocurre en la actualidad con el agregado de constituirse en fuente de alimentación para otros animales de interés comercial. b) contribuyen a su esparcimiento como una fuente de recreación a través de la pesca deportiva y el acuarismo, c) proporcionan trabajo a pescadores aficionados, artesanales o industriales, y también a quienes los cultivan, d) se utilizan como controladores biológicos de larvas de insectos vectores de enfermedades, e) tienen un valor biológico intrínseco como uno de los eslabones de la biodiversidad al presentar una gran variedad de formas, tamaños y colonizar una gran amplitud de hábitats acuáticos, f) alto valor científico de los peces como fuente de información biológica,

por el escaso conocimiento que se tiene de las especies autóctonas y; g) como reserva genética del ambiente acuático. Varios de estos aspectos se encuentran en niveles delicados de estabilidad como consecuencia de la introducción indiscriminada de algunas especies exóticas en diversos cuerpos y cursos de agua, y la sobreexplotación de muchas de las especies de interés comercial (Kallman *et al.*, 2004; Miller *et al.*, 2005).

Los peces de agua dulce se encuentran hoy amenazados por la continua agresión del medio. Esto se debe a los vertimientos de residuales, tanto domésticos como industriales, que contaminan las aguas, provocando la muerte de las poblaciones existentes. Existen varias razones para considerar a los peces como organismos útiles para medir la degradación ambiental, ya que la ictiofauna actúa como integradora de los impactos directos e indirectos sobre el ecosistema acuático (Chapman, 2002).

La mayoría de estos peces presentan una dieta variable que depende de la especie y de las condiciones locales de abundancia de los recursos tróficos. Algunos organismos consumen larvas de insectos y de invertebrados pequeños, otros consumen detritus y vegetación acuática (Fimia *et al.*, 2010). Para el caso del género *Poeciliopsis* presenta la importancia médica, económica y científica., también tiene relevancia ecológica debido a que a partir de trabajos que analicen las estrategias reproductoras en cuanto a tamaño y número de huevos así como el aprovisionamiento nutricional a las crías que nacen en ecosistemas variados se puede generar conocimiento acerca de la importancia de aspectos ecológicos en la evolución de la condición de la viviparidad (Hernández *et al.*, 2004).

Algunas especies de Poecílidos son populares como agentes controladores de mosquitos, debido a que se alimentan de las larvas de los mosquitos que se desarrollan en el agua, principalmente *Gambusia affinis* y *G. holbrooki* (peces mosquito). Por esta característica, este tipo de peces se han introducido de una manera indiscriminada en aproximadamente 40 países alrededor del mundo, al ser considerado un método de control biológico eficiente y barato (Beltrán-Domínguez, 2007).

La primera introducción de la que se tiene registro para Estados Unidos de Norteamérica del pez mosquito, tuvo lugar a principios del siglo XIX. Para 1910 ya se habían introducido en diferentes ríos de Estados Unidos por el departamento de salud, con el propósito de controlar los mosquitos, principalmente aquellos que transmitían enfermedades. Además de las introducciones hechas por el hombre, estos peces han tenido la capacidad de expandir su rango de distribución en ríos donde no se distribuyen de manera natural, considerándolas como especies exóticas y en algunos casos invasores peligrosos para las especies autóctonas (Beltrán-Domínguez, 2007).

Los peces mosquito, pueden afectar negativamente a las poblaciones de peces autóctonos, ya sea por depredación o competencia por alimentos y espacio, lo que ocasiona que las especies de peces autóctonos, sean desplazadas. Incluso se les ha asociado con la extirpación o disminución de poblaciones de especies de peces, ya que se pueden alimentar de huevos, larvas y juveniles de otros peces. Por lo anterior, en el año 2000, una especie de Poecílidos fue considerada como una de las 100 especies exóticas invasoras más dañinas del mundo (Beltrán-Domínguez, 2007).

La importancia comercial radica en que muchas de sus especies son cultivadas con gran éxito como peces de uso en el acuarismo, debido a sus coloraciones llamativas, facilidad para reproducirse y manejo sencillo por los acuicultores. Esto ha llevado a obtener un beneficio económico para miles de personas que viven de esta actividad.

Dentro de este género se encuentra la especie *Poeciliopsis infans*, Esta especie sobresale desde el punto de vista económico, al ser utilizado como pez ornamental en acuarios (Miller *et al.*, 2009), también tiene un papel ecológico significativo debido a que es una especie que cuenta con una gran capacidad de adaptabilidad a su entorno, además tiene importancia veterinaria así como importancia médica, ya que es usada primordialmente para el control biológico de mosquitos vectores de enfermedades para el ser humano (Hernández *et al.*, 2004).

Otra especie importante dentro de la familia Poeciliidae es la *Poecilia reticulata*, conocida comúnmente como "guppy ", es un pez muy popular en el ámbito

acuarístico. Hoy en día se ha logrado desarrollar una gran cantidad de variedades que van desde cambios en su coloración hasta su tipo y forma de la colas. Entre las variedades más comerciales se encuentran: king cobra, flamingo, cabeza de jade, mitad negra, metálica y multicolor (Morales, 1996) (Tabla 15).

Cultivar peces de brillante colorido o exóticos por su apariencia externa, es una actividad muy antigua, que se ha propagado gracias a la exportación de especies para satisfacer la demanda de la acuarofilia internacional (Márquez y Vidal, 1994). Se piensa que los primeros en desarrollar el pasatiempo del acuarismo fueron los antiguos egipcios, pero fueron los chinos y los japoneses quienes hicieron realmente una cultura de la cría de los peces en cautiverio. Esta actividad alcanzó Europa en el siglo XVII y América en el XVIII (Fuentes y Piña, 1997).

Actualmente, los peces que se utilizan pueden ser de captura silvestre, sin embargo el proceso de adaptación al cautiverio les provoca estrés y los hace susceptibles a enfermedades infecciosas virales o bacterianas y en muchos casos les ocasiona la muerte (Pickering, 1993). Además, la extracción de los peces del medio natural, afecta las poblaciones y por consiguiente desequilibra los ecosistemas.

La importancia social radica en varios factores, una de ellas es que las especies más grandes pueden consumirse localmente, aunque la mayoría, al ser de tamaño pequeño (1-7 cm) no son de interés como alimento humano. Por otra parte, algunos peces tienen importancia en el tema de la salud humana, en este caso, los peces del género *Xiphophorus* (peces platy y espada), particularmente *Xiphophorus maculatus* y *X. helleri*, han sido usados por los científicos en investigaciones referentes al cáncer por más de 70 años. Particularmente, el melanoma (tipo de cáncer de piel) de estos peces, está bien establecido como modelo para el estudio del melanoma maligno humano, ya que en ambos casos, los melanomas están constituidos de los mismos tipos de células y tienen el mismo origen de desarrollo, además de que las etapas en el desarrollo de este tipo de cáncer son similares en el pez y en el humano. Debido a que en los peces ha sido más fácil la identificación de los genes de importancia en el desarrollo de las células pigmentadas y las que intervienen en la formación de melanomas (Beltrán-Domínguez, 2007).

TABLA 15. Importancia ecológica de algunas especies de Poecílidos.

Nombre Científico	Nombre Común	Bioindicador	Importancia Ecológica
<i>Poecilia chica</i>	Topote de purificación	Tolerante a la turbidez ocasionada por erosión que se acompaña con desechos de fertilizantes utilizados en la agricultura.	-----
<i>Heterandria bimaculata</i>	Guapote manchado	Tolerante a contaminantes de origen urbano e industrial.	De ornato en acuarios
<i>Gambusia affinis</i>	Guayacón mosquito	Tolerante a contaminación de origen urbano	Ha sido introducida a una gran variedad de ambientes acuáticos con el objetivo de controlar plagas de mosquito
<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Guapote jarocho	Tolerante a contaminantes de origen urbano e industrial	Se comercializa en los acuarios.
<i>Poeciliopsis infans</i>	Guapote de Lerma	Tolerante a altas concentraciones de nitritos y fosfatos	-----
<i>Poecilia mexicana</i>	Topote del Atlántico	Tolerante a contaminantes de origen urbano e industrial así como a bajas concentraciones de oxígeno disuelto.	Se consume seco o salado y también para ornatos.
<i>Poecilia reticula</i>	Gupi	Tolerante. Resistente sin dificultad a aguas moderadamente duras, incluso muy duras.	son valiosos por los Acuarista por sus vistosos colores

Nombre Científico	Nombre Común	Bioindicador	Importancia Ecológica
<i>Poeciliopsis turneri</i>	Guapote de la huerta	Tolerante a la turbidez ocasionada por erosión que se acompaña con desechos de fertilizantes utilizados en la agricultura.	-----
<i>Xiphophorus helleri</i>	Pez cola de espada	Tolera ligeras concentraciones de origen urbano	Ornamental en acuarios.

V. CONCLUSIONES

En este trabajo monográfico se ha logrado recopilar una serie de datos bibliográficos acerca de la descripción anatómica, comportamiento biológico-reproductivo y desarrollo embrionario de la familia Poeciliidae, a continuación las siguientes aportaciones:

- La familia Poeciliidae presenta una amplia distribución en el continente Americano gracias a su capacidad de adaptación, así como estrategias reproductivas: viviparidad y superfetación.
- Con respecto a su desarrollo embrionario, presentan 10 estadios embrionarios esenciales para completar su formación anatómico-fisiológica.
- El desarrollo embrionario de la familia Poeciliidae inicia cuando el ovocito es fecundado, para posteriormente continuar con el proceso de proliferación y diferenciación celular.
- Para la familia Poeciliidae la madre controla el entorno del embrión en desarrollo, especialmente, para el intercambio de nutrientes, gases, osmorregulación y excreción.
- En el intercambio madre-feto, los nutrientes son conferidos a través de la placenta conocido como placentotrofia, donde la madre transmite a su progenie a través de la placenta lípidos, polisacáridos y proteínas.
- En algunas especies de la familia Poeciliidae el tiempo del desarrollo embrionario se correlaciona con su talla corporal.
- La reproducción de las hembras en la familia Poeciliidae es intraovárico, quiere decir que almacena esperma en el interior e ir administrándolo según la maduración de los ovocitos.
- Los machos poseen un órgano copular llamado gonopodio, que puede variar su forma según la especie que se trate.
- Los factores abióticos ambientales, como la temperatura, pH, oxígeno disuelto y la salinidad juegan un papel muy importante en la actividad gonadal, el desarrollo embrionario y en la calidad de la larva de la familia

Poeciliidae, si estos factores no fueran los adecuados afectaría la fisiología de los huevos y larvas, y tiene un efecto directo en su crecimiento y supervivencia.

- En la descripción del desarrollo embrionario en especies como: *G. puncticulata*, *P. reticulata*, *P. infans*, *P. vivípara.*, los autores tienen un criterio unificado donde el ovocito es fecundado y dividido celularmente las veces que sean necesarias, para completar el proceso de división celular, para que el embrión cumpla con sus diez etapas embrionarias, donde el embrión está rodeado de vitelo que será absorbido durante el crecimiento embrionario, también coinciden que durante la formación del embrión, aparece una franja denominada línea primitiva, el embrión se vuelve tridimensional, la aparición de los globos oculares, la cabeza anatómicamente es más grande que el resto del cuerpo, la pigmentación será determinada según la especie, al final del proceso embrionario aparecen las aletas, tanto la columna vertebral como todos los órganos internos íntegros, el embrión está en la posición correcta para ser expulsado, conservando una reserva de vitelo para su alimentación después del parto.
- La familia Poeciliidae son organismos bioreguladores, ya que algunas especies son carnívoras y pueden combatir y controlar plagas de mosquitos, también son muy apreciados en la acuarofilia por la diversidad de colores y formas.

VI. PROPUESTAS Y RECOMENDACIONES

El estudio teórico realizado en esta monografía, nos permite destacar importantes aspectos que desde una visión ecológica-conservacionista nos impone el reto no solo de preservar el hábitat natural de los Poecílidos, sino además implementar estrategias de reproducción y conservación de esta familia vital en la cadena alimenticia por lo que se propone las siguientes recomendaciones:

- Realizar estudios acerca de su biología reproductiva y estrategias de vida.
- Implementar la reproducción de esta familia in vitro como estrategia de repoblación e introducción a nuevos ecosistemas ya que es un organismo muy adaptable y tolerante a cambios ambientales.
- Diseñar granjas in situ para controlar las plagas de mosquitos en temporadas de mayor brote del vector.
- Identificar los rangos de tolerancia de factores abióticos ante modificaciones ambientales para evitar el decremento y la extinción de esta familia Poeciliidae.
- La familia Poeciliidae son organismos con un desarrollo embrionario muy nítido que nos permite apreciar las etapas embrionarias con claridad y poder estudiarlos como modelos en las investigaciones de genética y ontogenia.
- Realizar experimentos en esta familia y determinar si es apto para hacer cruza genéticas, manipular su apariencia para poder tener éxito en la industria de la acuarofilia.

VIII. REFERENCIAS

- Abdo-de la Parra María Isabel; Noemí García-Aguilar; L. Estela Rodríguez-Ibarra; Gabriela Velasco-Blanco y Leonardo Ibarra-Castro. Desarrollo Embrionario del Pargo Colorado *Lutjanus colorado* (Jordan & Gilbert, 1882), 32(3):902-908, 2014.
- Amoroso, E.C., Heap, R. B. y Renfree, M.B. 1979. Hormones and the evolution of viviparity. En: "Hormones and evolution". (E. J. W. Barrington ed.) Vol. 2, 925-989. Academic Press, New York.
- Anzueto-Calvo, M. Ernesto Velázquez Velázquez. Adán Enrique Gómez González. Rebecca María Quiñones y Brenda Joyce Olson. Peces de la Reserva de la Biosfera Selva El Ocote, Chiapas, México. Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas 2013.
- Arai, F.; T. Shikano y Y. Fujio. 1998. An environmental factor stimulating salinity tolerance and branchial chloride cells in a euryhaline teleost *Poecilia reticulata*. *Fisheries Science* 64, 329-333
- Araújo, F. G., Peixoto, M. G., Pinto, B. C. T. & Teixeira, T. P. 2009. Distribution of guppies *Poecilia reticulata* (Peters, 1860) and *Phalloceros caudimaculatus* (Hensel, 1868) along a polluted stretch of the Paraíba do Sul River, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 69(1): 41-48.
- Arcanjo Rachel B, Leonardo P. de Souza, Carla F. Rezende y José R. F. Silva., Embryonic development and nourishment in the viviparous fish *Poecilia vivipara* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Acta Zoologica (Stockholm)* 95: 493–500 (October 2014).
- Beltrán-López Rosa Gabriela y Domínguez-Domínguez Omar. Poecílicos Importancia comercial, social y ecológica. *Revista Saber más*, 2007.

- Bisazza, A. 1997. Sexual selection constrained by internal fertilization in the livebearing fish *Xenotoca eiseni*. *Animal Behaviour*, 54:1347-1355.
- Blackburn, D. 2005. Evolutionary origins of viviparity in fishes. En: *Viviparous fishes*. Editores: Uribe M. C. y Grier H. J. New Life Publications, Homestead. Florida. 303-317 pp.
- Blackburn, D. 2005. Evolutionary origins of viviparity in fishes. En: *Viviparous fishes*. Editores: Uribe M. C. y Grier H. J. New Life Publications, Homestead. Florida. 303-317 pp.
- Blackburn, D. G. 1992. Convergent evolution of viviparity, matrotrophy, and specializations for fetal nutrition in reptiles and other vertebrates. – *American Zoologist* 32: 313–321.
- Cabrera Páez Yureidy, Aguilar Betancourt Consuelo y González-Sansón Gaspar. Indicadores morfológicos y reproductivos del pez *Gambusia puncticulata* (Poeciliidae) en sitios muy contaminados del río Almendares, Cuba. (2008).
- Cabrera Páez Yureidy. Alteraciones de indicadores biológicos de *Gambusia puncticulata* (Poey, 1854) en sitios muy contaminados del río Almendares. Centro de Investigaciones Marina de la Habana, Cuba. 2007.
- Cabrera Peña Jorge, Murillo Sánchez Roger y Mora Jamett Margarita. Desarrollo embrionario, larval y del alevín de *Cichlasoma dovii* (Günther. 1864) (Pisces: Cichlidae). *Rev. Biol. Trop.* 36 (2B): 417-422, 1988.
- Cabrera, J. & Y. Solano. 1995. Fertilidad y fecundidad en *Poeciliopsis turrubarensis* (Pisces: Poeciliidae). *Rev. Biol. Trop.* 43: 317-320.
- Cech, J. J., Jr.; M. J. Massingill; B. Vondracek y A. L. Linden. 1985. Respiratory metabolism of mosquitofish, *Gambusia affinis*: effects of temperature, dissolved oxygen, and sex difference. *Env. Biol. Fish.* Vol. 13, (4), 297-307.
- Cech, J. J.; R. G. Schwab; W. C. Coles; B. B. Bridges. 1992. Mosquitofish reproduction: effects of photoperiod and nutrition. *Aquaculture* 101, 361-369.

- Chapman, A., 2006. Memorias XII jornada de acuicultura IALL. Estado actual y perspectivas de la acuicultura ornamental. Colombia
- Chapman, P.M. 2002. Integrating toxicology and ecology: Putting the “eco” into ecotoxicology. *Mar. Pol. Bull.* 44: 7-15.
- Charles A. Brown, Fernando Galvez y Christopher C. Green. Embryonic development and metabolic costs in Gulf killifish *Fundulus grandis* exposed to varying environmental salinities., *Fish Physiol Biochem* (2012) 38:1071–1082.
- Constantz, G. D. 1989. Reproductive biology of poeciliid fishes. En: Ecology and evolution of livebearing fishes. G. Meffe y F. Snelson (eds.). Englewood Cliffs, NY: Prentice Hall. Inc. Pp. 33-50.
- Downhower, J. F.; L. P. Brown y M. L. Matsui. 2000. Life history variations in female *Gambusia hubbsi*. *Environmental Biology of Fish* 59, 415-428
- Einy Yiseth Arevalo Rivera, Ingrid Maritza Gómez Pérez, Edwin Gómez Ramírez, Daniel Rodríguez Caicedo, Hernán Hurtado Giraldo. Estudio Preliminar de la relación del tamaño corporal y la Maduración testicular de *Xiphophorus hellerii* (Heckel, 1948). *Revista de ciencias biológicas*, ISSN 1900-4699 • Volumen 6 • Número 2 • Páginas 226-239 • 2010.
- Farichah , Dwi Listyorini. The Development of Gatul Fish (*Poecilia* sp.) Embryo from a Spring in State University of Malang Area.
- Farr, J.A., Travis, J, 1989 The effect of ontogenetic experience on variation in growth, maturation and sexual behavior in the sailfin molly, *Poecilia latipinna* (Pisces: Poeciliidae) *environmental biology of fishes*, 26(1): 39-48.
- Fimia, R., Castillo, J.C., Cepero, O., Corona, E. y González, R. 2010. Eficacia del control de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) con peces larvívoros en Placetas, Provincia Villa Clara, Cuba. *Revista electrónica de veterinaria* 11(03B): 1-7.

- Fraile, B.; F. Sáez; C. Vicentini; A. González; M. Miguel y R. Paniagua. 1994. Effects of temperature and photoperiod on the *Gambusia affinis holbrooki* testis during the spermatogenesis period. *Copeia*. 1994 (1), 216-221.
- Fraile, B.; R. Paniagua; M. Rodríguez y F. Sáez. 1989. Effects of photoperiod and temperature on spermatogenesis in the marbled newt. *Copeia* 1989, 357- 363.
- García, I. y Koldenkova, L. 1990. Clave pictórica para las principales especies de peces larvívoros de Cuba. Instituto de Medicina Tropical Pedro Kourí, La Habana, 55 p.
- Ghedotti, M. J. and E. O. Wiley (2002): "Anablepidae, Poeciliidae, Rivulidae. Three family accounts." in: Carpenter, K. E. (Ed.) United Nations FAO Species Identification Guide for Fisheries Purposes, The living marine resources of the Western Central Atlantic. Volume 2. Bony fishes part 1 (Acipenseridae to Grammatidae). FAO of the UN, the European Commission, and the American Society of Ichthyologists and Herpetologists. (Special Pub. 5): 1154-1157.
- Gilbert, S.F. 2006. *Developmental Biology* (8 th Edition). USA: Sinauer Associates, Inc. Sunderland, Massacuet.
- Gita R. Kolluru, Susan M. bertram, Eric H. Chin, Catalina V. Dummeyer y Jennifer, S. Graves., Mating behavior and its morphs of *Girardinus metallicus* (Pisces: Poeciliidae), a species previously thought not to exhibit court ship display. *Revista Behavioural Processes*. 106:44-52, 2014.
- Gómez-González Adan E., Velázquez Velázquez Ernesto y Anzueto- Calvo Manuel de Jesús. Primer registro de *Xiphophorus clemenciae* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) en la cuenca del río Grijalva, México, *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85: 975-978, 2014.
- Gómez-Márquez José Luis, Guzmán-Santiago José Luis y Olvera-Soto Alberto. Reproducción y crecimiento de *Heterandria bimaculata*. (Cyprinodontiformes:Poeciliidae) en la Laguna "El Rodeo" Morelos , México.

- Grier, H.J., Uribe, M.C. y Patiño, R. 2009. The Ovary, Folliculogenesis, and Oogenesis in Teleosts. In: Barrie Jamieson (Editor). Reproductive Biology and Phylogeny of Fish (Agnatha and Bony Fishes). Science Publishers, Inc. Enfield. NH, USA; Plymouth, UK. pp: 25-84.
- Haynes, J. L. 1995. Standardized classification of Poeciliid development for life history studies. *Copeia* (1), 147-154
- Haynes, J. L. y R. C. Cashner. 1995. Life history and population dynamics of the western mosquitofish: A comparison of natural and introduced population. *J. Fish. Biol.* 46, 1026-1041.
- Hernández Betancourt Silvia F., Lizbeth Chumba Segura, Celia I. Sélem Salas y Juan Chablé Santos. ¿Qué ha reducido la diversidad de peces endémicos dulceacuícolas en México? *Revista Biodiversidad.*, Vol. 6. No. 1 enero – junio de 2013.
- Hernández R., L. Mónica y Fernando Bückle R., Temperature tolerance polygon of *Poecilia sphenops* Valenciennes (Pisces: Poeciliidae). *Revista Journal Thermal Biology.* January 2001.
- Hernández, N., Díaz, M., Mendiola, J., Báez, J. y García, I. 2004. Ingestión de larvas de *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) por *Girardinus metallicus* (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Revista Cubana de Medicina Tropical* 56 (2): 152-155.
- Joao Roberto Silva de los Santos, *Biología Reproductiva. Goodea atripinnis* (Jordan 1880) y *Poeciliopsis infans* (Woolman 1894), en condiciones de cautiverio. Universidad Autonoma de Aguascalientes., 2016.
- Jollie, W.P. y Jollie, L.G. 1964. The fine structure of the ovarian follicle of the ovoviviparous fish *Lebistes reticulatus*. II. Formation of follicular pseudoplacenta. *Journal of Morphology* 114:503-526.

- K. U. Heubel y I. Schlupp. Turbidity affects association behaviour in male *Poecilia latipinna*., *Journal of Fish Biology* (2006) 68, 555–568
- Kobelkowsky D. Abraham y Alva-García Armando. Anatomía sexual de *Gambusia regani* (Pisces: Poeciliidae). *Anales del instituto de biología, Universidad Autónoma de México. Serie de Zoología* 7 (2): 133-142, 2000.
- Krotzer, M. J. 1990. The effects of induced masculinization of reproductive and aggressive behaviors in the female mosquitofish, *Gambusia affinis*. *Env. Biol. Fish.* 29, 127-134.
- Krumholz, L. H. 1948. Reproduction of the *Gambusia affinis* and its use in mosquito control. *Ecol. Monogr.* 18, 1-41.
- Kunz, Y.W. 1971. Histological study of the greatly enlarged pericardial sac in the embryo of the viviparous teleost *Lebistes reticulatus*. *Rev. Suisse Zool.* 78: 187-207.
- Lam, T. J. 1983. Environmental influences on gonadal activity in fish. En: *Fish physiology*. Vol. 9. Part B. W.S.Hoar; D. J. Randall y E. M. Donaldson (eds.). Academic Press, London, 65-116.
- Lentz, T. L. and Trinkaus, J. P. 1967. A fine structural study of cyto- differentiation during cleavage, blastula, and gastrula stages of *Fundulus heteroclitus*. – *The Journal of Cell Biology* 32: 121–138.
- LiLi Liu and Ki-Young Lee. Studies of In Vitro Embryo Culture of Guppy (*Poecilia reticulata*). *Dev. Reprod.* Vol. 18, No. 3, 139~143, September, 2014.
- Maya-Peña, E. y Marañón, S. 2001. Efecto de la temperatura sobre la proporción sexual de *Poecilia reticulata* Peters 1859 (Pisces: Poeciliidae). *Hidrología*, 11: 157-162.
- McMillan, D. B. 2007. *Fish Histology: Female Reproductive Systems*. Springer, Dordrecht.

- McMillian, D.B, (2007) Fish histology female reproductive system, springer science and business media, 598 p.
- Meffe, K.G., Snelson Jr., F.F., 1989. An ecological overview of poeciliid fishes. In: Meffe, K.G., Snelson Jr., F.F. (Eds.), Ecology and Evolution of Livebearing Fishes (Poeciliidae). Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, pp. 13–31.
- Molina-Moctezuma Alejandro, Zúñiga-Vega José Jaime y Espinosa-Pérez Hector. Mortality rates in two populations of the viviparous fish *Poeciliopsis baenschi* (Teleostei: Poeciliidae) *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84: 994-998, 2013.
- Navarro del Toro María de Jesús. Selección sexual en gupis (*Poecilia reticulata*) (Pisces: Poeciliidae). *Anales Universitarios de Etología*, 1:80-84.
- Nevin S. Scrimshaw. Embryonic Development in Poeciliid Fishes. *Biological Bulletin*, Vol. 88, No. 3 (Jun., 1945), pp. 233-246.
- Nevin S. Scrimshaw. Embryonic Growth in the Viviparous Poeciliid, *Heterandria Formosa*., *Biological Bulletin*, Vol. 87, No. 1 (Aug., 1944), pp. 37-51.
- Nor Hakim Norazmi-Lokman. G. J. Purser, Jawahar G. Patil. Gravid Spot Predicts Developmental Progress and Reproductive Output in a Livebearing Fish, *Gambusia holbrooki*.
- Poey, F. 1854. Los guajacones, pececillos de agua dulce. *Memorias de la Historia Natural de la Isla de Cuba*, 1(32): 374-390.
- Pollux, B. J. A., Pires, M. N., Banet, A. I. and Reznick, D. N. 2009. Evolution of placentas in the fish family poeciliidae: An empirical study of macroevolution. – *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 40: 271–289.
- Pollux, B.J. A., Pires, R., Banet, A.I. y Reznick, D.N. 2009. Evolution of placentas in the fish family Poeciliidae: An empirical study of macroevolution. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 40: 271- 289.

- Ponce de León García José Luis. Estrategias de historia de vida relacionadas con la reproducción de la familia Poeciliidae. La Habana: Editorial Universitaria, 2012. Tesis (Doctorado). Universidad de La Habana. ISBN 978-959-16-2008-8.
- Ponce de León José Luis y Rodet Rodríguez. Peces Cubanos de la familia Poeciliidae. Guía de campo., Editorial Academia La Habana, 2010.
- Reznick, D. 1981. Grandfather effects: the genetics of interpopulation difference in offspring size in the mosquitofish. *Evol.* 35, 941-953.
- Reznick, D. N.; F. H. Rodd y M. Cardenas. 1996. Life history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*: Poeciliidae). IV. Parallelism in life history phenotypes. *Am. Nat.* 147, 319-338
- Reznick, D. N.; F. H. Rodd y M. Cardenas. 1996. Life history evolution in guppies (*Poecilia reticulata*: Poeciliidae). IV. Parallelism in life history phenotypes. *Am. Nat.* 147, 319-338
- Reznick, D. y D. B. Miles. 1989. Review of life history patterns in Poeciliid fishes. En: Ecology and evolution of live bearing fishes (Poeciliidae). G. K. Meffe y F. F. Snelson, Jr. (eds.). Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 125-14
- Rivas, L.R., 1963 subgenera and species groups in the Poeciliid fish Genus *Gambusia*, *Poey Copeia* 1963 (2):331-347.
- Rodríguez P. J. A., Castro Rojas, G. V.; Rodríguez Castro, K. G. Selección de pareja y comportamiento sexual de los Guppys (*Poecilia reticulata*). *Orinoquia*, vol. 9, núm. 2, 2005, pp. 38-44.
- Rodríguez, A.J. 2007. Hábitos alimenticios de *Micropterus salmoides* (Pisces: Centrarchidae), *Lepomis gibbosus* (Pisces: Centrarchidae) y *Gambusia affinis* (Pisces: Poeciliidae) en las orillas del embalse de Proserpina (Extremadura, España). *Limnética* 5: 13-20
- Roger E. Thibault' y R. Jack schultz. Reproductive Adaptations Among Viviparous Fishes (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Eolution*, 32(2), 1978, pp. 320-333.

- Rosen, D. E. y R. M. Bailey. 1979. The Poeciliid fish (Cyprinodontiformes), their structure, zoogeography and systematics. Bulletin of American Museum of Natural History 126:1-176
- Rush Miller R. "Peces Dulceacuícolas de Mexico". Primera Edición 2009. MEX.
- Sáenz Fabián E. y Del Pino Eugenia M. Modo del desarrollo en el pez vivíparo *Priapichthys panamensis* (Poeciliidae). Escuela de Ciencias Biológicas Pontificia Universidad Católica del Ecuador. Revista de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador. No. 71 • Septiembre 2003.
- Sánchez Sánchez Ana Virginia., Mecanismos moleculares de proliferación y diferenciación durante el desarrollo embrionario del pez medaka (*oryzias latipes*). Departamento de biología Molecular. Universidad de Valencia. Servei de Publicacions 2010.
- Schindler, J. F. and Hamlett, W. C. 1993. Maternal-embryonic relations in viviparous teleosts. – The Journal of Experimental Zoology 266: 378–393.
- Schindler, J. F. y Hamlett, W. C. 1993. Maternal- embryonic relations in viviparous teleosts. J. Exp. Zool., 266: 378-393.
- Schindler, J. F. y Hamlett, W. C. 1993. Maternal- embryonic relations in viviparous teleosts. J. Exp. Zool., 266: 378-393.
- Scrimshaw, N. 1945. Embryonic development in Poeciliid fishes. Biol. Bull. 88: 233-246.
- Stearns, S. C. 1983. The evolution of life history traits in mosquitofish since their introduction to Hawaii in 1905: Rates of evolution heritabilities development plasticity. Am. Zool. 23, 65-75
- Thiago D. Oliveira, Alessandra C. Reis, Camila O. Guedes, Mariana L. Sales, Eduardo P. R. Braga, Thiago F. Rattón, Bruno P. Maia y André L. B. Magalhães. Establishment of non-native guppy *Poecilia reticulata* (Peters, 1859) (Cyprinodontiformes: Poeciliidae) in an Municipal Park located in Minas

- Gerais State, Brazil., Article in Pan-American Journal of Aquatic Sciences, August 2014.
- Thibault, R. y R. Schultz. 1978. Reproductive adaptations among viviparous fishes (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Evol.* 32, 320-333.
- Thibault, R.E. y Schultz, R.J. 1978. Reproductive adaptations among viviparous fishes (Cyprinodontiformes: Poeciliidae). *Evolution* 32 (2): 320-333.
- Turner, C. L. 1937. Reproductive Cycles and Superfetation in Pœciliid Fishes., *Biological Bulletin*, 72: 145-164.
- Turner, C. L. 1937. The Reproductive Cycle of *Brachyrhaphis episcopi*, an Ovoviviparous Pœciliid Fish, in the Natural Tropical Habitat., *Biological Bulletin*, 75: 56-65.
- Uribe, M.C. y Grier, H.J. 2011. Oogenesis of microlecithal oocytes in the viviparous teleost *Heterandria formosa*. *Journal of Morphology* 272 (2): 241-257.
- Urriola Hernández Mario, Jorge Cabrera Peña y Maurizio Protti Quesada. Fecundidad, fertilidad e índice gonadosomático de *Poecilia reticulata* (Pisces: Poeciliidae) en Heredia, Costa Rica. (2014).
- Vidal, N., Marin, J., Morini, M., Donnellan, S., Branch, W. R., Thomas, R., Vences, M., Gin, A., Cruaud, C., y Hedges, B. 2010. Blindsnake evolutionary tree reveals long history on Gondwana. *Biology letters* doi:10.1098/rsbl.2010.0220.
- Wourms, J. P. 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. – *American Zoologist* 21: 473–515.
- Wourms, J.P. 1981. Viviparity: The maternal-fetal relationship in fishes. *Am. Zool.* 21: 473-515.
- Zúñiga-Vega, J.J., Reznick, D.N. y Johnson, J.B. 2007. Habitat predicts reproductive superfetation and body shape in the livebearing fish *Poeciliopsis turrubarensis*. *Oikos* 116: 995-1005.

IX. ANEXOS

ANEXO 1. GLOSARIO

Cavidad Celómica. La cavidad llena de líquido confiere independencia a los órganos, favoreciendo procesos fisiológicos tan básicos como el latido independiente del corazón o la producción, en organismos vermiformes, de ondas peristálticas inversas en la pared del cuerpo y del tubo digestivo, que cuenta en los celomados

Cistos Espermáticos. Estructura con forma de cordón en el sistema reproductivo masculino que contiene nervios, sangre y vasos linfáticos, y el vaso deferente (un tubo enroscado que conduce los espermatozoides fuera del testículo). También se llama cordón testicular.

Corioalantoidea. En los mamíferos el crecimiento y la supervivencia del feto durante su desarrollo dependen exclusivamente de la placenta, conformada por tejidos maternos y fetales. El componente fetal está representado por el corion, el cual de acuerdo al tipo de placentación, está asociado con el saco vitelino o con el alantoides.

Dimorfismo Sexual. Es definido como las variaciones en la fisonomía externa, como forma, coloración o tamaño, entre machos y hembras de una misma especie.

Espermátforo. Es una cápsula o masa creada por los especímenes machos de varios invertebrados, que contienen espermatozoides, siendo integralmente introducida al órgano sexual femenino durante la cópula.

Godéidos. Nombre que se le indica a peces del género Goodeinae

Gonopodio. Término asignado a la aleta anal (o a su parte anterior) de un pez macho cuando está modificada para servir como órgano copulador, por ejemplo, en los guppies; modificación de los radios anales anteriores de los peces vivíparos, que son utilizados para la transferir esperma a las hembras.

Intrafolicular. Que se encuentra en el interior del folículo (normalmente se refiere al folículo ovárico).

Lecitotrofia. Es la estrategia de alimentación utilizada por las larvas de muchos organismos en la cual no buscan su alimento en el medio externo sino que utilizan las reservas de vitelo (de su saco vitelino) que llevan consigo desde su nacimiento.

Matrotrofia. Provisión de nutrientes por otros medios, vía placenta.

Micropinocitosis. Se da en las células endoteliales de los capilares sanguíneos.

Miomeros. Serie de segmentos de origen mesodérmico que se disponen en el embrión a lo largo del tubo medular y a cada lado de éste.

Notocorda. Cuerda cartilaginosa que tienen en el dorso los animales del tipo de los cordados, y que en los vertebrados corresponde a la columna vertebral.

Oofagia. Es la práctica de los embriones de alimentarse de huevos (hermanos) producidos por el ovario materno, mientras aún están dentro de su útero.

Ovocitos. Es un gametocito hembra o célula germinal que participa en la reproducción. En otras palabras, es un precursor inmaduro del óvulo, o célula huevo. El ovocito se produce en el ovario del embrión durante la gametogénesis femenina.

Placentotrofia. Nutrición de un embrión a través de la placenta

Poeciliidae. Son una familia de peces de agua dulce que retienen los huevos dentro del cuerpo. Pertenecen al orden de los Cyprinodontiformes.

Superfetación. Es la fertilización exitosa de un mismo óvulo liberado durante la evolución del embarazo que da como resultado la concepción de mellizos de distinta edad gestacional. Se plantea que esto podría deberse a la continuidad de la ovulación, a pesar de haberse iniciado el embarazo

Viviparidad. A todo aquel animal cuyo embrión se desarrolla, después de la fecundación, en una estructura especializada dentro del vientre de la hembra, en

donde recibirá el alimento y el oxígeno necesarios para formar sus órganos, para crecer y madurar hasta el momento del nacimiento.

ANEXO 2. DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA FAMILIA POECILIIDAE

GÉNERO: *Gambusia*

Nombre científico	Nombre común	DISTRIBUCIÓN
<i>G. affinis</i> (Baird y Girard)	Guayacón mosquito	Desde el Valle del río Missisipi en el sur de Indiana e Illinois, al sur hasta la vertiente del Golfo en el sur de Florida, Al oeste del río Bravo, la cuenca del río Pánuco, laguna Tamiahua, Coah. N.L, S.L.P, Tamps.
<i>G. atrora</i> (Rosen y Bailey)	Guayacón de San Luis.	Vertiente del Atlántico desde tributarios del río Pánuco S.L.P
<i>G. aurata</i> (Miller y Minckley)	Guayacón dorado	Vertiente del atlántico, cuenca del río Tamesí, Tamps.
<i>G. eurystoma</i> (Miller)	Guayacón del Azufre	Vertiente de Atlántico, conocido solamente de Baños de azufre, Y su afluente en el río Grijalva, 10 km. Al oeste de Teapa, chis, Tab.
<i>G. hurtadoi</i> (Hubbs y Springer)	Guayacón de Hacienda Dolores	Vertiente de Atlántico, conocido solamente como Ojo de Hacienda Dolores y su zanja afluente (cuenca del río Conchos) , 12.5 km al suroeste de Jiménez , Chih.
<i>G. Krumholzi</i> (Minckley)	Guayacón del Nava	Vertiente del Atlántico, conocido solamente del río Nava afluente del río Bravo, cerca de Nava,Coah.
<i>G. longispinis</i> (Minckley)	Guayacón de Cuatro Ciénegas	Confinado a la porción de la cuenca interior del bolsón de Cuatro Ciénegas, Coah
<i>G. marshi</i> (Minckley y Craddock)	Guayacón de los Nadadores	Vertiente del Atlántico , parte alta de la cuenca del río Salado, cuencas interior del bolsón de Cuatro Ciénegas, Coah.
<i>G. regani</i> (Hubbs)	Guayacón del Forlon	Vertiente del atlántico, desde la cuenca del río soto la Marina al sur a lo largo de las cuencas de los ríos Panuco y Tamesi hasta la cuenca del río Nautla, Hgo.,Pue.,S.L.P., Tamps.
<i>G. senilis</i> (Girard.)	Guayacón del Bravo	Vertiente del atlántico, desde el río Devil's TX (tributario del río Bravo), donde hoy parece extirpado, al oeste y sur hasta la cuenca endorreica del río Saúz, Chih.
<i>G. sexradiata</i> (Hubbs)	Guayacón del sureste	Vertiente del atlántico, desde la cercanías del río corazones, Ver. Al sur hasta el norte de Guatemala y norte de Belice.
<i>G. vittata</i> (Hubbs)	Guayacón de Victoria	Vertiente del Atlántico en las cuencas del río Tamesí y Pánuco, Hgo., S.L.P, Tamps, Ver.
<i>G. yucatanana</i> (Regan)	Guayacón yucateco	Vertiente del atlántico, desde la parte más baja de la cuenca del río Coatzacoalcos hacia el este , incluida la península de Yucatán, (sus márgenes y cenotes tierra adentro) así como las islas, de ahí hasta el norte de Guatemala (región del lago petén) y el sur de Belice.

FUENTE: RUSH MILLER R. "PECES DULCEACUÍCOLAS DE MEXICO". PRIMERA EDICION 2009. MEX

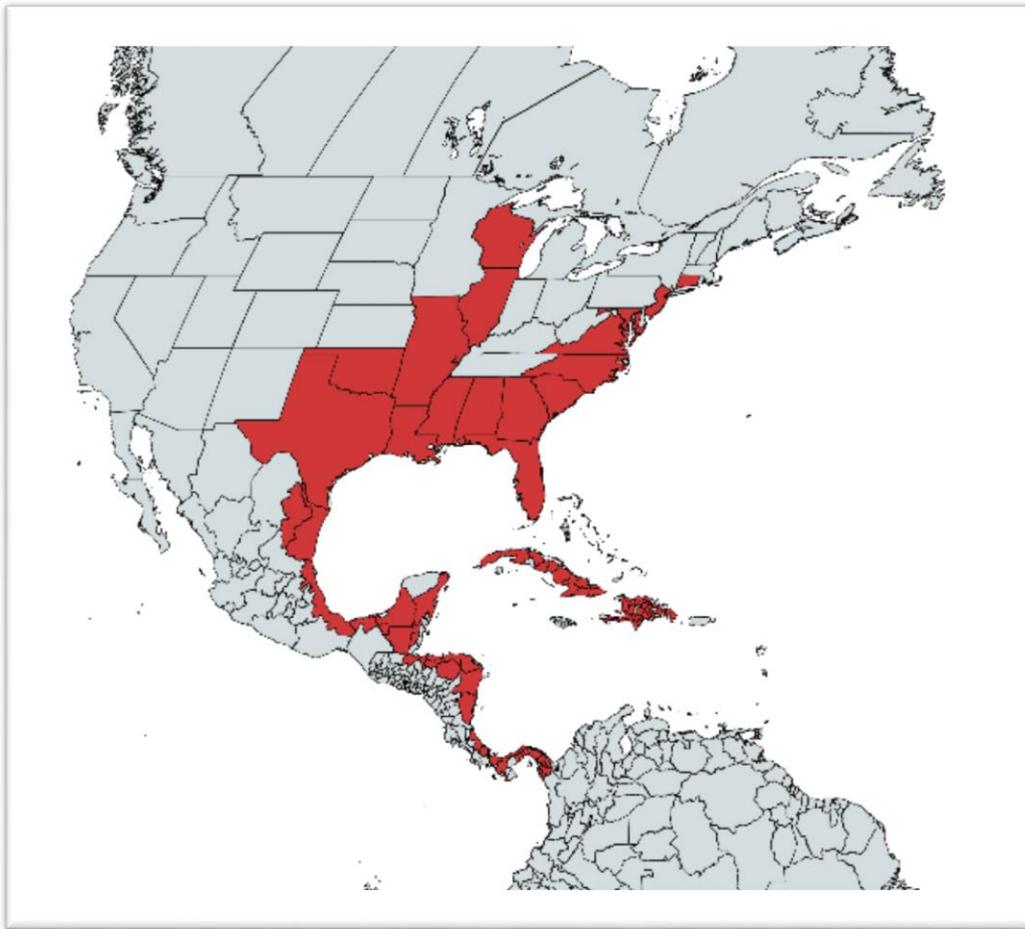


Figura 44. Distribución geográfica del género *Gambusia*.

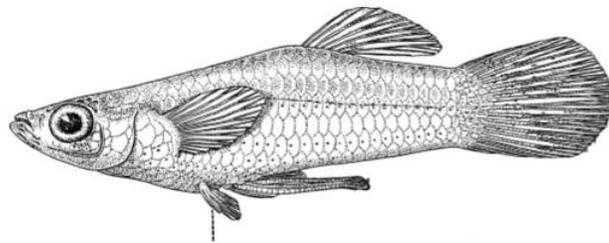


Figura 45. *Gambusia reganni*.

GENERO: *Heterandria*

Nombre científico	Nombre común	DISTRIBUCIÓN
<i>H. bimaculata</i> (Heckel)	Guapote manchado	Vertiente del Atlántico, en las partes media y bajas de los arroyos desde el río Misantla, Ver, al sur hasta el río Prinzapolka, Nicaragua (Miller 19776), Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco, Veracruz, y Yucatán
<i>H. jonesi</i> (Günther)	Guapote listado	Vertientes del Atlántico, ramales del río Atoyac y Blanco, cuenca alta del río Papaloapan, lago Aljojuca en la planicie de Puebla, y en la cuenca del río Balsas en la planicie de Puebla.

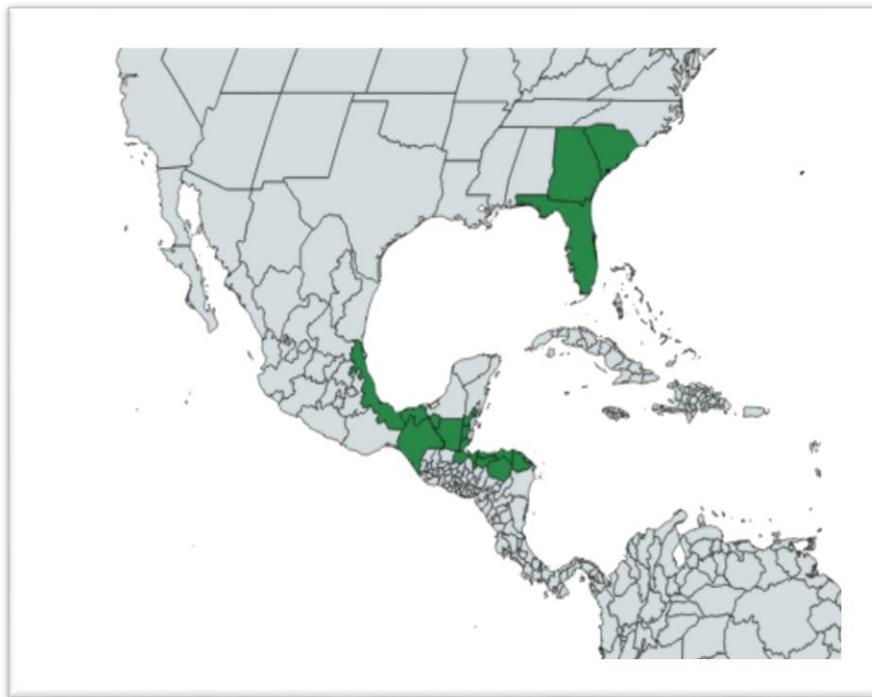


Figura 46. Distribución geográfica del género *Heterandria*.



Figura 47. *Heterandria jonesi*.

GENERO: *Heterophallus*

nombre científico	Nombre Común	DISTRIBUCIÓN
<i>H. echeagarayi</i> (álvarez del villar)	Guayacón maya	Vertiente del atlántico, en la cuenca del río Tonalá. Ver, al este hasta la cuenca de Grijalva-Usumacinta, Chis.
<i>H. Milleri</i> (Radda)	Guayacón del Grijalva	Vertiente del atlántico, en la cuenca del río Grijalva, Tab.
<i>H. rachovii</i> (Regan)	Guayacón jarocho	Vertiente del atlántico, y cuenca del río Coatzacoalcos, Ver.



Figura 48. Distribución geográfica del Genero *Heterophallus*.



Figura 49. *Heterophallus milleri*.

GENERO: *Phallichthys*

Nombre Científico	Nombre común	DISTRIBUCIÓN
<i>P.fairweatheri</i> (Rosen y Bailey)	Topo	Vertiente del Atlántico, en la cuenca del río Grijalva-Usumacinta, en Campeche, Chiapas, Quintana Roo y Tabasco, y en el Petén, Guatemala, al noreste hasta las cuencas de los ríos Hondo y Nuevo Belice.



Figura 50. Distribución geográfica del género *Phallichthys*.



Figura 51. *Phallichthys fairweatheri*.

GENERO: *Poecilia*

Nombre Científico	Nombre Común	DISTRIBUCIÓN
<i>P. butleri</i> (Jordan)	Topote del pacífico	Vertiente del pacífico en México y Mesoamérica, desde la cuenca de río Fuerte, Son. Al sur con el río Comasagua, al oeste de La Libertad, El Salvador. Común en las altas cuencas del río Ameca y Coahuayana, Jal., donde aparentemente fue introducida. (Lyons, 2002).
<i>P. catemacensis</i> (Miller)	Topote de Catemaco	Vertiente del Atlántico, en el Lago de Catemaco, sus tributarios y el afluente por arriba de el Salto de Eyipantla (Cuenca del río Papaloapan), Ver.
<i>P. chica</i> (Miller)	Topote del Purificación	Vertiente del pacífico, cuencas de los ríos Cuetzmala, Purificación y Chacala (Cihuatlán Marabasco), sur de Jalisco.
<i>P. Formosa</i> (Girard)	Topote amazona	Vertiente del Atlántico, desde la cuenca del bajo río Bravo hasta Nuevo Laredo, al sur con el río Tamesí y lagunas costeras cuenca del río Pánuco, en las lagunas del río Tampamachoco, cerca de Tuxpan, Ver.
<i>P. latipinna</i> (Lesueur)	Topote velo negro	Vertiente del Atlántico, en agua salada, salobre y dulce, desde el sureste de Carolina del Norte, hasta la laguna Tampamachoco cerca de Tuxpan Ver.,
<i>P. latipunctata</i> (Meek)	Topote del Tamesí	Vertiente del atlántico, en las cabeceras del río Tamesí, confinado en las cuencas del río guayalejo y Mante Tamps., introducido a la Media luna, cerca de Río Verde. S.L.P
<i>P. maylandi</i> (Meyer)	Topote del Balsas	Vertiente del Pacífico, cuenca del río Balsas y río Aguilillas, Gro., Jal, Mich., Mor.
<i>P. mexicana</i> (Steindachner)	Topote del Atlántico	Vertiente del Atlántico, desde la baja cuenca del río Bravo (ríos Alamo y San Juan). hacia el sur (incluidas las islas de la bahía, frente a Honduras) hasta Costa Rica (Río Matina: Bussing 1987) Camp., Chis., Hgo., N.L., Oax., Pue., Qro., Q.R., S.L.P. Tab., Tamps., Ver., Yuc, vertiente del Pacífico, Parte alta del río Choluteca, Honduras.
<i>Poecilia orri fowler</i>	Topote del manglar	Costas de caribe de Quintana Roo. Noreste de Honduras, también Isla Providencia, Colombia
<i>Poecilia petenensis</i>	Topote lacandon	Sureste de México, desde oeste de Cardenas Tabasco, a través del norte de Chiapas, Campeche hasta Quintana Roo.
<i>P. sphenops valenciennes</i>	Topote mexicano	Vertiente del Atlántico hasta el Río Palma Sola, al sureste de Nautla Ver, Oaxaca, cuenca del alto del Río Grijalva.



Figura 52. Distribución geográfica del Género *Poecilia*.



Figura 53. *Poecilia mexicana*.

GÉNERO: *Poeciliopsis*

Nombre científico	Nombre común	DISTRIBUCIÓN
<i>P. baenshi</i> (Meyer)	Guatopote de oro	Vertiente del Pacífico, desde el arroyo cerca del Tuito, Pto. Vallarta, hasta el sureste del río Salado, Colima, tributario del río Coahuayana, Col-Jal.
<i>P. balsas</i> (Hubbs)	Guatopote del Balsas	Vertiente del pacifico, desde la cuenca del río Balsas y dos ríos al oeste, Arteaga y Aguililla en Gro, Jal., Mich., Mor. y Pue.
<i>P. Catemaco</i> (Miller)	Guatopote blanco	Vertiente del Atlántico, en el lago de Catemaco y su Afluente cerca del lago mismo, cuenca del río Papaloapan Ver.
<i>P. fasciata</i> (Meek)	Guatopote de San Jerónimo	Vertiente del Pacífico , cuencas costeras de Guerrero, Oaxaca y Chiapas, hasta la cuenca del río Suchiate, oeste de Guatemala, Vertiente del Atlántico, solo las cabeceras del río Coatzacoalcos, Oax.
<i>P. gracilis</i> (Heckel)	Guatopote jarocho	Vertiente del Atlántico, desde el arroyo de Ciudad de Cardel, Ver., al sur cuenca de Rocas Acuático, Oax – Ver., establecido e introducido en el río Pánuco, S.L.P. y Gro. Y cuencas del río Balsas.Mich.
<i>P. hnilickai</i> (Meyer y Vogel)	Guapote de Ixtapa	Vertiente del Atlántico, en la cuenca del río grande de Chiapas, sobre la barranca del Grijalva, en Chiapas y cerca de Huehuetenango, Guatemala.
<i>P. infans</i> (Woolman)	Guapote del Lerma.	Vertiente del Pacífico, cuenca del río Lerma-Grande de Santiago y altos tributarios del río Ameca, Armeria, Coahuayana y balsas. Lagos interiores entre las cuencas de los ríos Lerma y Armería, Ags., Gto., Jal., Mich., Nay., Zac., vertiente del Atlántico. Cuenca del río Panuco, Qro. Mercado–Silva et al. (2003) consideraron que los registros en América y Coahuayana correspondían a introducciones.



Figura 54. Distribución geográfica del genero *Poeciliopsis*.



Figura 55. *Poeciliopsis infans*.

GENERO: *Xiphophorus*

Nombre científico	Nombre común	DISTRIBUCIÓN
<i>X. alvarezii</i> (Rossen)	Espada de Comitán	Vertiente de atlántico en las cuencas de las intermontañas y de tierras altas, en Chiapas, Mexico Y Guatemala.
<i>X. clemenciae</i> (Alvarez del Villar)	Espada de Clemencia	Vertiente del Atlántico, parte alta del río Coatzacoalcos y del río Uxpanapa, su tributario principal, en Oaxaca; también en afluentes del río Papaloapan.
<i>X. gordonii</i> (Miller y Minckley)	Espada de Cuatro Ciénegas	Vertiente del Atlántico, restringida a la parte del sureste del bolsón de cuatro Ciénegas, Coah.
<i>X. helleri</i> (Heckel)	Cola de Espada	Vertiente del Atlántico, desde río Nautla hacia el sur del río Usumacinta en Guatemala, hasta el río Sarstún, Belice, cerca del nivel del mar hasta unos 1450 m, en Campeche, Chiapas, Oaxaca, Quintana Roo, Tabasco y Veracruz.
<i>X. meyeri</i> (Schartl y Schroder)	Espada de Muzquiz	Cercanías del Múzquiz, Coah. En la cuenca de río Bravo a través del río Salado.
<i>X. milleri</i> (Rosen)	Espada de Catemaco	Conocido solo en los arroyos tributarios del lago Catemaco (cuenca del río Papaloapan) justo en las aguas abajo, montañas de los Tuxtles, Ver
<i>X. nigrensis</i> (Rosen)	Espada pigmea de El Abra	Vertiente del atlántico, partes del río Choy (cuenca del río Pánuco) S.L.P.
<i>X. variatus</i> (Meek)	Espada de Valles	Vertiente de Atlántico, tributarios costeros, independientes al sur de la cuenca del río Soto la Marina, Tamps y cuenca del río Pánuco.

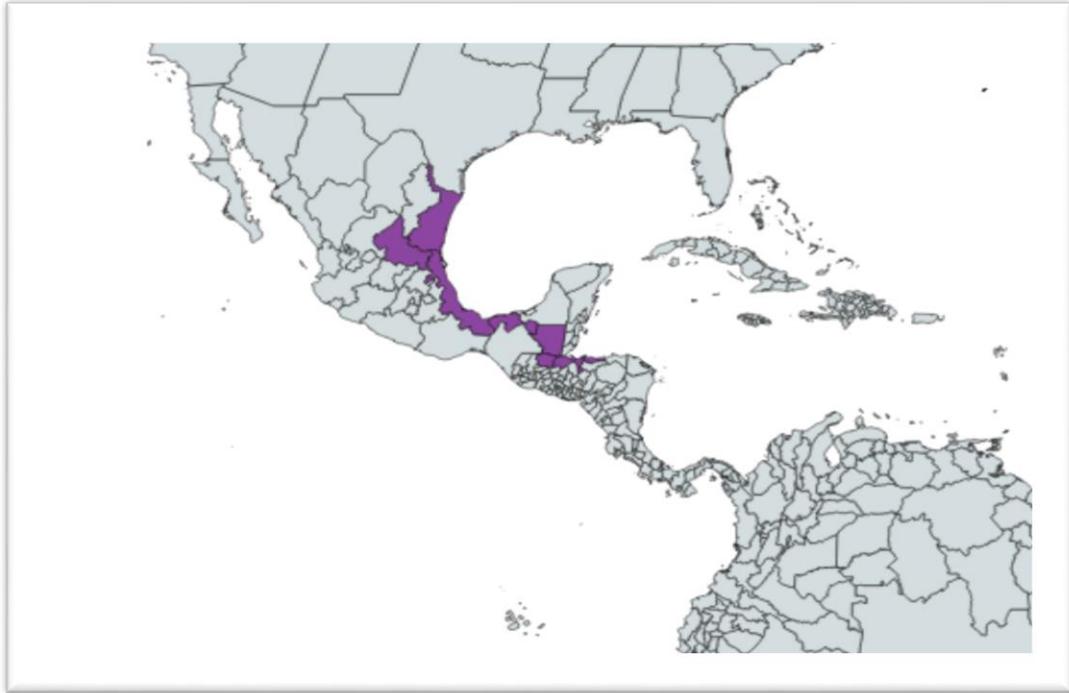


Figura 56. Distribución geográfica del Género *Xiphophorus*.

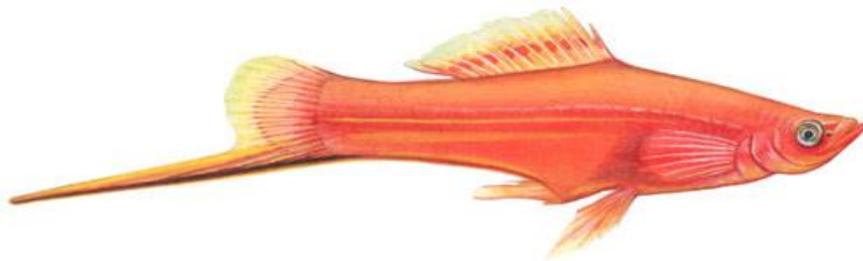


Figura 57. *Xiphophorus helleri*.