

0034/3

15



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE CIENCIAS
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

ESTRUCTURA OVÁRICA DEL PEZ VIVÍPARO
Ilyodon whitei (Goodeidae) EN DISTINTAS ETAPAS
REPRODUCTIVAS

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO ACADÉMICO DE

MAESTRO EN CIENCIAS

(BIOLOGÍA ANIMAL)

P R E S E N T A:

GABINO DE LA ROSA CRUZ

DIRECTORA DE TESIS: DRA. MARÍA DEL CARMEN URIBE ARANZÁBAL.

2001



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres:

Vicente de la Rosa R. y Maria C. Cruz por su cariño y apoyo.

Por enseñarme que siempre se pueden alcanzar las metas.

A mis hermanos:

Sandra, Francisco y José por su compañía.

A Maria de La Luz

Por su paciencia y confianza.

AGRADECIMIENTOS

A mi directora de tesis, María del Carmen Uribe A., por creer en mí, por su paciencia, ayuda, y por darme la oportunidad de realizar este trabajo, pero especialmente, por su amistad.

A los sinodales: Dra. Ma. Del Carmen Uribe, Dra. Maricela Villagrán, Dra. Marcela E. Aguilar, M. en C. Claudia Karina Torres, Dr. René Cardenas, Dr. Edmundo Díaz Pardo y M. en C. Topiltzin Contreras; por sus comentarios y sugerencias para mejorar este trabajo.

Al M. en C. Topiltzin Contreras por su invaluable ayuda para realizar los muestreos y hacer el trabajo de campo una aventura agradable.

A la Dra. Marcela Aguilar por su enseñanza y apoyo incondicional en la realización de las técnicas de tinción

A Nydia Yañez por su ayuda en el trabajo de campo.

A mis compañeros de laboratorio, por su amistad, confianza y sugerencias. Adriana, Jorge, Tere, y Minerva.

A Paco, Sandra, Hermelindo y María de la Luz, por su ayuda en esos viajes.

A mis compañeros y amigos Carlos, José, Fernando, Octavio, Oswaldo y Norma por su amistad

INDICE

Resumen	1
I Introducción	2
II Antecedentes	5
1. Estructura del ovario y ovogénesis de peces teleósteos ovíparos	5
2. Estructura del ovario y ovogénesis en peces teleósteos vivíparos	8
3. Estructura del ovario de los peces vivíparos de la familia Goodeidae	12
a) Características generales	12
b) Características histológicas del ovario de los Goodeidos	13
4. Aspectos generales de la familia Goodeidae.	14
a) Localización geográfica	14
b) Características morfológicas que los definen	14
c) Géneros que comprende la familia Goodeidae.	15
5. Características de la especie <i>Ilyodon whitei</i>	15
a) Descripción anatómica	15
b) Hábitat	16
c) Hábitos alimentarios	17
d) Reproducción	17
6. Area de Estudio	18
III. Justificación	20
IV. Objetivos	20
V. Materiales y Métodos	21
VI. Resultados	23
VII. Discusión	63
VIII. Conclusiones	68
IX. Literatura	69

RESUMEN

En los peces vivíparos ocurren adaptaciones anatómicas esenciales en el ovario que permiten la maduración folicular y los intercambios metabólicos entre la madre y las crías durante el desarrollo. Los elementos histológicos del ovario y la ovogénesis en peces vivíparos han sido escasamente analizados y de manera parcial. En particular, no se cuenta con antecedentes de la estructura ovárica de *Ilyodon whitei*, por lo cual en el presente trabajo se analiza la estructura histológica del ovario y el proceso de ovogénesis de esta especie. Se colectaron 32 hembras adultas de *I. whitei* durante las cuatro estaciones del año, en el río Amacuzac, afluente del Balsas, estado de Morelos, México. En *I. whitei*, al igual que en todos los goodeidos, la gestación es intraluminal. El ovario es alargado, y cambia de tamaño de acuerdo a su condición de gestación. Es de tipo sacular y muestra un septo longitudinal. La pared del ovario forma un pliegue longitudinal en cada lado hacia el lumen en donde se observa el tejido germinal. La estructura histológica del ovario está formada por: 1) peritoneo o serosa, 2) músculo liso, 3) tejido conjuntivo vascularizado, y 4) epitelio ovárico interno. El peritoneo contiene epitelio plano simple y escaso tejido conjuntivo con melanocitos dispersos. La capa muscular muestra fibras lisas longitudinales y circulares. El tejido conjuntivo contiene fibras colágenas y reticulares, fibroblastos y vasos sanguíneos. El epitelio ovárico interno es cúbico y contiene la formación inicial de folículos a partir de ovogonias que inician la meiosis, las cuales, rodeadas por la lámina basal se invaginan y pasan al tejido conjuntivo. La ovogénesis comprende las etapas de cromatina nucléolo, perinucléolo, vitelogénesis endógena y exógena con el depósito de vitelo homogéneo en la fase final, cuando el ovocito llega a un diámetro máximo promedio de 950 μm . Los embriones obtienen sus nutrientes a partir del vitelo y del embriotrofo a partir de la formación de la trofotenia

I. INTRODUCCION

Se ha demostrado que el estudio de la biología reproductiva es esencial en el manejo de los recursos faunísticos, tanto en especies silvestres, como domésticas o de laboratorio, y que es fundamental en estudios de muy diversos tipos como son los ecológicos, taxonómicos o biogeográficos. En este sentido, es necesario tomar en cuenta que mediante el estudio de la fauna silvestre es posible comprender el significado filogenético y adaptativo de la reproducción. Además de que el conocimiento de la morfofisiología de los aparatos reproductivos de las especies animales aporta elementos esenciales que permiten comprender sus adaptaciones a las condiciones ambientales.

En los vertebrados se presenta una amplia gama de estrategias reproductivas resultado de sus adaptaciones al medio y a sus relaciones con otros organismos, de tal forma que en los peces existen desde desovadores pelágicos de fecundación externa hasta organismos vivíparos. Las distintas estrategias reproductivas se manifiestan en características primarias de la reproducción como son la estructura y función de los aparatos reproductivos, que definen sus ciclos estacionales y, en consecuencia, la dinámica reproductiva.

La viviparidad en los vertebrados ha sido una respuesta a determinados factores ecológicos que la han favorecido de diferentes maneras. Los siguientes autores comentan al respecto: Austin, 1973; Mossman, 1974; Amoroso, 1981; Guillette, 1987, 1989, 1991, Packard *et al.* 1989; Wake, 1989.

En los vertebrados, excepto en las aves, (en las que todas las especies son ovíparas) se presentan formas vivíparas (Wourms y Lombardi, 1992), con diferentes porcentajes de frecuencia como lo mencionan Callard y Ho (1987) (Tabla 1).

Tabla 1. Ocurrencia de viviparidad en vertebrados no mamíferos.

Grupo de vertebrados	No. de familias con especies vivíparas (No. Total de familias)	No de especies vivíparas (No. total de especies)
Clase Condrichthyes Subclase: Elasmobranchii	40 (98)	420 (600)
Clase Osteichthyes Subclase: Teleostei	14 (425)	510 (18000)
Clase Amphibia	3 (27)	11 (3000)
Clase Reptilia Orden Squamata	21 (27)	275 (6005)

Tomado de Callard y Ho (1987).

La viviparidad ha implicado una variedad de adaptaciones morfofisiológicas en los aparatos reproductores que han hecho posible el desarrollo embrionario en el interior del cuerpo materno (Mossman, 1974; Guillette, 1989; Packard *et al.* 1989). La viviparidad representa una ventaja, puesto que existe la retención de los embriones en el tracto reproductivo de la hembra, proporcionándoles protección contra la depredación y aumentando la sobrevivencia (Callard y Ho, 1987).

En el contexto de los peces teleósteos la viviparidad ha sido definida (Wourms y Lombardi, 1992) como un modo de reproducción en el cual los huevos son fertilizados internamente y son retenidos, ocurriendo la gestación en el ovario materno, la eclosión coincide con el parto y el resultado es un pez de vida libre (Thibault, 1978; Wourms, 1981; Wourms *et al.*, 1988; Constantz, 1989). Las especies ícticas vivíparas reúnen características reproductivas de especial interés (Lombardi y Wourms, 1985; Díaz Pardo y Ortiz Jiménez, 1986, Constantz, 1989), como son:

- su fecundación es interna,
- ocurren apareamientos múltiples,
- los ovarios se fusionan,
- en los ovarios ocurre la gestación,
- los ovocitos poseen menor cantidad de vitelo en relación con los de peces ovíparos

En los peces, tanto cartilagosos como teleósteos, la viviparidad ha sido una estrategia adaptativa presente en diversos grupos (Wourms, 1981). Sin embargo la viviparidad en los teleósteos es la excepción más que la regla, pues ocurre sólo en 14 de las 425 familias de los teleósteos actuales (Nelson, 1984; Callard y Ho, 1987), estando distribuidas en siete órdenes con un total de 123 géneros y 510 especies (Tabla 2).

Tabla 2. Familias de peces Osteichthyes vivíparos.

Clase Osteichthyes	
I. SUBCLASE Sarcopterygii	
Orden Coelacanthiformes	
1. Latimeridae (celacanto)	
II. SUBCLASE Actinopterygii	
Orden Gadiformes	
2. Zoarcidae	
3. Parabrotulidae	
Orden Ophidiiformes	
4. Bythitidae (Sub-orden Bythitoidei)	} Brotulidos } Vivíparos
5. Aphyonidae (Sub-orden Bythitoidei)	
Orden Atheriniformes	
6. Hemiramphidae	
Orden Cyprinodontiformes	
7. Goodeidae	
8. Anablepidae	
9 Poeciliidae	
Orden Scorpaeniformes	
10. Scorpaenidae	
11. Comephoridae	
Orden Perciformes	
12. Embiotocidae	
13. Clinidae (Suborden Blennioidei)	
14. Labrisomidae (Suborden Blennioidei)	

Tomado de Wourms et al. (1988).

II. ANTECEDENTES

Las características del ovario y la ovogénesis de los peces teleósteos han sido principalmente analizadas en especies ovíparas, en tanto que de la vivípara hay escasas referencias, por lo cual las adaptaciones del ovario y la ovogénesis propias de la condición vivípara se analizarán en el presente estudio en relación con las características del ovario de los peces ovíparos, por lo cual se consideran ambos tipos en este análisis.

1. ESTRUCTURA DEL OVARIO Y OVOGÉNESIS DE PECES TELEÓSTEOS OVIPAROS

Los ovarios son estructuras pareadas, elongadas y unidas a la cavidad del cuerpo por medio del mesenterio dorsal. El ovario se sitúa en una posición media dentro de la cavidad del cuerpo, entre la vejiga gaseosa y el intestino. Un estrecho y corto gonoducto, esencialmente formado por una extensión de las células somáticas del ovario, lo conecta con el poro urogenital (Wourms *et al*, 1988; Schindler y de Vries, 1988; Wourms y Lombardi, 1992; Schindler y Hamlet, 1993). Los teleósteos carecen de "oviducto" porque este término se restringe a una estructura derivada del conducto de Müller (Turner, 1947; Hoar, 1969; Wake, 1985, Mossman, 1987), que no es el caso del gonoducto. El ovario de los teleósteos es de tipo sacular, es conocido también como cistovario (Hoar, 1969) porque contiene al interior un lumen (ovocele). La pared del ovario forma pliegues llamados lamelas ováricas, los cuales contienen los folículos ováricos en diferentes etapas de desarrollo (Jones, 1978; Wallace y Selman, 1990; Nagahama, *et al*, 1995; Takashima e Hibiya, 1995).

La ovogénesis incluye el proceso de desarrollo de los ovocitos en el ovario a partir de las ovogonias, mediante cambios morfológicos y fisiológicos progresivos. Las

ovogonias son células esféricas situadas en el epitelio ovárico germinal, las cuales se dividen mitóticamente incrementando su número a lo largo de la vida adulta. Las ovogonias se transforman en ovocitos primarios iniciando el proceso meiótico. Los ovocitos se encuentran en una etapa presináptica correspondiendo a las fases preleptóteno y leptóteno, así como sináptica correspondiendo a las fases zigóteno y paquíteno de la meiosis. Estas etapas de la meiosis se observan cuando los ovocitos aún se localizan en el epitelio germinal. En la fase diplótena temprana pasan al tejido conjuntivo subyacente y se inicia la foliculogénesis (Grier, 2000).

En peces ovíparos, los cambios que ocurren en el folículo durante la ovogénesis se clasifican en los siguientes estadios tomando como base las propuestas de Yamamoto y Yamazaki (1961) y de Zanuy y Carrillo (1973):

Estadio 1: De cromatina-nucléolo.

Los ovocitos están embebidos en lamelas ováricas, su núcleo es grande y esférico con un nucléolo muy aparente dispuesto en la periferia de la membrana nuclear. Los ovocitos se encuentran en fase diplótena temprana de la meiosis. Alrededor pueden observarse algunas células foliculares.

Estadio 2: De perinucleólos.

El núcleo aumenta de tamaño y el citoplasma presenta fuerte basofilia, existe fragmentación del nucléolo, los que se disponen en la periferia de la membrana nuclear. Es una etapa postsináptica correspondiendo a la fase diplótena de la meiosis; en la que se observan los cromosomas plumosos. Se observa el núcleo vitelino cercano a la membrana nuclear, es más basófilo que el resto del citoplasma. El epitelio folicular forma un epitelio plano.

Estadio 3: De núcleo vitelino.

El núcleo del ovocito muestra una pérdida progresiva de su basofilia, los nucléolos mantienen su situación en la periferia del núcleo. El ooplasma muestra una zonación con una capa externa de estructura lisa y la interna de estructura granulosa o vacuolar. La capa folicular se hace más evidente, formada por células aplanadas.

Estadio 4: De vitelogénesis temprana o vesículas vitelinas.

Esta etapa constituye la vitelogénesis endógena. El contorno del núcleo es irregular con nucléolos que mantienen su disposición en la periferia nuclear. Las vesículas vitelinas inician su formación como pequeñas vacuolas de mucopolisacáridos situadas en la región periférica del ooplasma y se disponen en forma centripeta. La zona radiada acelular que se encuentra entre el ovocito y las células foliculares es estrecha, compacta y homogénea. La capa folicular es claramente distinguible formada de células cúbicas. Alrededor de la capa folicular se observa la teca constituida por tejido conjuntivo con algunos vasos sanguíneos.

Estadio 5: De gránulos de vitelo, estadio primario.

Los ovocitos se encuentran en estadio primario de gránulos de vitelo, iniciando la vitelogénesis exógena. El núcleo tiene apariencia amebode, los nucléolos se distribuyen muy cerca de la membrana nuclear. Aparecen los primeros gránulos de vitelo pequeños y esféricos en la periferia del ovocito. Las vesículas vitelinas se disponen en pocas hileras en la periferia del ooplasma. La zona radiada es evidente y se observan los canalículos perpendiculares a la membrana del ovocito. El epitelio folicular aumenta de espesor debido a que sus células incrementan su talla y presentan grandes núcleos. La teca muestra características similares a la etapa anterior

Estadio 6: De gránulos de vitelo, estadio secundario.

El núcleo tiende a recuperar su forma esférica y contorno liso. Los nucléolos muestran características similares a la etapa anterior. El ooplasma forma pequeñas

trabéculas distribuídas entre los gránulos de vitelo y una pequeña franja alrededor de las membranas plasmática y nuclear. Los gránulos de vitelo aumentan en número y talla y progresivamente se acumulan llenando el ooplasma. Las vesículas vitelinas se distribuyen en la periferia del ovocito y al final sólo se observan en una o dos hileras adyacentes a la membrana del ovocito. La zona radiada es más amplia y con estriaciones más patentes. Las células foliculares están vacuoladas.

Estadio 7: De premaduración y maduración.

Existe un desplazamiento del núcleo hacia el polo animal y posteriormente se rompe. Los nucléolos son escasos y al romperse la membrana nuclear quedan inmersos en la masa núcleo-citoplásmica del polo animal. Los gránulos de vitelo se agrandan y fusionan hasta formar una masa homogénea de vitelo (en el caso de presentarse vitelo homogéneo). La zona radiada es más amplia con estriaciones muy evidentes. Las células foliculares se observan altamente vacuolizadas. Para aquellos huevos que no presentan vitelo homogéneo, al final de la fase de maduración los gránulos de vitelo alcanzan su mayor talla.

2. ESTRUCTURA DEL OVARIO Y OVOGÉNESIS EN PECES TELEOSTEOS VIVÍPAROS

El ovario de la mayoría de los teleósteos vivíparos, a diferencia del de los ovíparos, es un órgano impar debido a la fusión del derecho y el izquierdo. Solamente en especies como *Sebastodes rubrovincus* el ovario es doble y en *Deogenys pusillus* y *Stygicola dentata* el ovario está parcialmente fusionado (Mendoza, 1943)

El ovario de peces vivíparos es diferente del resto de los teleósteos y, en general de los vertebrados, pues es el sitio, tanto de producción de huevos, como de gestación (Wourms et al , 1988; Grove y Wourms, 1994)

La gestación puede ocurrir en el ovocele o lumen ovárico (gestación intraluminal) o en el interior del folículo ovárico (gestación intrafolicular) (Wourms **et al.**; 1988; Wourms y Lombardi, 1992; Schindler y Hamlett, 1993; Grove y Wourms, 1994). En la mayoría de los teleósteos con gestación intraluminal, el desarrollo embrionario comienza en el folículo y se completa en el lumen ovárico (Turner, 1947; Wourms, 1981; Wourms y Lombardi, 1992; Schindler y Hamlet, 1993). Sólo en los Zoarcidos y Scorpenidos vivíparos la ovulación precede a la fertilización (Wourms y Lombardi, 1992). La gestación intraluminal, es el modo prevalente en los teleósteos vivíparos, ya que se encuentra en 10 de las 14 familias en las que se conoce la viviparidad (Wourms y Lombardi, 1992), incluyendo a la familia Goodeidae, mientras que la gestación intrafolicular aparece únicamente en cuatro familias de teleósteos vivíparos: Poeciliidae, Anablepidae, Clinidae y Labrosomidae. La gestación intraluminal se caracteriza por la especialización del epitelio ovárico interno que establece el ambiente adecuado para el desarrollo del embrión, en tanto que en la gestación intrafolicular el epitelio folicular es el principal tejido involucrado en la relación materno-embriónica (Grove y Wourms, 1994).

El tejido germinal, formado por ovogonias y ovocitos en diferentes estadios de maduración, está situado en dos amplios pliegues de la pared del ovario, dispuestos hacia el lumen, formados por epitelio ovárico interno y tejido conectivo (Bailey, 1933; Turner, 1933, 1938; Mendoza, 1943; Lombardi y Wourms, 1985; Wourms **et al.**, 1988). Estos pliegues se extienden desde el área dorsolateral de la pared hacia el lumen ovárico a cada lado del septo ovárico. Los pliegues internos no son característicos de todos los teleósteos vivíparos, algunos otros peces como *Xiphophorus helleri*, *Anableps anableps* y *Zoarces viviparus* carecen de pliegues especiales y los ovocitos se desarrollan a todo lo largo de la pared del ovario (Mendoza, 1943)

Se cuenta con escasas referencias del proceso de ovogénesis en teleósteos vivíparos y no se ha propuesto alguna clasificación de sus etapas de desarrollo. En general, las descripciones anteriores de la ovogénesis son parciales, es decir, no comprenden este proceso integralmente, sino señalan sólo algunos aspectos

De los estudios que incluyen el análisis de la ovogenénesis en teleósteos vivíparos se ha mencionado a *Anableps* (Turner 1938a), *Zoarces*, *Jenynsia* y *Xiphophorus* (Mendoza, 1943), con mayor amplitud se refieren a *Neotoca bilineata* (Mendoza, 1943). En esta última especie las células germinales están regularmente distribuidas a lo largo de la gónada en los pliegues ováricos, excepto al final de los extremos anterior y posterior. Las ovogonias fueron descritas agrupadas en pequeños nidos muy cercanos al epitelio ovárico, esta condición también se observa en *Anableps* (Turner 1938a).

En los ovocitos tempranos en crecimiento el núcleo es vesicular y ocupa dos tercios o más de su diámetro, el ooplasma es ligeramente granular. En el ovocito en crecimiento ocurren varios cambios: el núcleo se reduce en diámetro y se pierde su carácter vesicular, llegando a ser granular; la cromatina posteriormente forma cromosomas plumosos; mientras que en las primeras etapas de la ovogénesis los nucléolos son numerosos y fuertemente basófilos, después son pocos y grandes, disminuye su basofilia y son vacuolados. El ooplasma también sufre marcados cambios morfológicos, como la presencia de numerosas y pequeñas gotas de grasa esparcidas a través del citoplasma granular, que más tarde constituye masas grandes de vitelo (Mendoza, 1943) En *Neotoca bilineata* el vitelo, consiste de una masa floculenta granular regularmente distribuida a través del citoplasma; en *Zoarces* el vitelo aparece como grandes esferas, y en *Jenynsia* y *Xiphophorus* el vitelo aparece como una masa sólida amplia (Mendoza, 1943).

El folículo de *Neotoca* está cubierto por una delgada capa de tejido conectivo denso, comparable a la teca descrita también por Bailey (1933) para *Xiphophorus*. Entremezclada en la teca de los diferentes folículos se encuentra una red vascular prominente, evidentemente de gran importancia en la actividad fisiológica del ovocito en crecimiento. Después de que el ovocito ha llegado a su grado más avanzado de maduración sufre uno de dos destinos posibles. El primero es que sea fertilizado y comience a desarrollarse un embrión y, el segundo es que sufra atresia (Mendoza, 1943).

El proceso de atresia puede ocurrir en todas las etapas del desarrollo folicular. En los casos típicos, el citoplasma se desintegra y la estructura alveolar se pierde, las células foliculares pierden su regularidad, pueden proliferar activamente y la membrana vitelina se pliega. Normalmente, las células foliculares retienen su posición periférica por algún tiempo mientras el citoplasma se desintegra. Los restos del ovocito son removidos y absorbidos por fagocitosis de las células foliculares. Con la remoción de la mayoría de los residuos ooplásmicos, el folículo se colapsa por completo y se forma un grupo sólido de células foliculares rodeando la masa de residuos. Durante este proceso, ocurre infiltración de linfocitos que quizá contribuyen en el proceso de desintegración del ovocito. En las células foliculares, el núcleo muestra degeneración picnótica. El resultado final de la atresia es la remoción de la masa en desintegración del folículo por células del estroma ovárico (Mendoza, 1943).

En los salmónidos el incremento de atresias está relacionado con condiciones poco óptimas como la falta de alimentación y la estarvación completa causa la reabsorción total de los ovocitos maduros (Tyler y Sumpter, 1996). La mayoría de los estudios sobre la incidencia de la atresia han estado limitados a ovocitos en las últimas etapas de desarrollo, y poco se sabe de la atresia durante las primeras etapas (Tyler y Sumpter, 1996).

3. ESTRUCTURA DEL OVARIO DE LOS PECES VIVÍPAROS DE LA FAMILIA GOODEIDAE

a) Características generales

El ovario de los goodeidos, formado por la fusión del derecho y el izquierdo, comprende dos tipos: en el primero, la pared del ovario al igual que el septo, poseen tejido germinal y el septo se pliega en la porción media de la cavidad del ovario. En el segundo, el septo y la pared ovárica carecen de tejido germinal, en la pared se forman dos pliegues, uno a cada lado del ovario y sólo en estos pliegues se localiza el tejido germinal. El primero de estos tipos, aparentemente, es el estado primitivo de la fusión de los ovarios y el segundo es el estado derivado (Bailey, 1933; Turner, 1933; Mendoza, 1943; Hubbs y Turner, 1939; Parenti, 1981).

Hubbs y Turner (1939) clasificaron a los goodeidos en cuatro subfamilias tomando en cuenta dos caracteres morfológicos, a) la presencia y tipo de trofotenia (prolongación del tubo digestivo posterior, que se extiende hacia el exterior y absorbe sustancias nutritivas del lumen del ovario) y b) el tipo de ovario (primitivo y derivado). Estas subfamilias son: 1) subfamilia *Ataeniobinae*, que incluye una sola especie, *Ataeniobius toweri*, la cual carece de trofotenia y posee ovario de tipo primitivo; 2) subfamilia *Goodeinae* con trofotenia en roseta y ovario de tipo primitivo; 3) subfamilia *Characodontinae*, agrupa sólo a *Characodon lateralis*, que tiene trofotenia en listón y ovario intermedio entre los tipos primitivo-derivado, es decir, posee tejido ovígero en una corta sección del septo y en unas débiles prolongaciones a cada lado de la cavidad del ovario y trofotenia en listón y 4) subfamilia *Girardinichthyinae* con trofotenia en listón y ovario de tipo derivado (Tabla 3).

Tabla 3. Subfamilias de la familia Goodeidae

Subfamilia	Tipo de Trofotenia	Tipo de Ovario
Ataeniobinae	Sin trofotenia	Primitivo
Goodeinae	Roseta	Primitivo
Characodontidae	Listón	Intermedio
Girardinichthyinae	Listón	Derivado

Hubbs y Turner (1939).

b) Características histológicas del ovario de los goodeidos.

La pared del ovario, tanto en la periferia como en el septo, está compuesta por distintas capas de tejido cuya disposición sucesiva, del exterior al interior, es la siguiente:

1) capa peritoneal, que rodea por completo al ovario y se continúa en los mesenterios ováricos que lo sostienen, está constituida de células del epitelio peritoneal de tipo simple plano y tejido conjuntivo que comunmente contiene melanocitos dispersos, 2) capa muscular, formada por dos subcapas, una delgada externa de fibras de músculo liso, orientadas longitudinalmente, y una interna de fibras circulares; grandes vasos sanguíneos se encuentran dentro de esta capa; 3) estroma de tejido conectivo, que contiene fibroblastos y fibras colágenas, además de amplios vasos sanguíneos y un lecho capilar bien desarrollado cerca de la lámina basal del epitelio ovárico (Mendoza, 1943; Lombardi y Wourms, 1985); el estroma puede o no formar un pliegue hacia el ovocele dentro de cada lado del ovario en donde se encuentran ovocitos en diferentes estadios de maduración y 4) epitelio ovárico interno cúbico simple que reviste la pared ovárica, continuándose con el septo (Lombardi y Wourms, 1985; Schindler y Hamlett, 1993)

Mendoza (1943) y Turner (1947) mencionan que cuando los embriones están en el ovocele las células del epitelio ovárico llegan a ser altas, columnares y su actividad secretora se incrementa. Paralelo con esos cambios, el tejido conjuntivo de los pliegues ováricos del mismo modo llegan a distenderse con fluido y son invadidos por numerosos elementos celulares libres que contribuyen a la tumescencia general del ovario durante la gestación.

4. ASPECTOS GENERALES DE LA FAMILIA GOODEIDAE

a) Localización geográfica.

La familia de peces vivíparos Goodeidae, endémica de la meseta central de México (Alvarez del Villar, 1970), abarca sistemas hidrológicos importantes como son: el Lerma-Santiago, la parte alta de los ríos Pánuco y Balsas. El Balsas comprende la parte baja del río Cuautla cerca de Puente de Ixtla y a todo lo largo de los ríos Yautepec y Amacuzac (Contreras-McBeath, 1995).

Los peces de la familia Goodeidae son de tamaño pequeño, pues no sobrepasan los 12 cm. de longitud total y habitan en aguas superficiales de cuerpos de agua dulce (Contreras-McBeath, 1995; Webb, 1999).

b) Características morfológicas que los definen.

Los Goodeidos se definen como un grupo monofilético de acuerdo a los siguientes caracteres derivados: Los primeros cinco a siete radios de la aleta anal del macho no se ramifican, son mas cortos y se separan del resto por medio de una muesca; en los machos se encuentra un órgano muscular urogenital o pseudofalo; poseen trofotenia en forma de roseta o

listón, excepto *Ataeniobius toweri* que carece de trofotenia, y los ovarios se fusionan, el tejido ovígero está parcial o completamente eliminado de las paredes ovaricas (Parenti, 1981)

c) Géneros que comprende la familia Goodeidae.

La familia Goodeidae contiene aproximadamente diecisiete generos y 40 especies (Tabla 4) (Grudzien et. al., 1992).

Tabla 4. Subfamilias y géneros de la familia Goodeidae.

FAMILIA: GOODEIDAE	
Subfamilia: Ataeniobiinae	
Genero: <i>Ataeniobius</i>	
Subfamilia: Goodeidae	
Genero:	<i>Goodea</i>
	<i>Allophorus</i>
	<i>Xenotoca</i>
	<i>Chapalichthys</i>
	<i>Ameca</i>
	<i>Characodon</i>
	<i>Allotoca</i>
	<i>Neophorus</i>
	<i>Zoogonecticus</i>
Subfamilia: Characodontinae	
Genero:	<i>Characodon</i>
Subfamilia: Girardinichthyinae	
Genero:	<i>Girardinichthys</i>
	<i>Ilyodon</i>
	<i>Allodontichthys</i>
	<i>Xenotaenia</i>
	<i>Skiffia</i>
	<i>Hubbsina</i>

(Tomado de Grudzien et. al., 1992)

5. CARACTERÍSTICAS DE *Ilyodon whitei*.

a) Descripción anatómica.

Ilyodon whitei, comúnmente conocido como mixpal o salmiche, es uno de los goodeidos endémicos de la cuenca del río Balsas. Es de talla pequeña, la longitud patrón no sobrepasa los 80 mm, estudios de longevidad han mostrado organismos hasta de tres años

Presenta el cuerpo comprimido, la aleta caudal es ligeramente asimétrica siendo el lóbulo inferior ligeramente menor que el superior, la boca es amplia terminal y protráctil y con dientes bífidos, la mandíbula inferior sobresale poco a la superior. Presenta un patrón de coloración que en la región dorsal va del gris oliváceo al verde amarillento, en la parte media de los costados presenta una acumulación de pigmentos formando una banda oscura bien definida que se origina detrás del opérculo y termina en el inicio de la aleta caudal; por debajo de esta banda se distingue gran cantidad de lunares negros dispuestos irregularmente. El complejo opercular y la región ventral son de color plateado amarillento, el margen externo de las aletas es de color negro. *Ilyodon whitei* tiene gran aceptación por los pobladores de la región, pues es de consumo local, además de que puede ser utilizado como un pez de ornato, por sus colores llamativos y su fácil aclimatación a condiciones de acuario (Godínez, 1991).

b) Hábitat

La especie en estudio ocupa hábitats variables, más comúnmente se le encuentra en sistemas lóticos que lénticos, lo mismo se halla en bordos y presas, que en las diferentes secciones de los ríos. Vive en aguas desde claras y transparentes hasta turbias, en profundidades de 20 cm. a 2.0 m., dentro de un intervalo de temperaturas que va de 19 a 35 °C, con valores de oxígeno disuelto entre los 6.4 y 9.0 p.p.m , siempre en latitudes de 940 a 1100 m.s.n m., el sustrato puede ser pedregoso, arenoso, arcilloso o fangoso, donde la vegetación es escasa y la que se encuentra está flotando o en las orillas (Godínez, 1991).

c) Hábitos alimentarios

Ilyodon whitei presenta variación alimenticia estacional, de acuerdo con Trujillo (1998). En la época de lluvias, el incremento en el flujo de agua del río proporciona mayor cantidad de hábitats al inundarse las áreas superiores del margen del río, lo cual provoca el arrastre de nutrimentos aloctonos que sirven de alimento para estos peces, al igual que la vegetación que queda sumergida. Por otra parte, es en esta época cuando se encuentra gran cantidad de larvas y adultos de insectos, en mayor proporción dípteros acuáticos, en sus tractos digestivos. La dieta de se encuentra constituida por 52 componentes alimenticios de origen vegetal, animal y detritus, de los cuales 28 son compartidos con otras especies. En tallas pequeñas se comporta como detritófaga y conforme alcanza la talla máxima es omnívora con tendencia a la herbivoría.

d) Reproducción

La talla promedio de la primera reproducción de *I. whitei* es de 27 a 28 mm de longitud patrón en hembras, iniciando su fase reproductiva antes de alcanzar el primer año de vida. La época de reproducción se lleva a cabo en la estación cálida, la cual está considerada entre marzo y mayo, coincidiendo con el periodo en que algunos ríos tienen agua transparente y la corriente es de flujo lento. Su ciclo reproductivo muestra una sola camada por año y el número promedio de embriones es de 22 (Godínez, 1991).

No existe ningún antecedente bibliográfico sobre la estructura del sistema reproductor femenino de *I. whitei*. En particular, no se ha realizado ningún estudio de la estructura microscópica del ovario ni de la ovogénesis de esta especie.

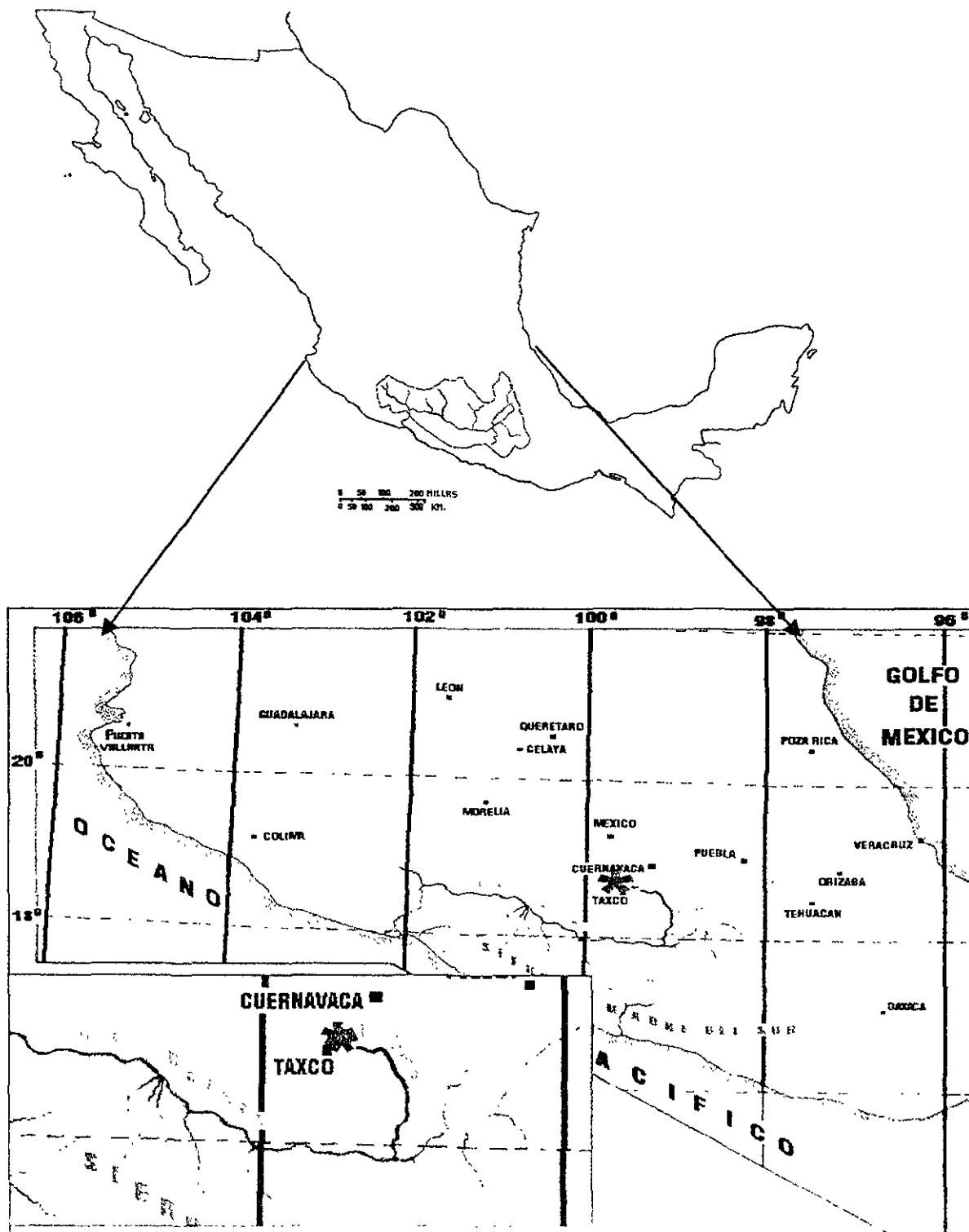
6. ÁREA DE ESTUDIO

Chisco forma parte del municipio de Jojutla, estado de Morelos, cuyas coordenadas geográficas son 18° 33' y 99° 14' (GPS) a 835 msnm (Trujillo, 1998) (Fig. 1).

El sistema hidrológico pertenece a la cuenca del río Balsas que, a su vez, se divide en tres subcuencas. La primera es la del río Amacuzac con una superficie de 4303.39 Km², la segunda es la del río Atoyac o Nexpa con 673.17 Km² y la última es la del río Balsas - Mezcala con 1.6 Km² (SPP, 1981).

El clima de esta región es cálido - húmedo con lluvias en verano y una temperatura media anual mayor de 18 ° C. El área de estudio presenta dos estaciones bien marcadas, una de lluvias que se caracteriza por presentar un abundante caudal de agua turbia que imposibilita la manifestación de vegetación acuática, y otra de estiaje, cuando el caudal disminuye y gradualmente el agua se aclara, permitiendo la entrada de los rayos solares y, por consiguiente, el crecimiento de la vegetación acuática (Contreras-Mac-Beath, 1995).

Fig. 1. *Localización geográfica del área de colecta de *I. whitei*



III. JUSTIFICACIÓN.

El ovario del pez vivíparo *I. whitei* constituye un órgano de gran complejidad morfofisiológica, ya que en él ocurren la ovogénesis y la ovulación, esto de manera común a las demás especies animales, pero de manera exclusiva para los teleósteos vivíparos en este órgano también ocurre la gestación, lo cual debe manifestarse en cambios estructurales y fisiológicos estacionales correspondientes a una respuesta adaptativa a esta diversidad de etapas reproductivas que se presentan en el interior del ovario. El desarrollo embrionario intraovárico de *I. whitei* deberá corresponder al tipo intraluminal característico de la familia Goodeidae. Tomando en cuenta las escasas y parciales referencias que analizan la estructura ovárica y la ovogénesis de peces teleósteos vivíparos, se considera que el estudio microscópico del ovario de *I. whitei* aportará importantes elementos que se integran a las características morfológicas de la biología reproductiva, por lo anterior, los objetivos del presente trabajo son:

IV. OBJETIVOS

Objetivo General.

- Describir las características morfológicas de los elementos somáticos y germinales del ovario del pez vivíparo *I. whitei* durante la ovogénesis, así como durante la gestación.

Objetivos particulares.

- Determinar el tipo de ovario de *I. whitei* de acuerdo a su estructura.
- Describir las características histológicas del proceso de ovogénesis.
Describir las características histológicas de los elementos somáticos del ovario.
- Identificar las estaciones del año en las cuales ocurren en el ovario la presencia de espermatozoides, las etapas de la ovogénesis y las etapas temprana y avanzada de gestación.

III. JUSTIFICACIÓN.

El ovario del pez vivíparo *I. whitei* constituye un órgano de gran complejidad morfofisiológica, ya que en él ocurren la ovogénesis y la ovulación, esto de manera común a las demás especies animales, pero de manera exclusiva para los teleósteos vivíparos en este órgano también ocurre la gestación, lo cual debe manifestarse en cambios estructurales y fisiológicos estacionales correspondientes a una respuesta adaptativa a esta diversidad de etapas reproductivas que se presentan en el interior del ovario. El desarrollo embrionario intraovárico de *I. whitei* deberá corresponder al tipo intraluminal característico de la familia Goodeidae. Tomando en cuenta las escasas y parciales referencias que analizan la estructura ovárica y la ovogénesis de peces teleósteos vivíparos, se considera que el estudio microscópico del ovario de *I. whitei* aportará importantes elementos que se integran a las características morfológicas de la biología reproductiva, por lo anterior, los objetivos del presente trabajo son:

IV. OBJETIVOS

Objetivo General.

- Describir las características morfológicas de los elementos somáticos y germinales del ovario del pez vivíparo *I. whitei* durante la ovogénesis, así como durante la gestación.

Objetivos particulares.

- Determinar el tipo de ovario de *I. whitei* de acuerdo a su estructura.
- Describir las características histológicas del proceso de ovogénesis.
Describir las características histológicas de los elementos somáticos del ovario.
- Identificar las estaciones del año en las cuales ocurren en el ovario la presencia de espermatozoides, las etapas de la ovogénesis y las etapas temprana y avanzada de gestación.

V. MATERIALES y METODOS

Se obtuvieron 32 hembras adultas de la especie *Ilyodon withei* durante las etapas no gestante y de gestación temprana y avanzada (láminas I, II). El muestreo se realizó durante las cuatro estaciones del año en el río Amacuzac, en Chisco, Jojutla, estado de Morelos, México (lámina III) (Tabla 5).

Los peces fueron capturados con un chinchorro de aproximadamente 2.5 m. de ancho por 1 m de alto, identificándose a la especie por sus características morfológicas externas. La toma de medidas morfométricas (LT= longitud total, Lp= longitud patrón, y P= peso) se realizó con un ictiómetro convencional y el peso con una balanza semi analítica OHAUS modelo E4000, con capacidad para 400g. Enseguida se realizó la disección obteniéndose los ovarios mediante un corte longitudinal ventral. Una vez extraído el ovario, cada ejemplar se preservó en formol al 10%. Los ovarios obtenidos se preservaron de inmediato en Bouin, permaneciendo en este fijador de 8 a 12 horas, al término de este tiempo se procedió a lavarlos con agua corriente. Posteriormente se deshidrataron en alcoholes graduales (50°, 70°, 80°, 96° y absoluto), se aclararon en alcohol-xilol y xilol. La inclusión se hizo en paraplast (paraplast-xilol 1:1, paraplast I, y paraplast II) con punto de fusión de 56-58 °C, durante media hora cada cambio. Las gónadas incluidas se cortaron de manera seriada con un microtomo de rotación American Optical modelo 820, los cortes de la gónada se realizaron en sentido longitudinal y transversal con un grosor de 5 a 7 µm. Se aplicaron las técnicas de tinción: Hematoxilina-Eosina, Tricrómicas de Gallego y de Masson (Aguilar, 1996), así como una impregnación argéntica: doble impregnación de Cajal (Ramón y Cajal y de Castro, 1972) Una vez hecha la tinción y la impregnación, los cortes se montaron con bálsamo de Canadá.

La observación de los cortes histológicos se realizó en un microscopio American Optical 100. Se hicieron 25 mediciones de cada uno de los estadios de la ovogénesis.

utilizando un ocular micrométrico, tomando en consideración los ejemplares de las cuatro estaciones del año, excepto para los ejemplares en donde se encontraron los ovocitos de los estadios más avanzados, que sólo se presentaron en otoño. La toma de fotomicrografías se realizó en un fotomicroscopio Zeiss III.

VI. RESULTADOS

OBSERVACIONES MACROSCÓPICAS DEL OVARIO DE *I. whitei*

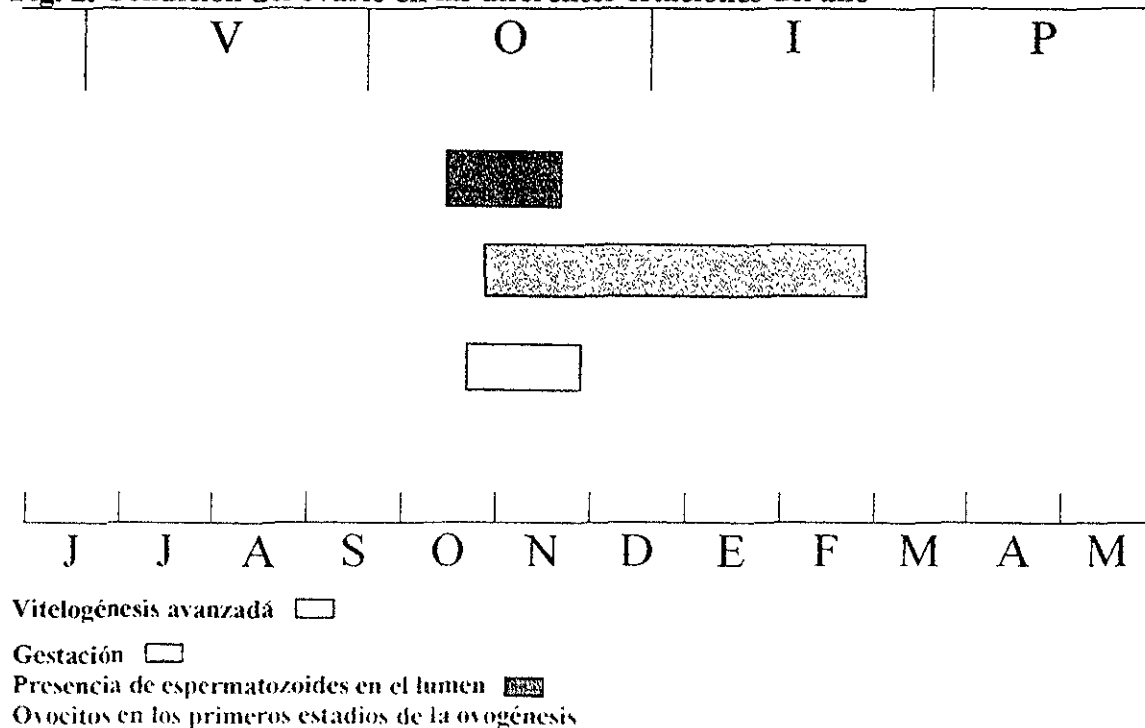
Las medidas morfométricas tomadas a los ejemplares colectados y la condición reproductiva del ovario se indica en la tabla 5, las cuales se integran en un ciclo anual en la

Fig. 2

ESTACION	Lp(mm)	LT(mm)	P(g)	CONDICION DEL OVARIO (No. De organismos en esta condición)
PRIMAVERA N=14	53.21±13.08	72.57±18.3	4.80±1.6	No gestante
VERANO N=6	58.5±7.5	78.66±10.6	5.55±2	No gestante
OTOÑO N=16	71.67±11.5	94.33±13.7	11.18±4.8	No gestante (2), gestación temprana (9) y avanzada (5)
INVIERNO N=6	46.5±6.4	575.9±	2.4 ±0.7	No gestante (4) Gestación temprana (2)

Tabla 5. Promedios (\pm DE) de las medidas morfométricas (Lp = longitud patrón, LT = longitud total, dadas en mm. y P = peso en g) y condición del ovario de *I. whitei* en las diferentes estaciones durante un ciclo anual.

Fig. 2. Condición del ovario en las diferentes estaciones del año



Como es característico de los peces vivíparos, *I. whitei* posee un sólo ovario, formado por la fusión del derecho y el izquierdo. Ocupa una posición dorsal y caudal en la cavidad del cuerpo, entre la vejiga gaseosa y el intestino, está dorsalmente unido a la membrana peritoneal y ventralmente al mesogastrio (Figs. 3, 5).

El ovario de *I. whitei* tiene forma de huso, es de tipo cistovárico (Fig. 7), es decir, constituye un órgano sacular similar al que presenta la mayoría de los teleósteos. Rodeando al ovario se encuentra la membrana peritoneal delgada y ligeramente pigmentada. Un estrecho y corto gonoducto comunica al ovario con el poro urogenital.

ESTRUCTURA MICROSCÓPICA DEL OVARIO DE *I. whitei*.

a) Aspectos generales.

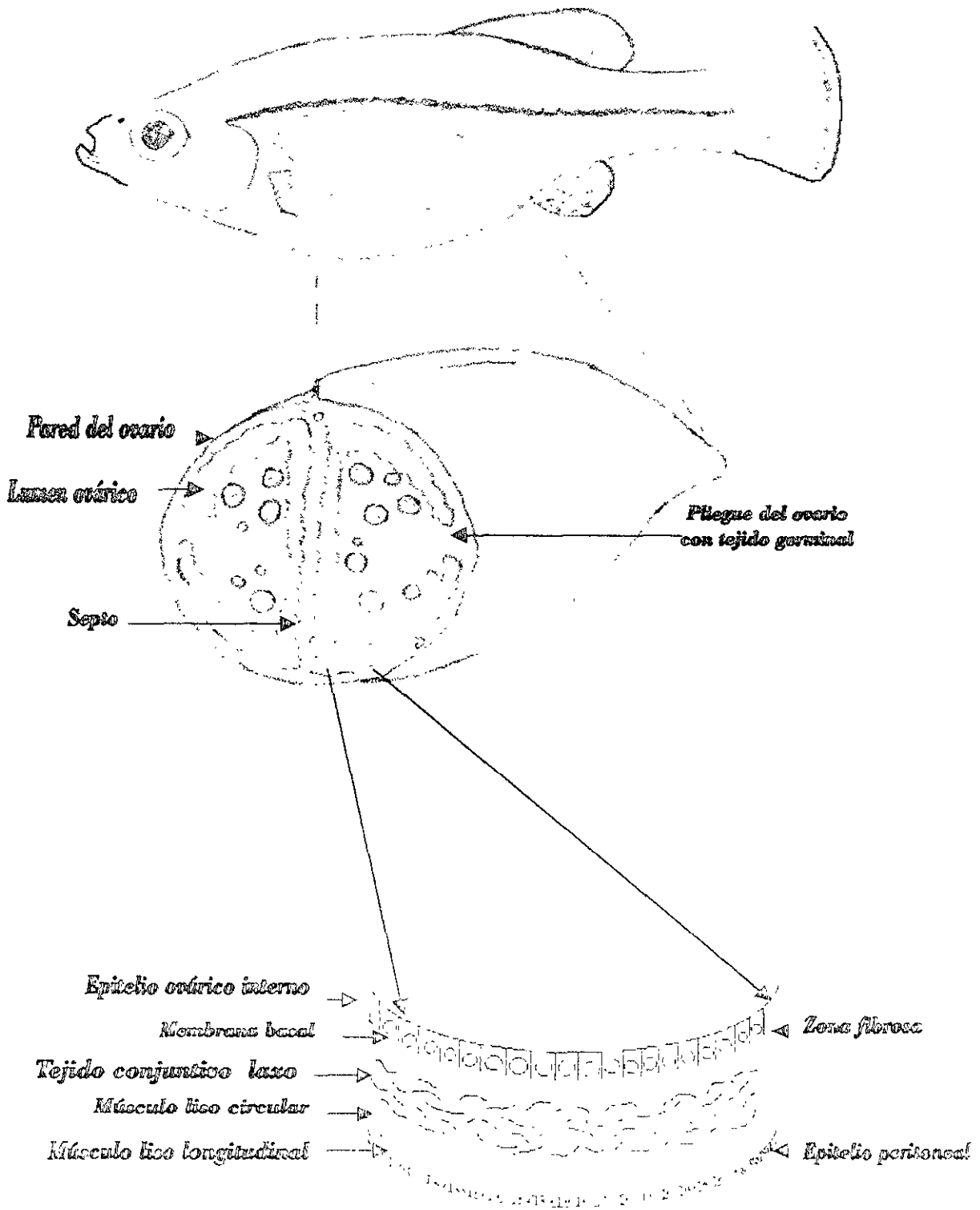
El ovario muestra un septo longitudinal que divide al lumen en dos porciones (Figs. 3, 12, 13). El septo ovárico está dorso-ventralmente unido a la pared del ovario extendiéndose a través de su longitud céfalo-caudal, excepto en la región más anterior, en donde es incompleto (Fig. 14), lo que permite la comunicación de las regiones derecha e izquierda. Tanto del lado derecho del ovario, como del izquierdo, en su parte media, la pared muestra un pliegue hacia el lumen, uno frente al otro (Figs. 3, 12, 13, 16, 17). Sólo en estos pliegues se encuentran los elementos germinales, esto es, las ovogonias y los ovocitos en diferentes estadios de maduración.

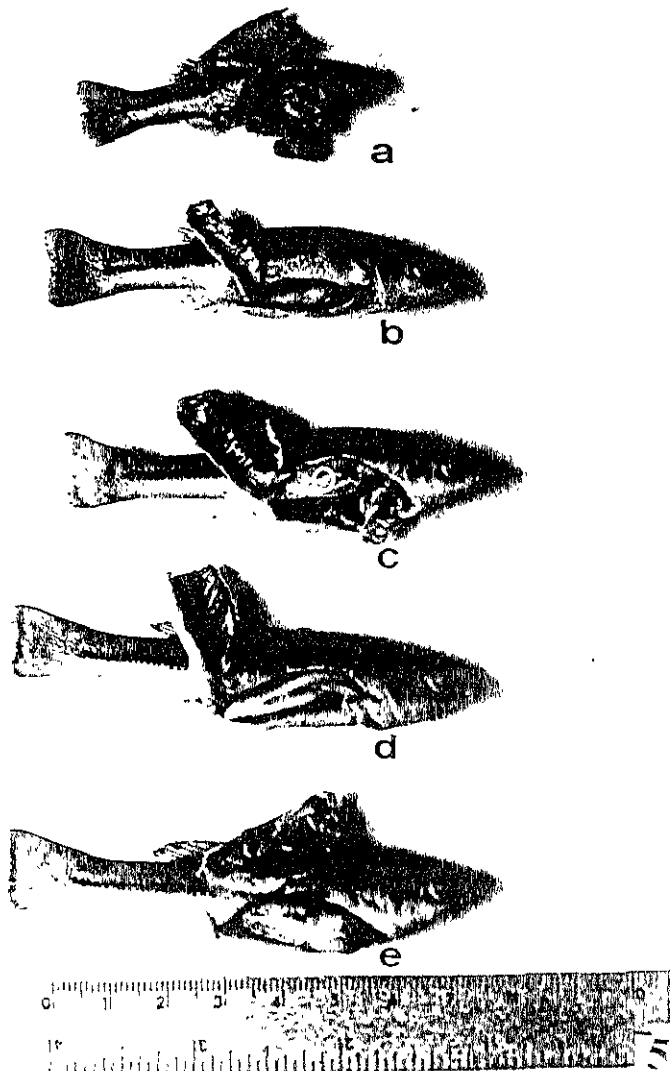
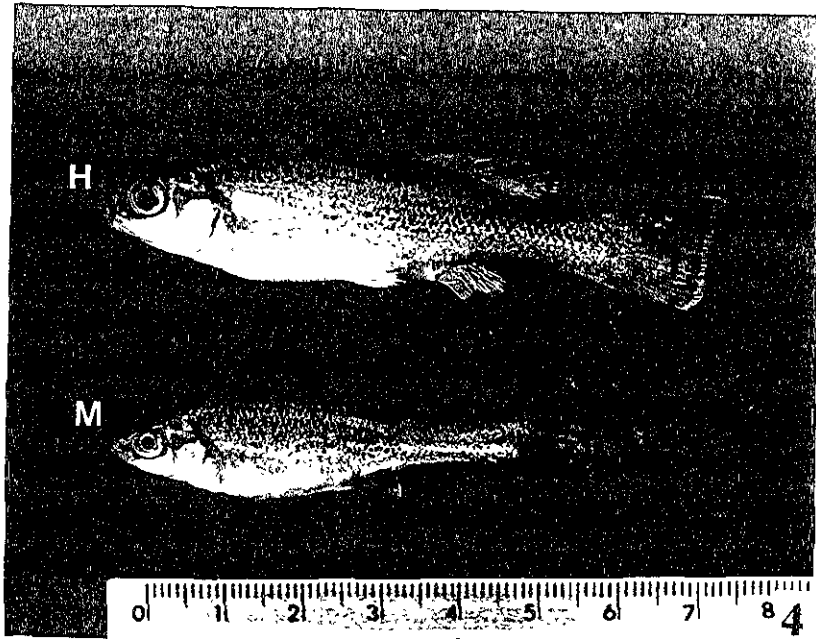
Del exterior al interior, la pared del ovario de *I. whitei* está formada por una capa periférica de peritoneo limitada por epitelio plano simple y una capa de tejido conectivo laxo que contiene melanocitos especialmente distribuidos hacia la periferia. Adyacente al peritoneo se observa una capa externa de fibras de músculo liso orientadas longitudinalmente y una interna de fibras dispuestas circularmente (Figs. 3, 13, 15). Hacia

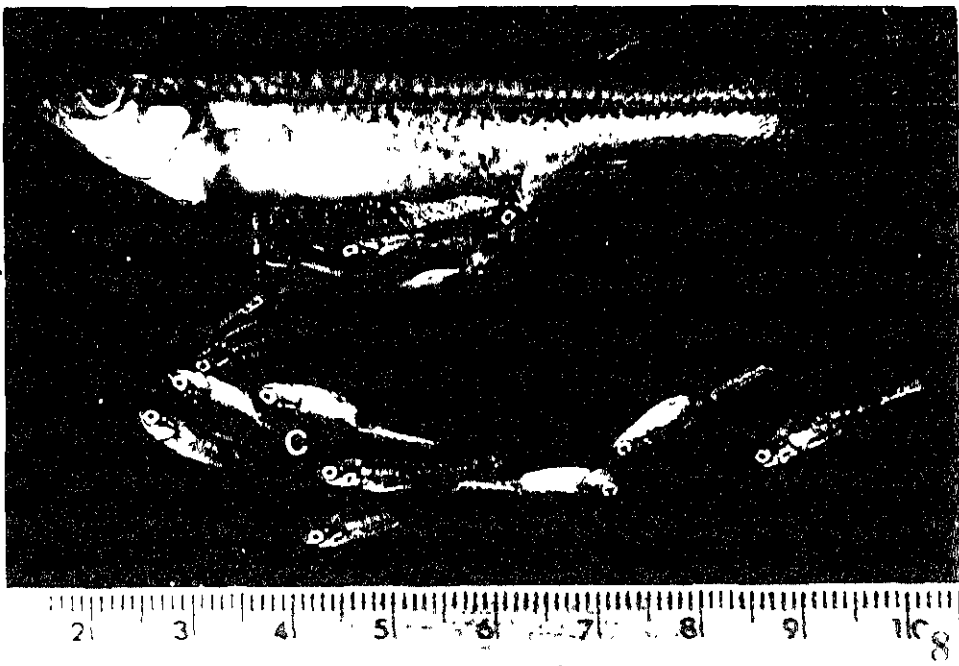
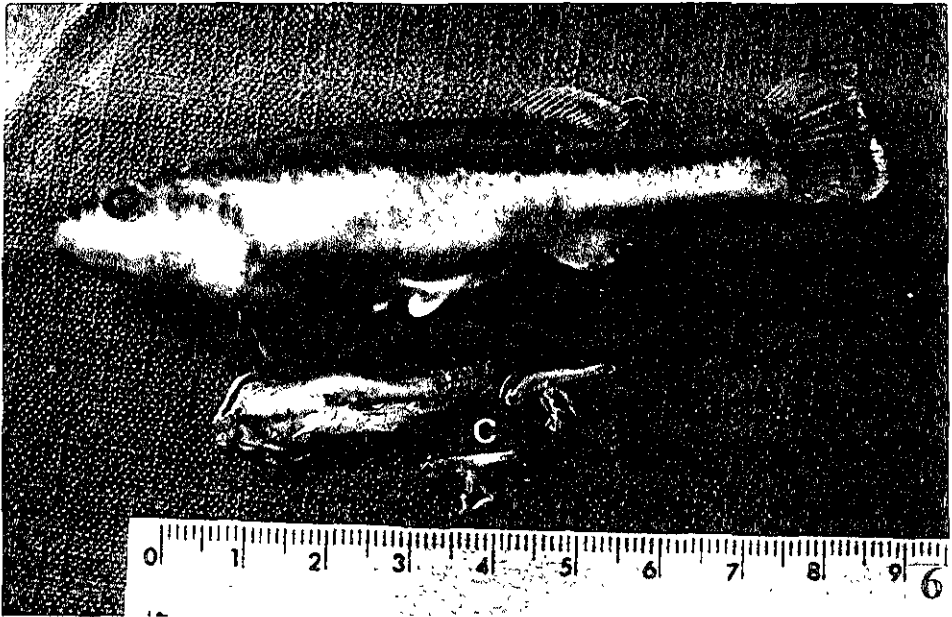
el interior de las capas musculares se localiza tejido conectivo laxo (Figs 15, 16, 17) Este tejido contiene vasos sanguíneos, fibroblastos y fibras colágenas y reticulares (Figs. 18, 19, 20), también contiene algunos leucocitos y escasas células ovaladas con gránulos citoplásmicos acidófilos (Fig. 20). Esta capa de tejido conectivo se continúa en el septo ovárico mostrando características histológicas similares (Fig. 13). Los vasos sanguíneos de diferente calibre son abundantes, especialmente los capilares, muchos de ellos están situados bajo el epitelio (Figs. 19, 20, 21, 22, 23). Subyacente al epitelio ovárico interno, se encuentra una zona del tejido conectivo de mayor densidad, debido a su condición más fibrosa que la observada en el resto del tejido conjuntivo que es muy laxo (Figs. 3, 18, 19, 20, 21). Por último se encuentra el epitelio ovárico interno de tipo cúbico o columnar simple que contiene células irregulares en talla y forma (Figs. 2, 20, 21, 22, 23), así como algunas células descamadas en el lumen ovárico (Figs. 2, 21).

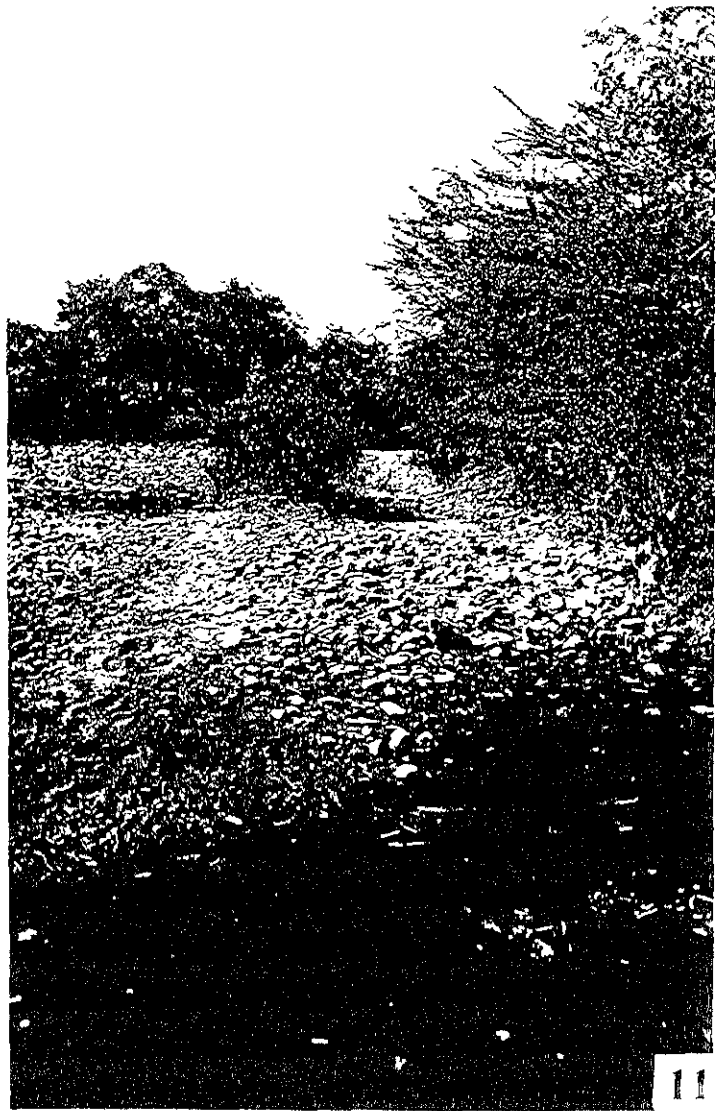
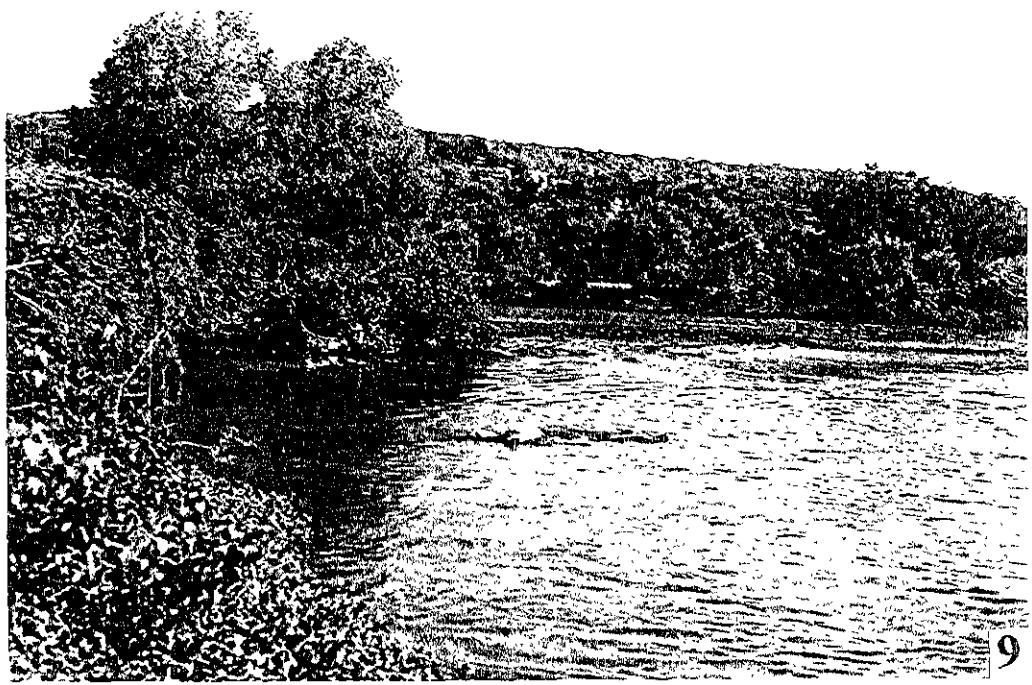
Durante la gestación, los embriones se desarrollan dentro del lumen ovárico (gestación intraluminal). Secciones del ovario en sentido longitudinal y transversal muestran los embriones en diferentes niveles de sus regiones antero-posteriores entre los pliegues de la pared ovárica (Figs. 13, 16, 17). Los embriones se sitúan paralelamente al eje mayor del ovario. En cortes longitudinales de los embriones se observa la trofotenia, (extensión del intestino posterior que se extiende hacia el exterior) (Fig 16), que es una estructura alargada, limitada por epitelio columnar y con tejido conjuntivo laxo vascularizado (Fig 23)

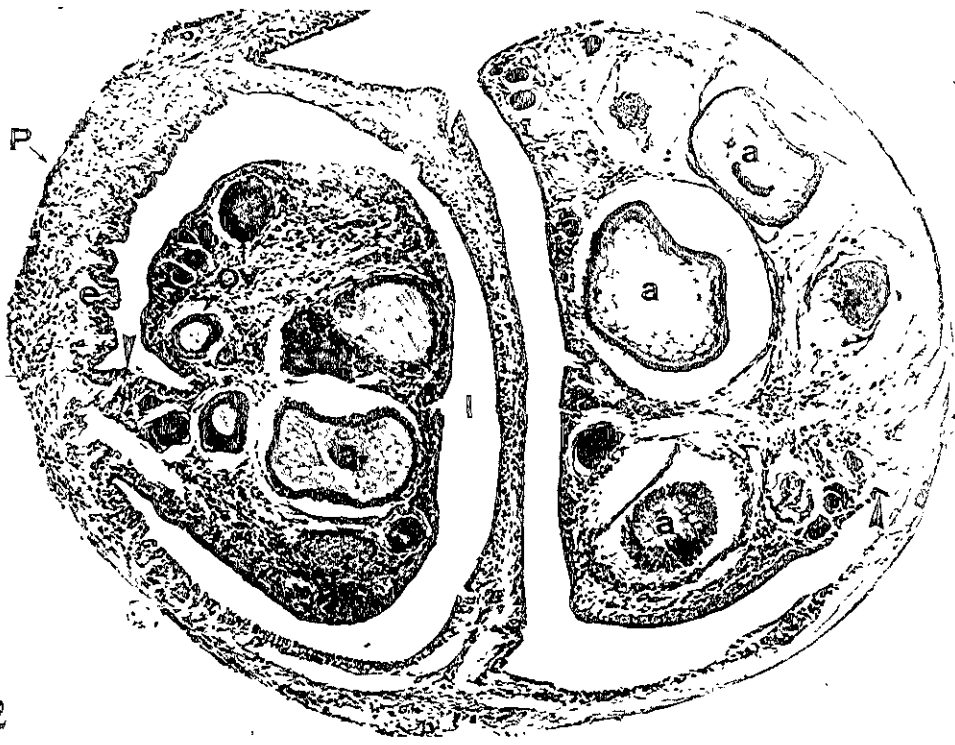
Fig. 3. Localización y estructura del ovario de *I. ulitzi*



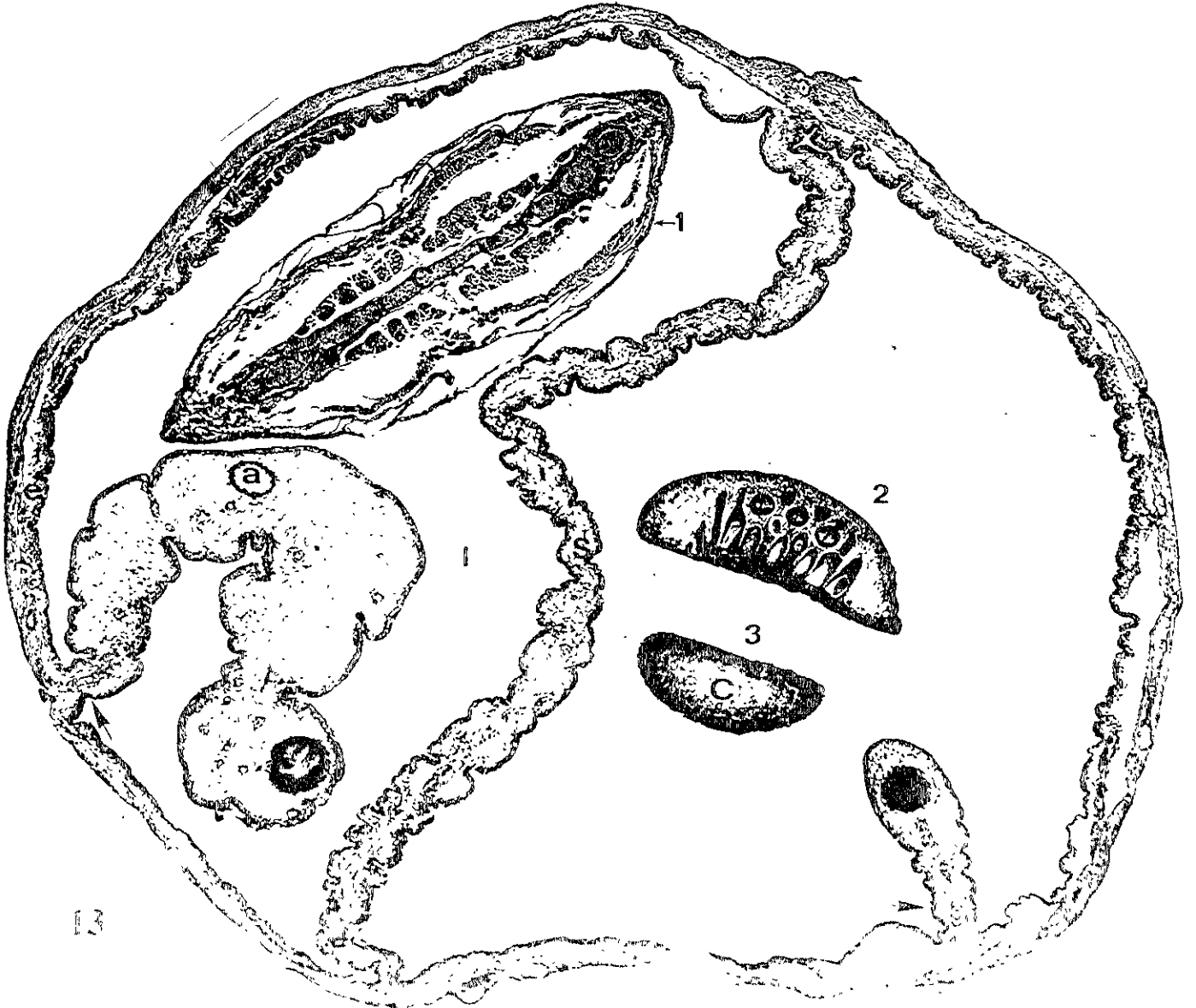




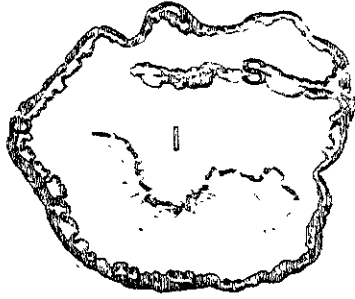




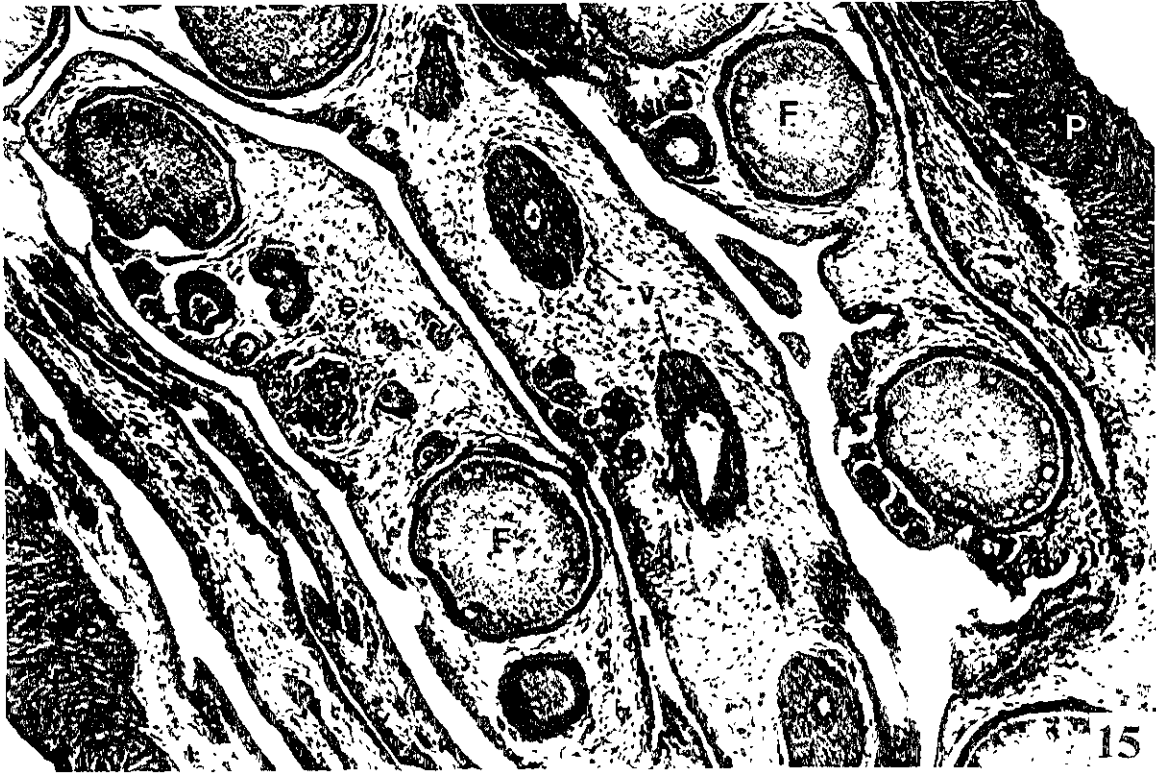
12



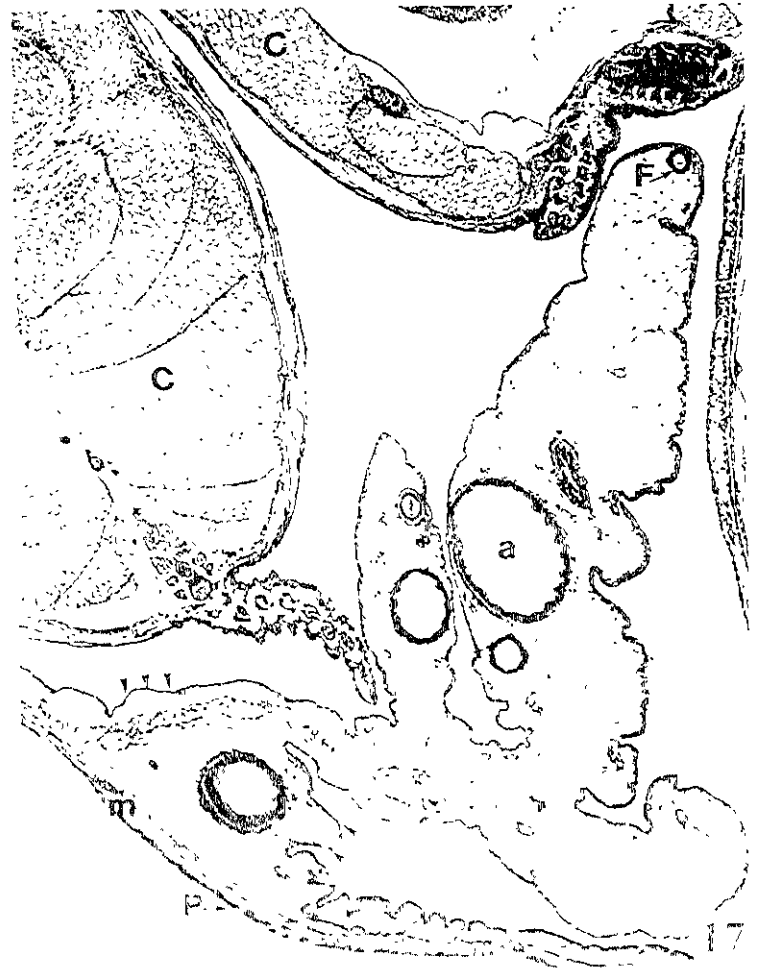
13

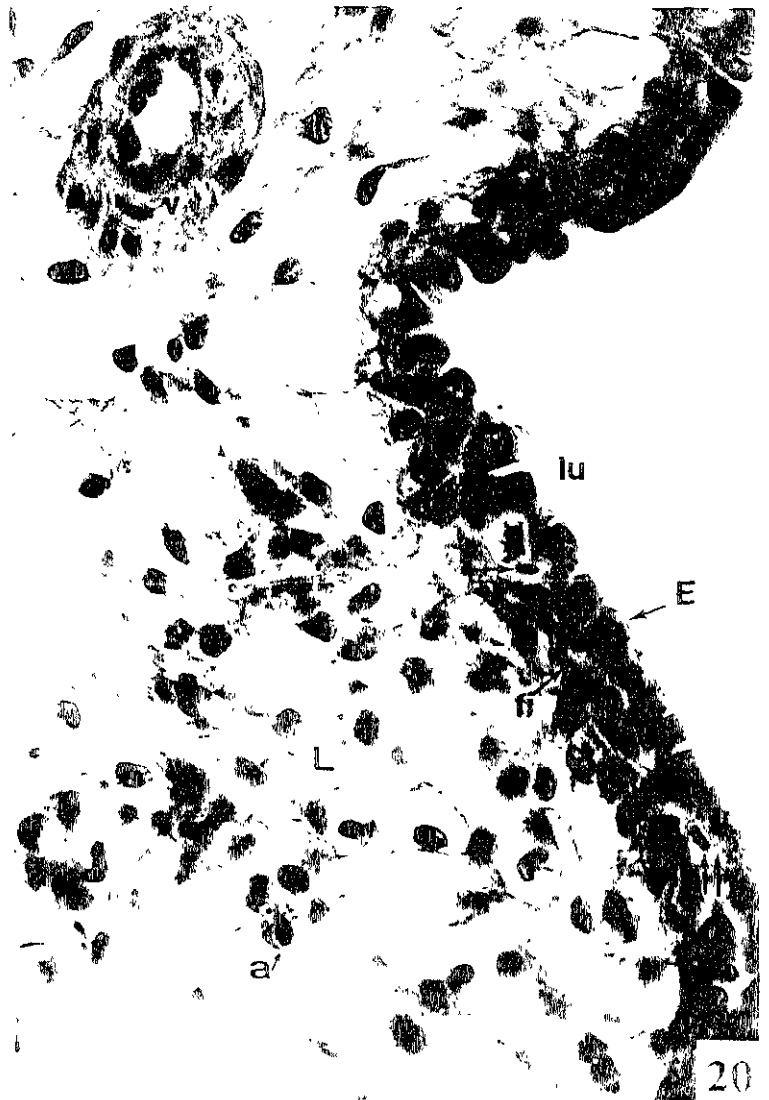
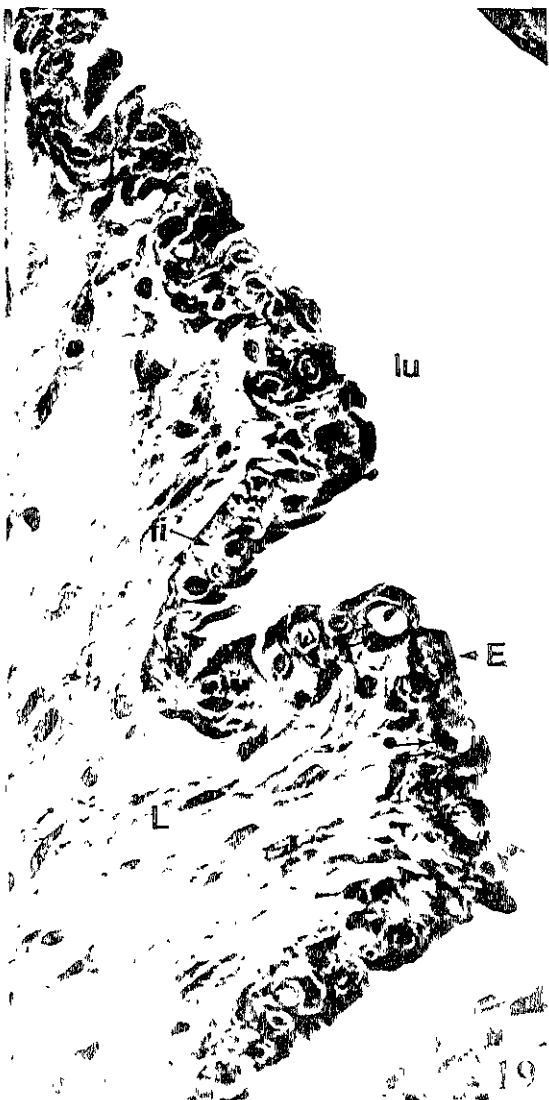
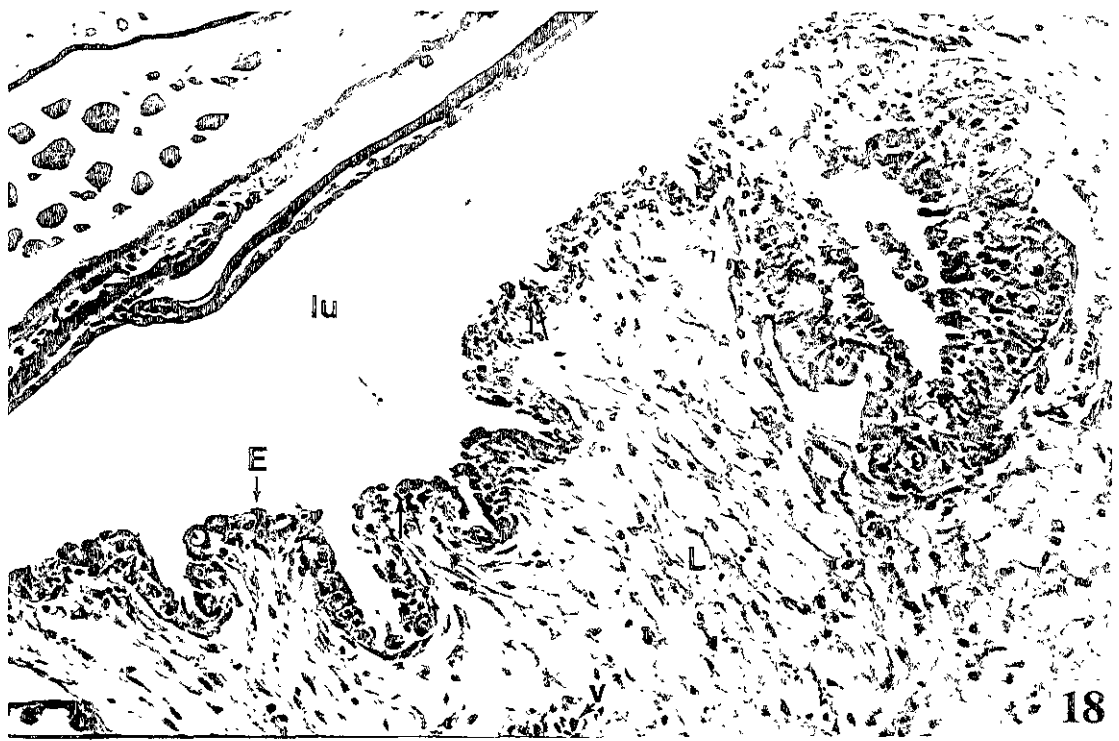


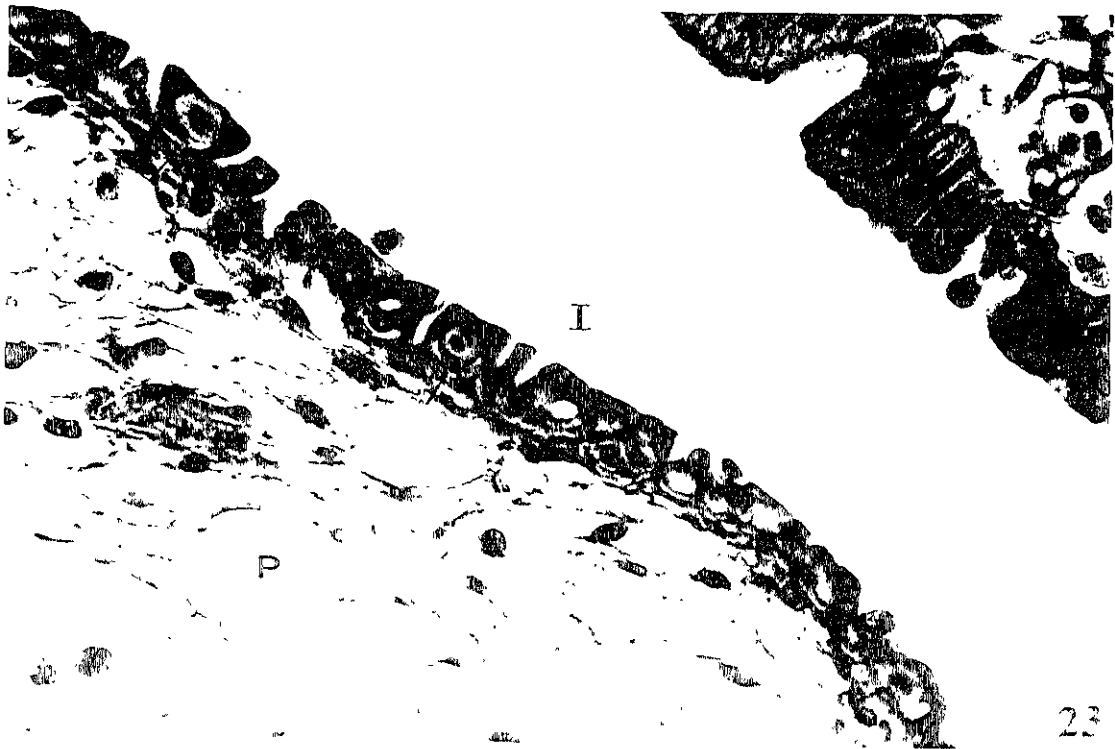
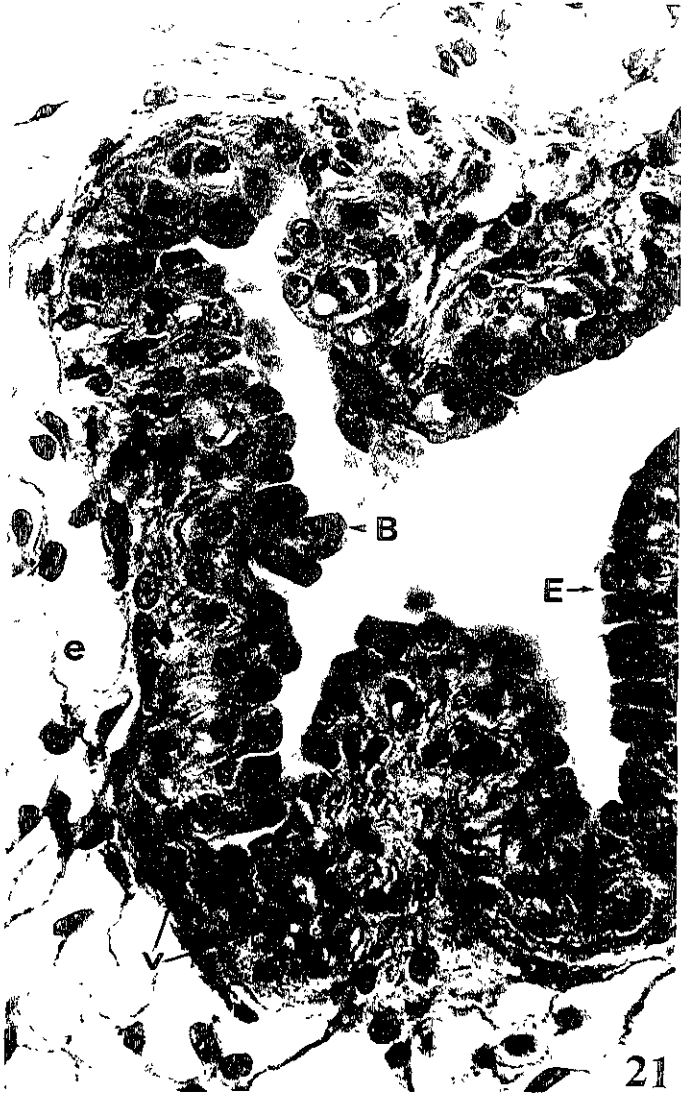
14



15







b) Ovogénesis

La ovogénesis ocurre en los pliegues ováricos en donde se observan folículos en diferentes etapas de desarrollo (Figs. 16, 17, 24) (Tabla 6).

Tabla 6. Diámetro de los ovocitos (N=25) en los diferentes estadios de la ovogénesis.

ESTADIO	MEDIA (μm)	DESV. ESTANDAR (μm)
I. Cromatina-nucléolo	11.7	5.3
II. Perinucléolo	67.3	19.2
III. Vesículas de vitelo	242.2	43.9
IV. Plaquetas vitelinas tempranas	365.1	67.1
V. Plaquetas vitelinas avanzadas	469.6	57.2
VI. Madurez	950.8	50.6

Las ovogonias se localizan en el epitelio interno del ovario (Fig. 25), pueden encontrarse aisladas o, en su mayoría, en grupos de 2 a 4 ovogonias. Estas células son esféricas, con núcleo también esférico y citoplasma hialino (Fig. 25). En el epitelio germinal se observan también ovocitos tempranos en etapas iniciales de la meiosis, las que corresponden desde la fase leptótena hasta la fase diplótena de la profase I; el citoplasma es homogéneo y ligeramente teñido (Figs. 24, 26, 27). Esta última fase se observa en ovocitos que, rodeados por una capa incompleta de células foliculares escamosas y de la lámina basal, se invaginan hacia el estroma (Fig. 27) de manera aislada o formando grupos de 4 a 8 ovocitos.

En este estudio se ha dividido el proceso de ovogénesis en seis estadios, de acuerdo con los cambios morfológicos que presentan los folículos ováricos durante su desarrollo.

adaptando la clasificación que para la ovogénesis de peces ovíparos hacen Yamamoto y Yamazaki (1969) y Zanuy y Carrillo (1973).

Estadio I: Cromatina-nucléolo ($11.7 \pm 5.3 \mu\text{m}$).

En los ovocitos de este estadio (Fig. 28) se observa la presencia de un núcleo grande que contiene un nucléolo densamente basófilo, algunas veces se pueden observar los cromosomas plumulados. El ooplasma es ligeramente basófilo y escaso en relación con el diámetro del núcleo. Células foliculares planas parcialmente rodean a los ovocitos.

Estadio II: Perinucléolo ($67.3 \pm 19.2 \mu\text{m}$)

En este estadio (Figs. 29, 30) los ovocitos presentan similitud en cuanto al núcleo esférico del estadio anterior, pero conforme avanza la ovogénesis se observan varios nucléolos en la periferia. El ooplasma sigue siendo basófilo pero con mayor afinidad tintórea en relación a la observada en el estadio anterior, mostrando una estructura finamente granulosa. El ovocito está completamente rodeado por una delgada capa de células foliculares planas.

Estadio III: Vesículas de vitelo o vitelogénesis endógena ($242.2 \pm 43.9 \mu\text{m}$).

Esta etapa (Figs. 31, 32) se caracteriza por la formación de vesículas en el ooplasma que progresivamente aumentan de la periferia hacia el núcleo, hasta que el ovocito presenta una apariencia completamente vacuolada. Las células foliculares se presentan formando un epitelio cúbico. La zona pelúcida se localiza en forma de un pequeño engrosamiento con afinidad acidófila que se hace evidente entre las células foliculares y el ooplasma.

Estadio IV: Formación temprana de plaquetas vitelinas ($365.1 \pm 67.1 \mu\text{m}$).

En este estadio (Figs. 33, 34, 35) las vesículas de vitelo han ocupado la mayor parte del ooplasma, se empiezan a observar las plaquetas de vitelo entre las vesículas, inicialmente se encuentran en la región periférica del ovocito. Al principio estas plaquetas son pequeñas,

acidófilas y esféricas. La zona pelúcida se engruesa y su región radiada se hace evidente. Las células foliculares son mas altas que en el estadio anterior, formando un epitelio columnar.

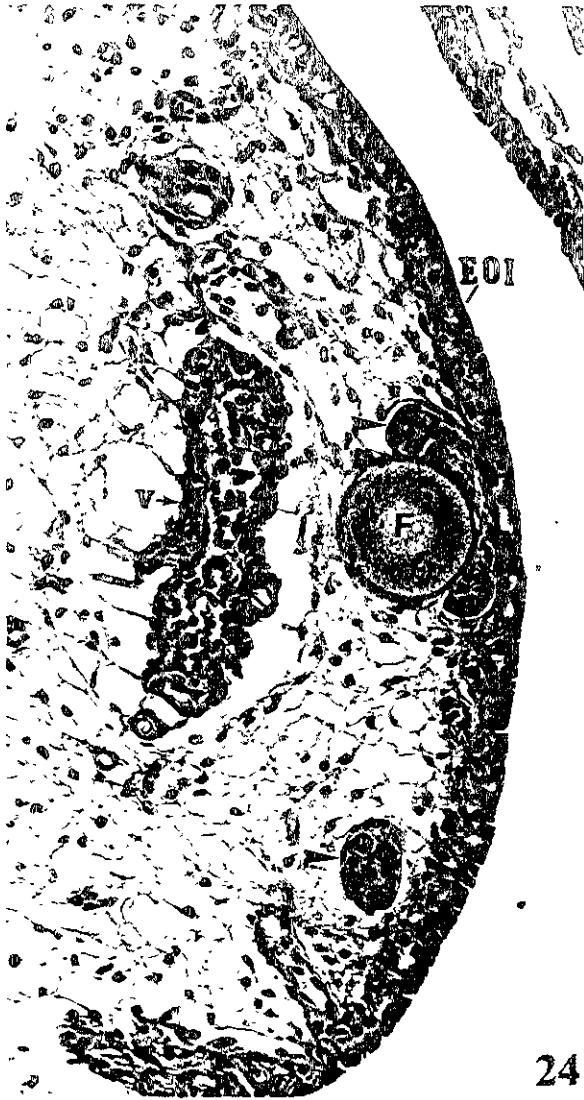
Estadio V: Formación avanzada de plaquetas vitelinas ($469.6 \pm 57.2 \mu\text{m}$).

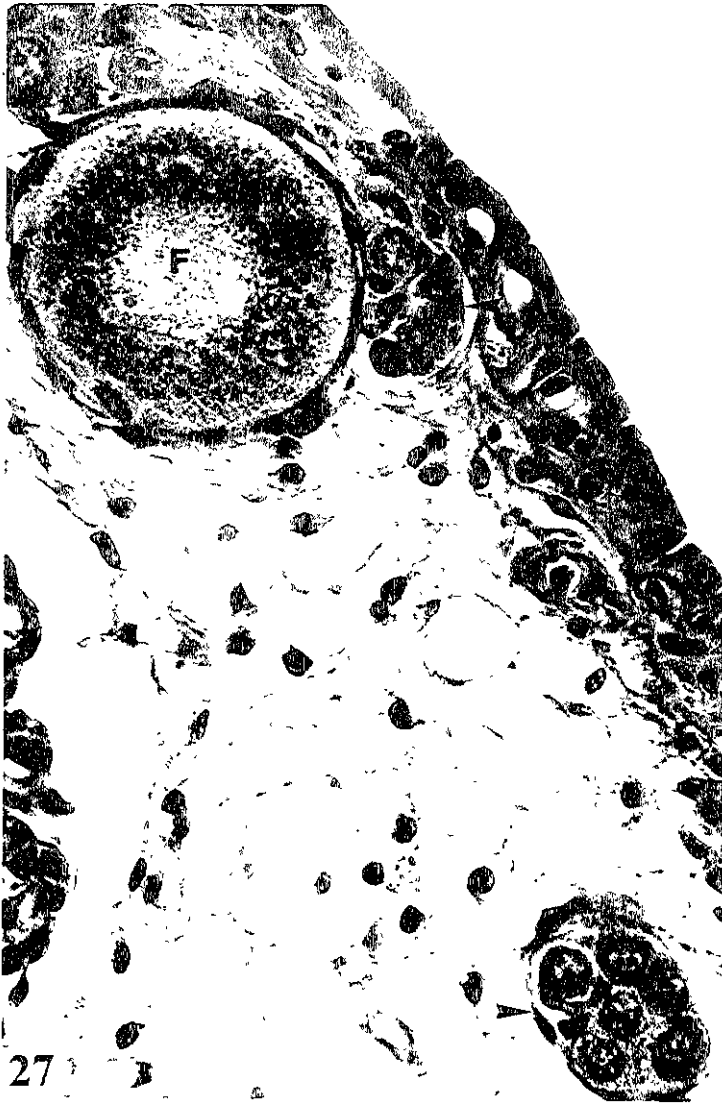
En esta etapa (Fig. 36) las plaquetas de vitelo aumentan de talla y número iniciándose su homogeneización, progresivamente se van formando plaquetas vitelinas de diferente diámetro las cuales pueden observarse esféricas o irregulares, algunas de ellas son de gran tamaño debido a la fusión de las plaquetas iniciales. La zona pelúcida y el epitelio folicular mantienen características similares a las observadas en el estadio anterior.

Estadio VI: De madurez ($950.8 \pm 50.6 \mu\text{m}$)

En este estadio (Fig. 37) con el avance de la vitelogénesis, en el ovocito se observa una gran masa de vitelo repartido de manera homogénea en el interior del ooplasma. Las células foliculares mantienen sus características morfológicas de epitelio columnar.

El número de folículos ováricos varía de acuerdo con la etapa reproductiva, en los ovarios no gestantes durante el crecimiento de los folículos son muy abundantes (Fig. 38), en tanto que en la etapa gestante los folículos son muy escasos (Fig. 39)

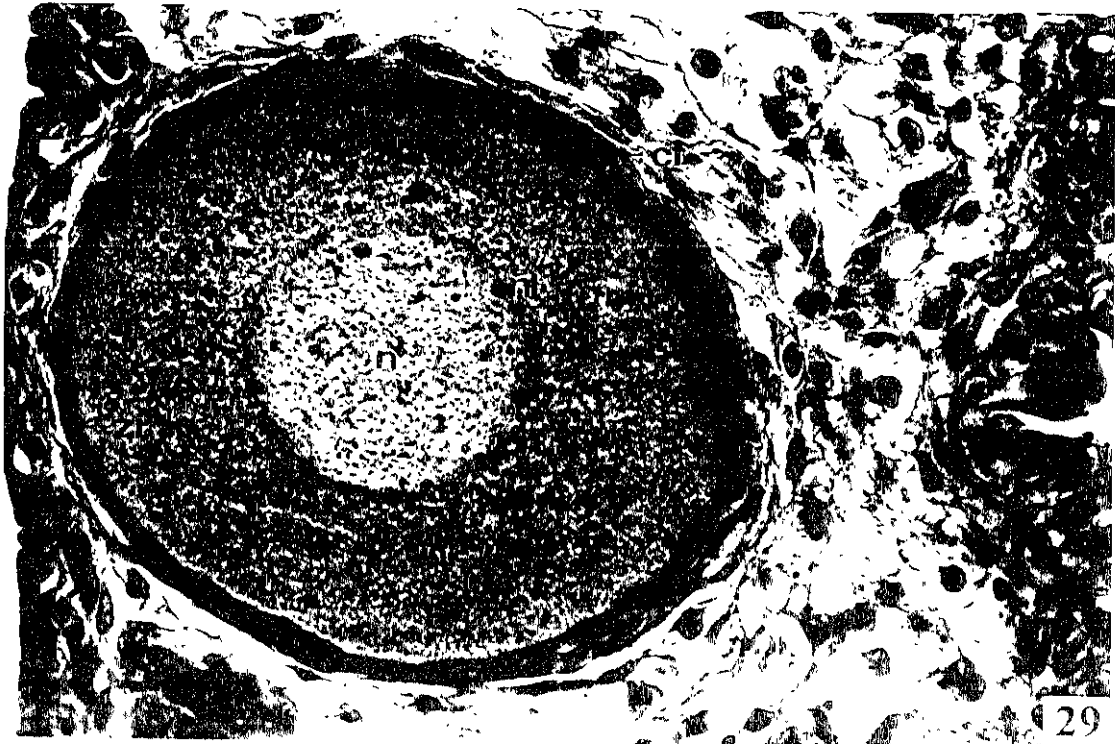




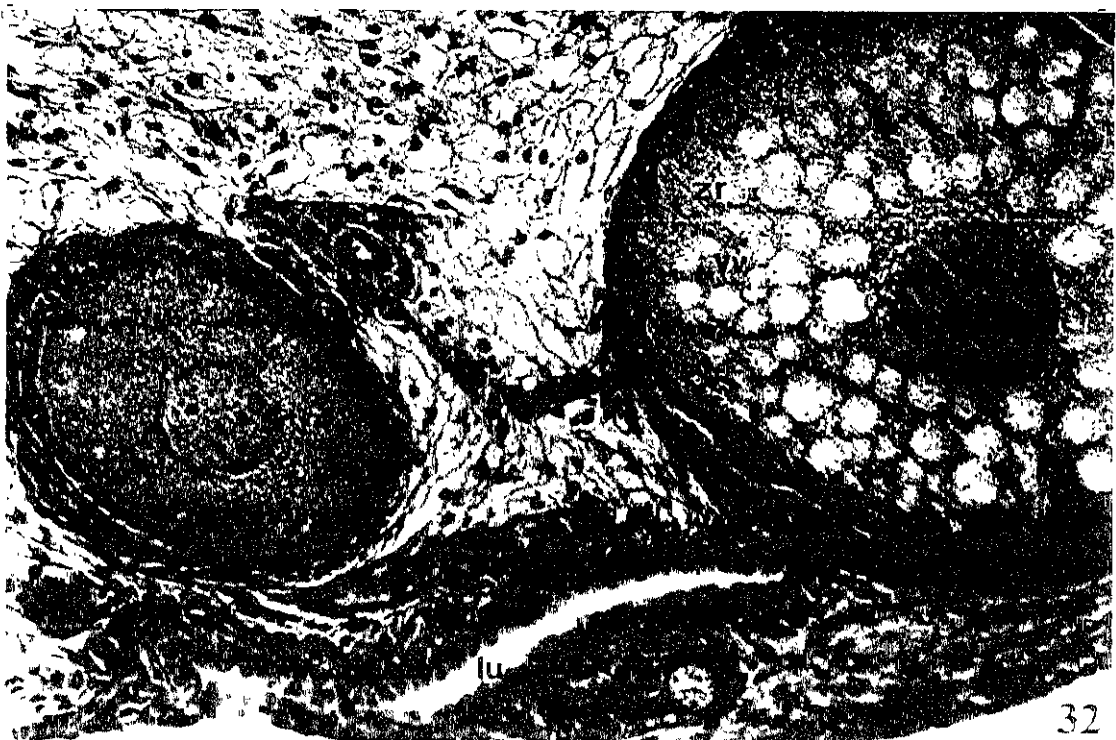
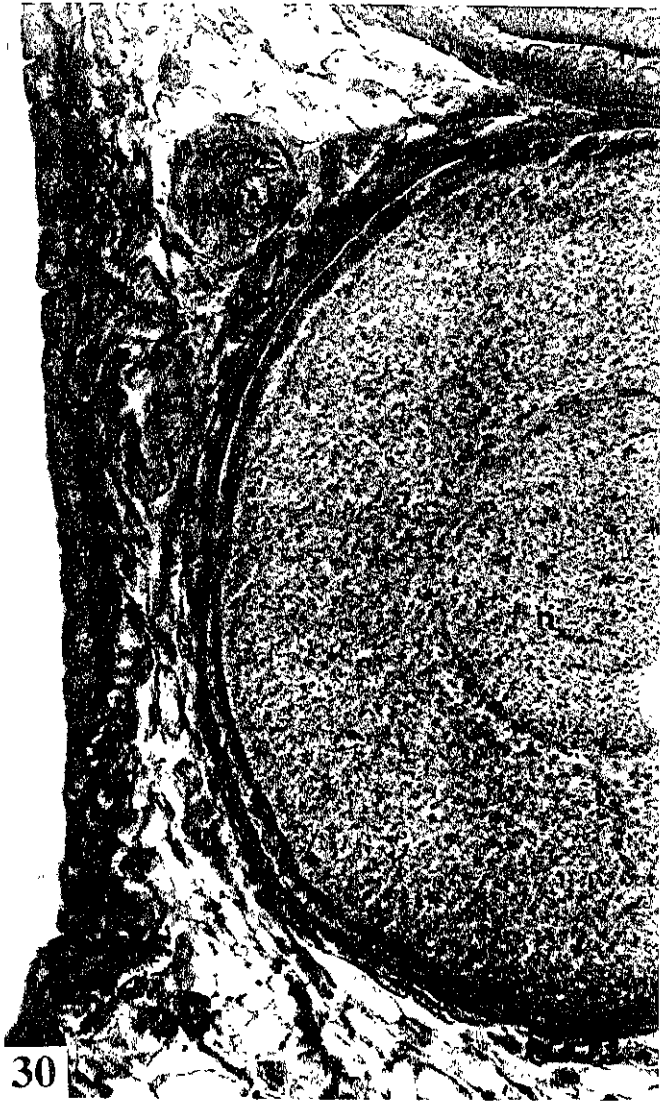
27

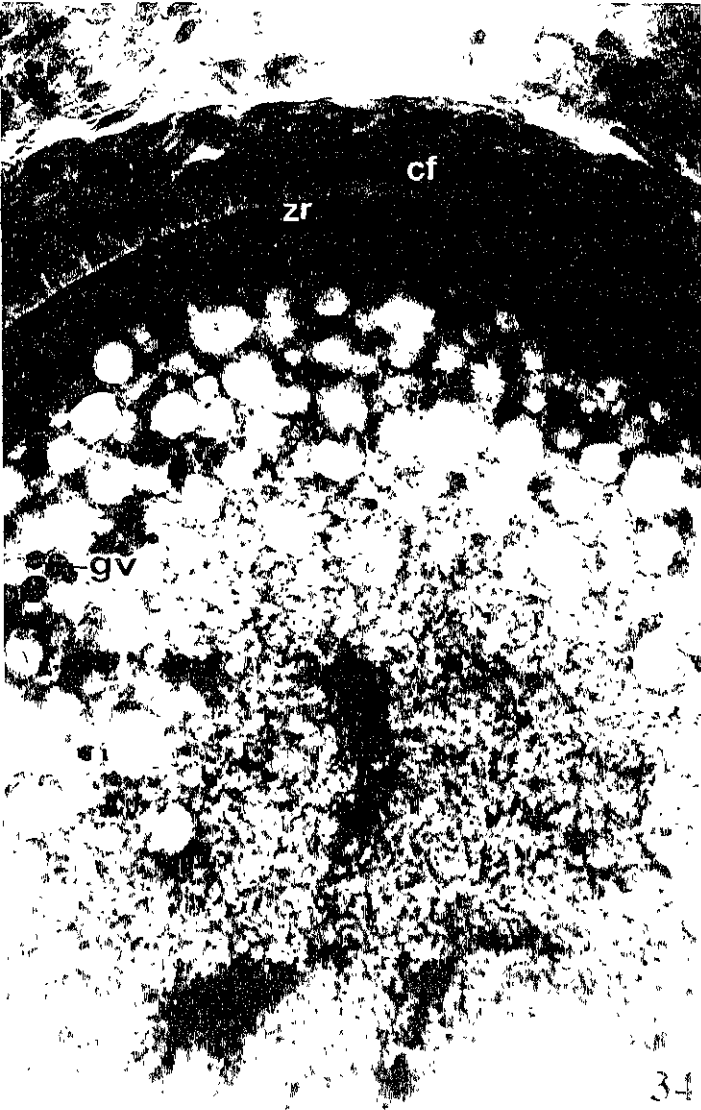
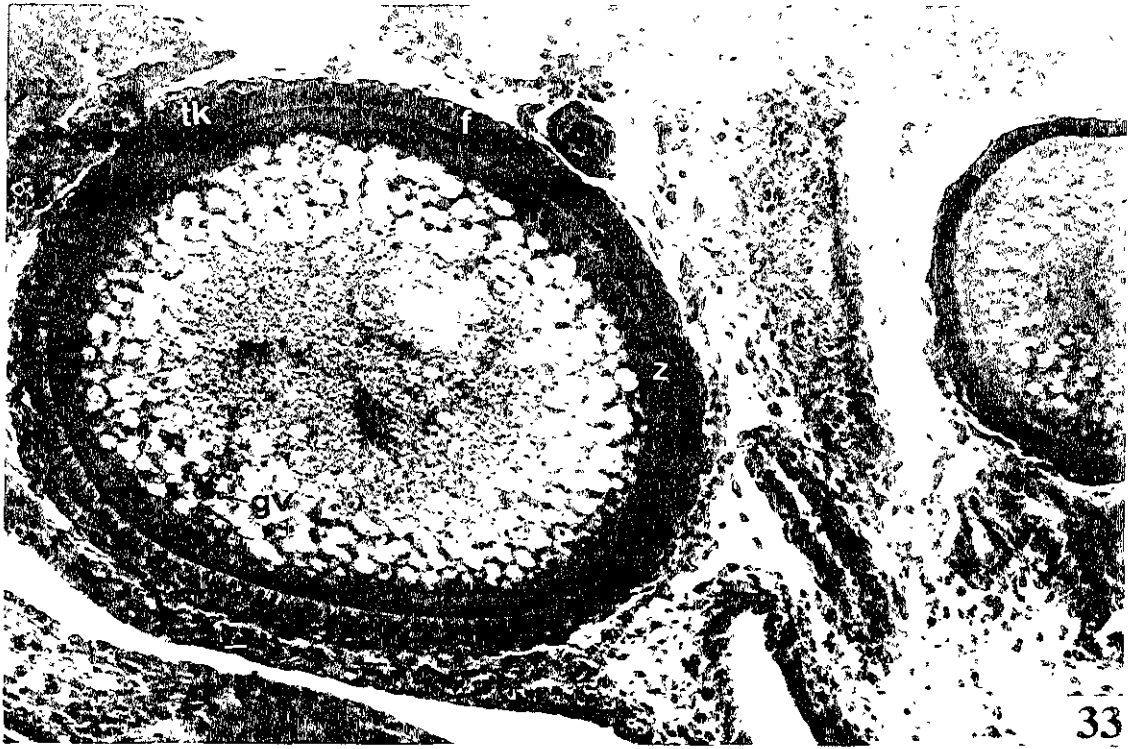


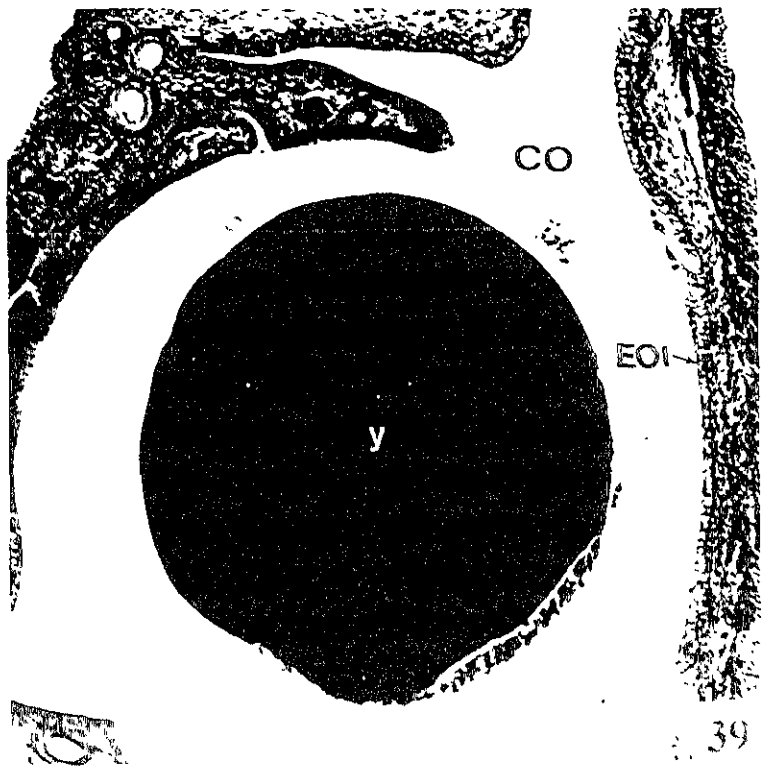
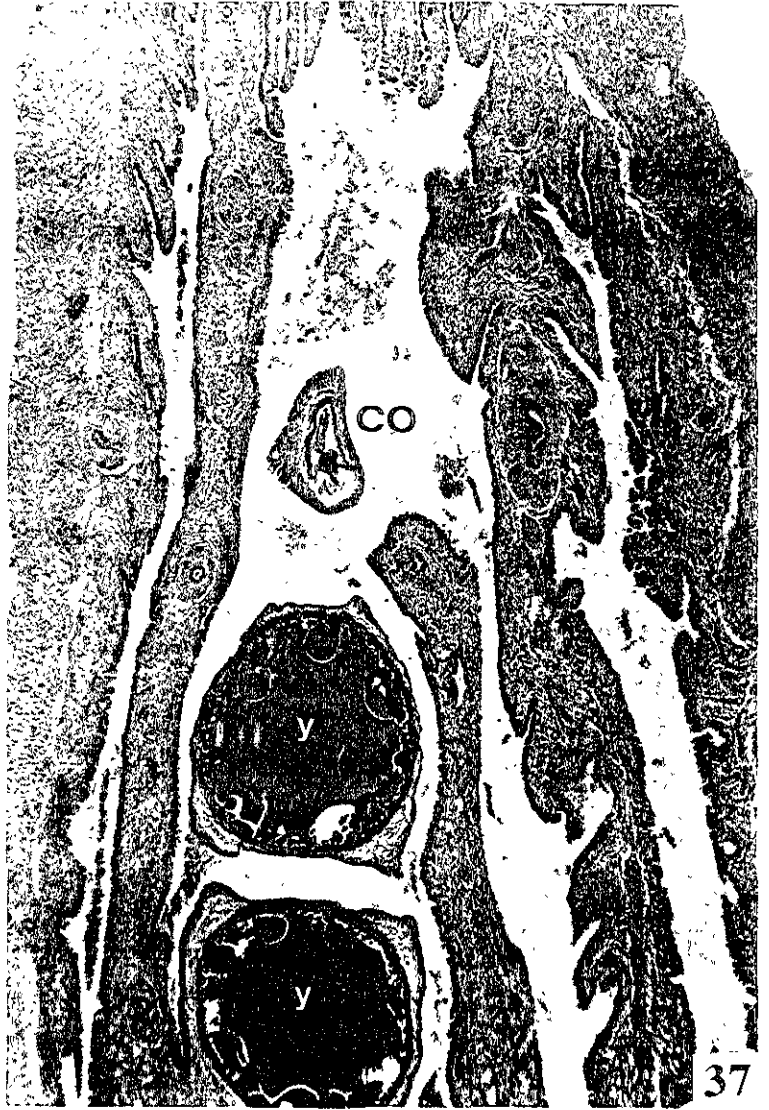
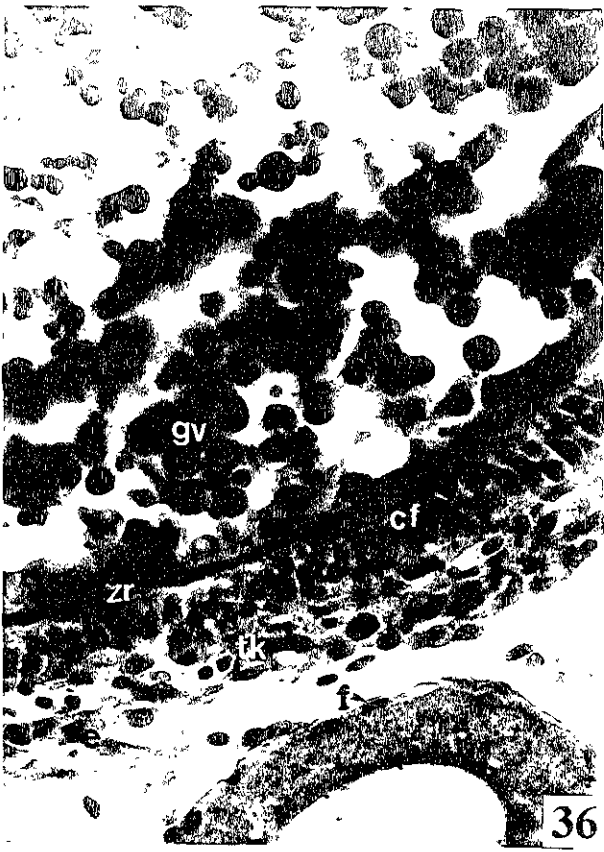
28



29







c) Atresia

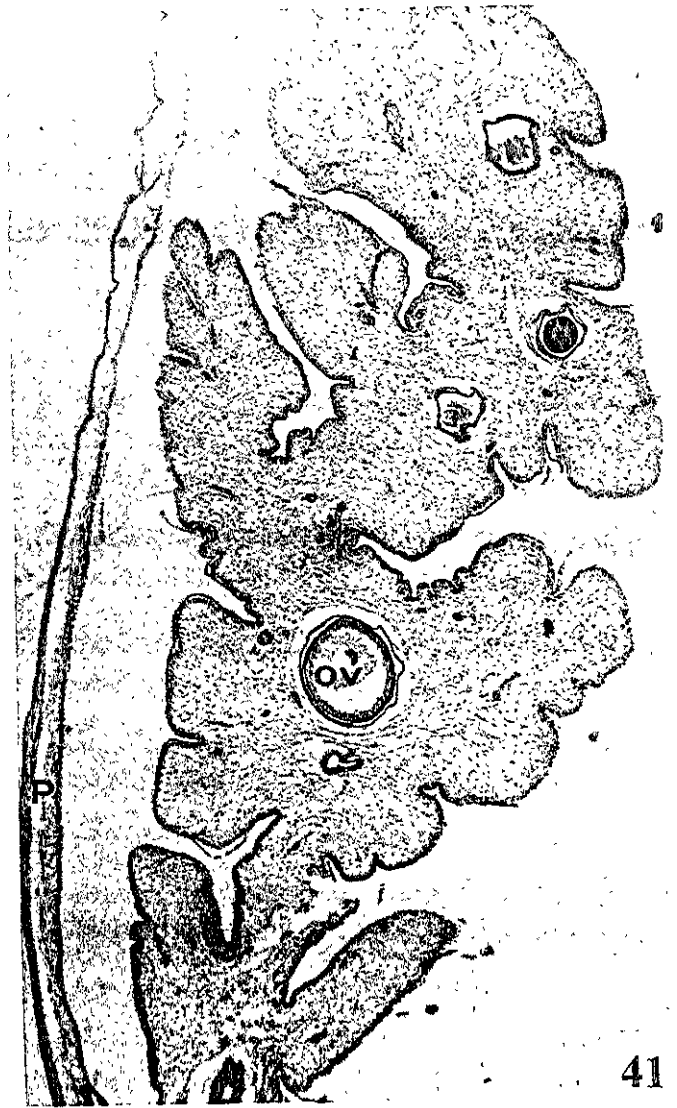
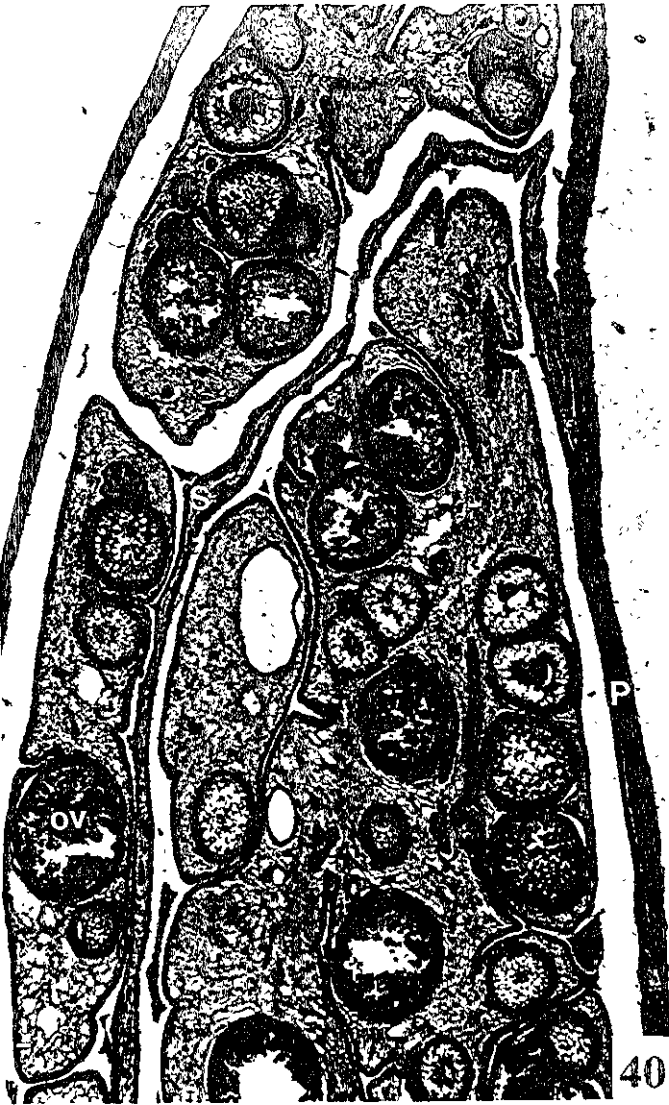
En todos los estadios de la ovogénesis identificados en *I. whitei* se observan folículos atrésicos (Figs. 40, 41, 42, 43), reconocidos por cambios morfológicos característicos de esta condición folicular, como son: durante las fases iniciales de atresia la zona pelúcida pierde su definición y se pliega (Figs. 40, 41, 42), las células foliculares proliferan de manera irregular y el ooplasma progresivamente se desintegra. Posteriormente, en fases más avanzadas de atresia (Figs. 42, 43), el folículo se colapsa por completo, las células foliculares proliferan formando varias capas celulares, de forma y tamaño irregulares, las cuales se observan rodeando una masa de residuos del ovocito; algunas de las células foliculares apicales se desprenden hacia el ovocito, indicando su actividad fagocítica.

Tanto en ovarios gestantes como en no gestantes se observaron ovocitos en atresia. En los primeros se observaron ovocitos en diversos estadios de maduración, siendo el más avanzado el estadio IV, correspondiente a la formación temprana de plaquetas vitelinas, estos ovocitos en su mayoría mostraron signos de atresia (Figs. 16, 17, 39).

d) Presencia de espermatozoides en el ovario.

En el otoño algunos ovarios en etapa temprana de gestación mostraron la presencia de espermatozoides (Figs. 46, 47, 48) dentro del lumen intraovárico. Los espermatozoides se sitúan en pequeños pliegues que forma la pared ovárica, muy cercanos al epitelio interno

En *I. whitei* la vitelogénesis avanzada ocurre durante octubre (otoño) a noviembre, mientras que el periodo de gestación se lleva a cabo de octubre-noviembre (otoño) a enero-febrero (invierno) (Fig 2)

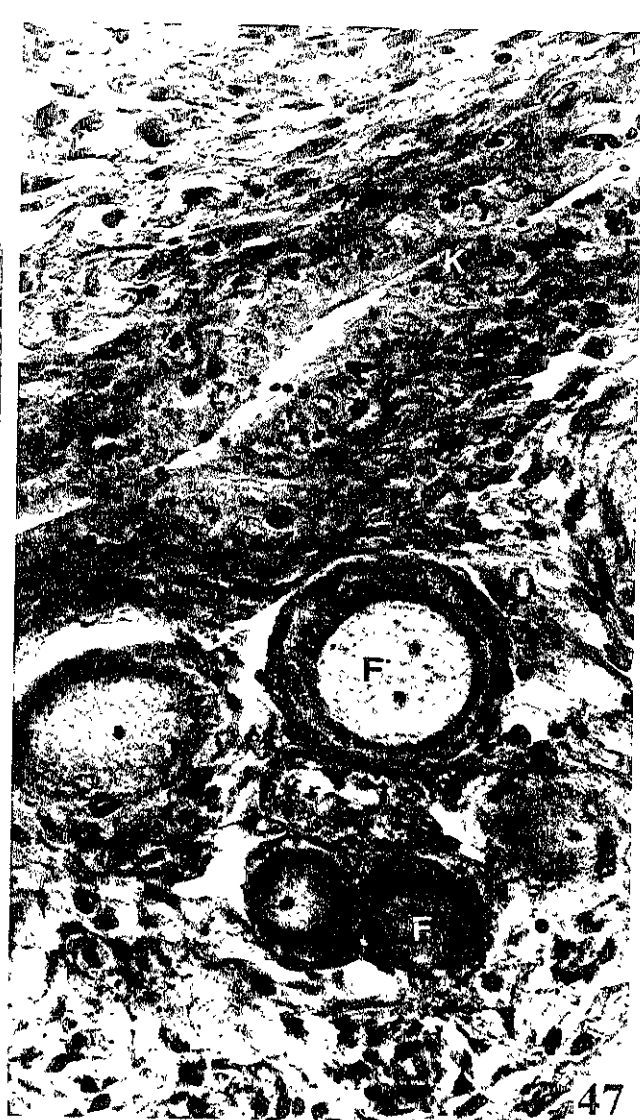


40

41

42





VII. DISCUSION

El ovario de *I. whitei* corresponde al de tipo derivado propuesto por Hubbs y Turner (1939) para la subfamilia Girardinichtyinae, a la cual pertenece esta especie, esto debido a la presencia de dos características morfológicas: la situación del tejido ovígero y el tipo de trofotenia que posee, es decir, una pared ovárica y septo carentes de tejido ovígero, quedando este tejido confinado a dos pliegues, uno a cada lado del ovario, y la trofotenia que es en forma de cinta.

En *I. whitei* los pliegues de la pared ovárica que contienen las células germinales se originan sólo en la porción media lateral de cada cavidad del ovario y no de forma dorsolateral como lo menciona Godínez (1991) para esta misma especie.

El septo, en *I. whitei* corre a todo lo largo del ovario de forma recta, a diferencia de *Allophorus*, *Chapalichthys* y *Xenotoca* en los que se pliega varias veces. Este septo en *I. whitei* se interrumpe en el extremo céfalico, de manera similar a lo descrito para *Dermogenys pusillus* (Hemiramphidae) y *Stygicola dentata* (Bythitidae) donde el ovario está parcialmente fusionado (Mendoza, 1943).

Sin embargo, longitudinalmente el septo del ovario de *I. whitei* lo divide completamente, a diferencia de la división parcial descrita por Hubbs y Turner (1939); y Lombardi (1985) en *Xenophorus captivus* y *Neophorus diazi*, permitiendo en este nivel de la región central del septo la comunicación de ambas cavidades; o bien, en el caso de *Zoogoneticus quitzeoensis* el septo está unido sólo a lo largo de la pared dorsal (Hubbs y Turner, 1939; Lombardi y Wourms, 1985).

La estructura histológica del ovario de *I. whitei*, al igual que el de *Skiffia bilineata* (Turner, 1933) y *Ameca splendens* (Lombardi y Wourms, 1985), está constituido por cuatro

capas tisulares, que del exterior al interior son: 1) peritoneo; 2) músculo liso; 3) tejido conjuntivo y 4) epitelio ovárico interno.

El epitelio ovárico interno de *I. whitei*, de manera similar al de *Skiffia bilineata* (Turner, 1933, Hubbs y Turner, 1939) y *Ameca splendens* (Lombardi y Wourms, 1985), posee células con características secretoras, las cuales varían en la época de gestación activando su secreción. De acuerdo con Schindler y Hamlett (1993) este aspecto indica su actividad en la formación del embriotrofo que se vierte al interior de la cavidad ovárica en donde se encuentran las crías en desarrollo. El embriotrofo es una secreción viscosa producida principalmente por el epitelio ovárico interno para satisfacer las necesidades de nutrición de los embriones, necesaria en la condición de los peces vivíparos como *I. whitei*; ya que éstos no poseen alta cantidad de reservas en forma de vitelo, como la tienen los peces ovíparos; por consiguiente el epitelio ovárico interno tiene una importante función en la nutrición de las crías.

La gestación es de tipo intraluminal en *I. whitei*, puesto en evidencia ya que todos los embriones se observaron en la cavidad ovárica, esto concuerda con lo descrito para las especies de la familia Goodeidae como el modo prevalente de gestación (Hubbs y Turner, 1939; Mendoza, 1943; Wourms et. al., 1988; Wourms y Lombardi, 1992). En este tipo de desarrollo embrionario la fecundación ocurre en el folículo ovárico, pasando el embrión al lumen del ovario alrededor de la etapa de discoblástula, lo que coincide con las observaciones aquí realizadas, en las cuales la etapa más temprana de desarrollo embrionario observada en el lumen ovárico correspondió al final de la segmentación.

Tanto en los peces teleósteos ovíparos como *Centropomus undecimalis* (Neidig et. al., 2000) como en los vivíparos, siendo el caso de *I. whitei*, el epitelio ovárico es el sitio donde comienza la ovogénesis, ya que en él se encuentran las ovogonias que van a iniciar el

proceso meiótico, posteriormente se van a rodear de células foliculares y por la membrana basal del epitelio constituyendo los folículos primarios, los cuales son embebidos hacia la capa de tejido conjuntivo donde se continúa el proceso de foliculogénesis. Durante este proceso, el folículo primario se rodea de la teca interna y la teca externa, la primera es vascular, mientras que la segunda contiene abundantes fibras colágenas. La observación en *I. whitei* del desarrollo de los folículos primarios en el epitelio germinal, en donde el ovocito se rodea de células foliculares, indica el origen de estas células a partir del epitelio ovárico interno, en tanto que las células de la teca son derivadas del estroma ovárico. En consecuencia, el folículo ovárico tiene un origen dual, en coincidencia con lo que comenta Grier (2000) en observaciones realizadas en *Centropomus undecimalis*.

El desarrollo de la ovogénesis en teleósteos ovíparos se clasificó en seis estadios tomando como base las propuestas de Yamamoto y Yamazaki (1961) para la carpa dorada *Carassius auratus* y por Zanuy y Carrillo (1973) para la cabrilla *Paracentris cabrilla*. Tales estadios están basados en las características del núcleo, la afinidad ácido – básica del citoplasma, el desarrollo de vacuolas citoplásmicas y el proceso de vitelogénesis. La clasificación más reciente sobre los estadios de la ovogénesis realizada por Neidig et al. (2000) en *Centropomus undecimalis*, incluye cinco estadios que son muy semejantes a las clasificaciones antes propuestas; todas incluyen esencialmente los procesos de previtelogénesis y vitelogénesis. La etapa de previtelogénesis está representada por estadios de cromatina nucléolo y de perinucleólos, este último a su vez puede subdividirse en temprano y tardío de acuerdo a su tamaño, y la de vitelogénesis que consiste de vitelogénesis temprana que comprende la formación de las vesículas de vitelo o vitelogénesis endógena, vitelogénesis exógena media y avanzada que comienza con la formación de las plaquetas de vitelo, y finalmente la fase de maduración.

Las clasificaciones anteriores han sido realizadas para teleósteos ovíparos, ninguna para un pez vivíparo. Sin embargo, se considera que el análisis de la ovogénesis en una especie vivípara, como *I. whitei*, muestra características de este proceso coincidentes esencialmente con las descritas para los ovíparos, aunque el tamaño de los huevos sea menor, con menor cantidad de vitelo, lo que implica que las etapas de vitelogénesis avanzada y de maduración sean muy cortas, formándose en *I. whitei* un ovocito maduro de 950 μm de diámetro promedio. Aunque el tamaño del huevo de este taxon se aproxima mucho al intervalo propuesto para los teleósteos, que es de 1 a 10 mm de diámetro (Wourms y Lombardi, 1992), esta talla aún es ligeramente inferior a la de los ovocitos más pequeños de peces ovíparos.

Las observaciones microscópicas del ovario de *I. whitei* durante las cuatro estaciones del año mostraron cambios evidentes en la maduración folicular, estas variaciones estacionales están en relación con la presencia de los estadios de maduración folicular, mostrando que hay una activación rápida y corta del proceso de vitelogénesis que culmina con la fertilización y la gestación en el lumen ovárico. (Fig. 3).

En *I. whitei* la vitelogénesis avanzada ocurre durante un periodo de tiempo muy corto del año, de octubre a noviembre, mientras que el periodo de gestación se lleva a cabo de octubre-noviembre a enero-febrero. Se considera entonces que la época de apareamiento se lleva a cabo después de la época de lluvias, al inicio del otoño, época en la cual es común la presencia de espermatozoides en el lumen ovárico de *I. whitei* (Gráfica 1) coincidiendo con lo que menciona Godínez (1991) para esta misma especie, y a la vez correspondiendo a la época en la cual el caudal de agua disminuye y se torna clara. En relación a estos cambios estacionales observados en las hembras de *I. whitei* las observaciones microscópicas coinciden con lo descrito por Yáñez (1998), quien observó

que en la época de lluvias (verano) los machos de *I. whitei* tienen los testículos con su diámetro mayor, observándose abundantes células germinales, principalmente espermátidas y espermatozoides, y a su vez los espermatozoides también se encuentran en gran cantidad en el canal deferente central; en tanto que en otoño las hembras muestran ovarios no gestantes con vitelogénesis avanzada o bien, ovarios con gestación temprana.

Por otra parte, Godínez (1991) menciona que la talla promedio de la primera reproducción en las hembras de *I. whitei* se da cuando los organismos tienen 27 o 28 mm. de longitud patrón; sin embargo, si comparamos esta talla con las tallas promedio de las hembras más pequeñas recolectadas para este estudio que fue de 46.5 mm, estas últimas corresponden a hembras no gestantes. Para definir este carácter con mayor precisión se requeriría realizar un trabajo con organismos en acuarios en los cuales sea posible controlar la edad de los organismos. Hay que considerar que en el trabajo de Godínez (1991) no se menciona el número de ejemplares utilizados ni tampoco si el trabajo se realizó en condiciones naturales o en acuarios.

VIII. CONCLUSIONES

El ovario de *Ilyodon whitei* reúne las siguientes características.

- Es único y de forma sacular, posee un septo ovárico producto de la fusión del derecho y del izquierdo, esta constituido, del exterior hacia el interior por las siguientes capas: peritoneo, músculo liso dispuesto en una capa longitudinal, y una de fibras circulares, otra más de tejido conectivo y la ultima es el epitelio ovárico interno.
- El epitelio ovárico interno posee más de un tipo de células, algunas con características morfológicas que indican actividad secretora
- El ovario posee dos pliegues, uno a cada lado del ovario, en cada uno de ellos se encuentra confinado el tejido ovigero.
- Las ovogonias se localizan en el epitelio ovárico interno.
- De acuerdo a las características histológicas, el proceso de ovogénesis se puede clasificar en seis estadios, que son: cromatina-nucleólo, perinucléolo, vesículas de vitelo, plaquetas vitelinas tempranas, plaquetas vitelinas avanzadas y de maduración.
- En el otoño se encuentran ovarios en vitelogénesis avanzada, gestación temprana, avanzada y espermatozoides a todo lo largo de los pliegues de la pared ovárica.
- El proceso de ovogénesis concluye en el otoño de forma rápida, e inicia de igual manera la gestación.
- El ovario muestra una región posterior tubular corta y angosta que contiene tejido muscular que desemboca al exterior y constituye el gonoducto
- En todos los estadios de la ovogénesis se observan folículos atrésicos

IX. LITERATURA

- Aguilar M. M. E. 1996. Manual General de Técnicas Histológicas y Citoquímicas. Las Prensas de Ciencias. Facultad de Ciencias. U.N.A.M. México, 130 pp.
- Alvarez del Villar, J. 1970. **Peces Mexicanos (Claves)**. Edit. Comisión Nacional Consultiva de Pesca: 100 - 114.
- Amoroso, E.C. 1960. Viviparity in fishes. *Symp. Zool. Soc. Lond.* 1: 153-181.
- Austin, C.R. 1973. **Implications of viviparity**. En: The mammalian fetus in vitro. pp. 1-13. Ed. Austin, C.R. Chapman and Hall, London.
- Azevedo, C. 1984. Development and ultrastructural autoradiographic studies of nucleolus-like bodies (nuages) in oocytes of a viviparous teleost (*Xiphophorus helleri*). *Cell and Tissue Res.*, 238: 121-128.
- Bailey, R. J. 1933. The Ovarian Cycle in the Viviparous Teleost *Xiphoporus helleri*. *Biol. Bull.*, 64: 206-225
- Beach A. W. 1959. Seasonal changes in the cytology of the ovary and of the pituitary of the goldfish. *Can. J. Zool.* Vol. 37: 615-625.
- Bond, C. E. 1979. **Biology of Fishes**. W. B. Sanders Co. Philadelphia. U.S.A. : 406-423.
- Cajal R., de Castro 1972. **Elementos de la Técnica Micrográfica del Sistema Nervioso**. 2a. Salvat.
- Callard, I. P. and Ho, S-m. 1987. Vitellogenesis and viviparity. En: **Fundamentals of comparative vertebrate endocrinology**. Pp.257-281. Ed. Chester-Jones I., P.M. Ingleton y J. G. Phillips. Plenum Press. N. Y.
- Contreras - MacBeath, T. 1995. Ecosistemas acuáticos del Estado de Morelos. Con énfasis en los peces. *Cienc. Des.* XXI: 42-51
- Gardiner, D. M. 1978. Cyclic changes in the fine structure of the epithelium lining the ovary of the viviparous teleost, *Cymatogaster aggregata* (Perciformes: Embiotocidae). *J. Morphol.* 156, 367-380.
- Gaviño, G., Juárez J. y Figueroa H. 1979. **Técnicas Biológicas Selectas de Laboratorio y de Campo** Limusa. México. 44-50.
- Godínez, R M A 1989. Aspectos biológicos y ecológicos de *Xenotoca variata* (Pisces: Goodeidae) **Tesis profesional de Biólogo** *Esc. Nac. de Cien. Biol* IPN. México, D F
- Godínez, R M A 1991. IV *Ilyodon whitei*. En Peces Dulceacuícolas Mexicanos Zoología informa *Boletín informativo* Dpto Zool FNCB IPN 21 18-25

- Grier, H. 2000. Ovarian Germinal Epithelium and Folliculogenesis in the Common Snook, *Centropomus undecimalis* (Teleostei: Centropomidae). *J. Morphol.* **243**: 265-281.
- Grove, B. D. and J. P. Wourms. 1994. Follicular of the Viviparous Fish, *Heterandria formosa*: II. Ultrastructure and Development of the Follicular Epithelium. *J. Morphol.*, **220**: 167-184.
- Grudzien, T.A., White, M. M. y Turner B.J. 1992. Biochemical systematics of the viviparous fish family Goodeidae. *J. Fish. Biol.*, **40**: 801-814.
- Guillette, L.J. 1989. The evolution of vertebrate viviparity: morphological modifications and endocrine control. En: **Complex organismal functions: integration and evolution in vertebrates**. pp. 219-233. Ed. Wake, D.B. and Roth, G. John Wiley and Sons Ltd.
- Guillette, L.J. 1991. The evolution of viviparity in amniote vertebrates: new insights, new questions. *J. Zool. Lond.* **223**: 521-526.
- Holleberg, F. and J. P. Wourms. (1994). Ultrastructure and Protein Uptake of the Embryonic Trophotaeniae of Four Species of Goodeid Fishes (Teleostei: Atheriniformes). *J. Morph.*
- Hubbs, C. L. and Turner, C.L. 1939. Studies of the fishes of the order Cyprinodontes. XVI. A revision of the Goodeidae. *Misc. Publ. Mus. Zool., Univ. Mich.* **42**, 1-80.
- INEGI, (Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática). 1980. Cartas del Plan Ecológico del Estado de Morelos, México. Ed., México. 38 pp.
- Jones R. E. 1978. Ovarian Cycles in Nonmammalian Vertebrates. En: Jones R.E. **The Vertebrate Ovary**. Plenum Press, Nueva York. U.S.A: 731-739.
- Lombardi, J. and J.P. Wourms. (1988). Embryonic Growth and Trophotaenial Development in Goodeid Fishes (Teleostei: Atheriniformes). *J. Morphol.* **197**: 193-208.
- Luna, G. L. 1973. **Manual of Histologic staining methods of the Armed Forces**, Institute Of Pathology De. Mc Graw Hill: 30, 31, 38, 94, 184.
- McMenamin J. W. 1979. Functional morphology of sheathed blood vessels in the ovarian curtains of embiotocid fishes. *Am. Zool.* **19**, 947.
- Mendoza, G. (1937). Structural and vascular Changes accompanying the resorption of the proctadaeal processes after birth in the embryos of the Goodeidae. *J. Morphol.* **61**: 95-125
- Mendoza, G. 1943 The Reproductive Cycle of the Viviparous Teleost, *Neotoca bilineata*, a member of the Family Goodeidae IV. The Germinal Tissue *Biol. Bull* 87-97

- Mosser, H. G. 1967 b. Seasonal Histological in the Gonads of *Sebastes paucispinis* Ayres, an Ovoviviparous Teleost (Family Scorpaenidae). *J. Morphol.*, 123: 329-354.
- Mossman, H.W. 1974. Structural changes in vertebrate fetal membranes associated with the adoption of viviparity. In: **Obstetrics and Gynecology Annual**. Ed. Wynn, R.M. Volume 3: 7-32 New York. Appleton-Century-Crofts.
- Nagahama Y., M. Yoshikuni., M. Yamasita., T. Tokumoto y Y. Katsu. 1995. Regulation of Oocyte Growth and maturation in Fish. En: **Current Topics in Developmental Biology**. Vol. 30. Academic Press. Inc: 103-145.
- Neidig, C. L., P. Skapura, D., H. J. Grier and W. Dennis C. 2000. Techniques for Spawning Common Snook: Broodstock Handling, Oocyte Staging and Egg Quality. *North Am. J. of Aquaculture* 62: 103-113.
- Nelson, J. S. 1984. **Fishes of the world**. 2a ed. Wiley, New York.
- Packard, G.C.; Elinson, R.P.; Gavaud, J.; Guillette, L.J.; Lombardi, J.; Schindler, J.; Shine, R.; Tyndale-Biscoe, H.; Wake, M.H.; Xavier, F.D.J. and Yaron, Z. 1989. How are reproductive systems integrated and how has viviparity evolved? En: **Complex organismal functions: integration and evolution in vertebrates**. pp. 281-293. Ed. Wake, D.B. and Roth, G. John Wiley and Sons Ltd.
- Parenti, L. R. 1981. A Phylogenetic and Biogeographic Analysis of Cyprinodontiform Fishes (Teleostei, Atherinomorpha). *American Museum of Natural History*. 168: 335-557.
- Ramón y Cajal, S. y F. de Castro, 1972. Elementos de Técnica Micrográfica del sistema nervioso. 2ª. Ed. Salvat Ediciones, S.A. Barcelona: 102-122.
- Shindler, J. F. y W. C. Hamlett. 1993. Maternal-Embryonic Relations in Viviparous Teleosts. *The Journal of Experimental Zoology*. 266: 378-393.
- SPP, (Secretaría de Programación y Presupuesto) 1981. Síntesis Geográfica de Morelos, México. 39 pp.
- Takashima F. y T. Hibiya 1995. **An atlas of fish histology**. Kodansha Ltd. Tokio: 128-144.
- Thibault, R.E. and Schultz, R.J. 1978. Reproductive adaptations among viviparous fishes (Cyprinodontiformes: Poecillidae). *Evolution* 32: 320-333.
- Tórres Orozco R. 1991. **Los peces de México**. AGT. México: 68, 142, 163, 200.
- Trujillo-Jiménez, P. y Diaz-Pardo E. 1996. Espectro trófico de *Ilyodon whitei* (Pisces: Goodeidae) en el río del Muerto, Morelos, México. *Rev. Biol. Trop.*, 44(2): 795-801.
- Trujillo, J. P. 1988. Dinámica Trófica de la Ictiofauna del Río Amacuzac. Morelos. Tesis Profesional de Maestría (Biología). UNAM. Facultad de Ciencias.

- Turner, C. L. 1938b. Histological and cytological changes in the ovary of *Cymatogaster aggregatus* during gestation. *J. Morphol.* **62**, 323-349.
- Turner, C. L. 1940. Superfetation in Viviparous Cyprinodont Fishes. *Copeia*. No. 2: 88-91.
- Turner, C. L. 1947. Viviparity in teleost fishes. *Sc. Month.* **65**: 508-518.
- Tyler C. R. y Sumpter J. P. 1996. Oocyte growth and development in teleost. *Rev. Fish Biol. Fish.* **6**: 287-318
- Wallace, R. A. y K. Selman. 1990. Ultrastructural aspects of oogenesis and oocyte in fish and amphibians. *Journal of Electron Microscopy Technique.* **16**: 175-201.
- Wake, M.H. 1977. Fetal Maintenance and its Evolutionary Significance in the Amphibia: Gymnophiona. *J. Herpetol.*, **11**(4): 379-386.
- Wake, M.H. 1989. Phylogenesis of direct development and viviparity in vertebrates. En: **Complex organismal functions: integration and evolution in vertebrates**. pp. 235-250. Ed. Wake, D.B. and Roth, G. John Wiley and Sons Ltd.
- Webb, P. W., and Brett, J. R. 1972a. Respiratory adaptations of prenatal young in the ovary of two species of viviparous sea perch, *Rhacochilus vacca* and *Embiotoca lateralis*. *J. fish. Res. Board Can.* **29**, 1525-1542.
- Webb, S. A. 1999. A phylogenetic Analysis of the Goodeidae. *Dissertation Abstracts International Part. B: Science and Engineering*. Vol. 59, No. 10: 5274.
- Wourms, J.P. 1981. Viviparity: the maternal-fetal relationships in fishes. *Am. Zool.* **21**: 473-515.
- Wourms, J.P.; Grove, B.D. and Lombardi, J. 1988. The maternal-embryonic relationship in viviparous fishes. En: **Fish physiology**. **11**. The physiology of developing fish. 1-134. Ed. Hoar, W.S. and Randall, D.J. New York. Ac. Press.
- Wourms, J. P.; and Lombardi, J. 1992. Reflections on the Evolution of Piscine Viviparity. *Am. Zool.* **32** (2): 276-293.
- Wynn, R.M. 1967. Comparative electron microscopy of the placental junctional zone. *Obst. Gynecol.* **29**: 644-661.
- Yañez, G. N. 1998. Espermatogenesis en dos especies de peces vivíparos *Ilyodon whitei* (Goodeidae) y *Poeciliopsis gracilis* (Poeciliidae) de la cuenca del río Balsas, Morelos, México. **Tesis profesional de Biólogo**. U. A. E. M. Cuernavaca, Morelos, México.