



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTECNIA

Comparación histológica del desarrollo gonadal de la tilapia roja mejorada

Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*)

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE

MÉDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

P R E S E N T A

GABRIEL FERNANDO MORENO PÉREZ

Asesores:

Dr Mario Garduño Lugo

M en C Larisa Adriana Chávez Soriano

México, D. F.

2013





Universidad Nacional
Autónoma de México



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.

DEDICATORIAS

A mis padres Gabriel y Lupita por haberme dado tantas cosas y oportunidades, por darme tanta libertad y a la vez por guiarme tanto. Y sobre todas las cosas por ser mi ejemplo. Ustedes son los mejores padres del mundo, y si no, seguro están dentro de los primeros diez.

A mi hermana Dina, por aguantarme y darme consejo cuando me hacía falta, muchas gracias.

A la productora Different Entertainment, ya que ustedes me mostraron que cuando se quiere se puede, además de las incontables risas que me roban, espero poder agradecerles en persona algún día.

*Ustedes me dicen, entonces, que tengo que perecer
como también las flores que cultivé perecerán.
¿De mi nombre nada quedará
nadie mi fama recordará?
pero los jardines que planté, son jóvenes y crecerán
Las canciones que canté, ¡cantándose seguirán!*

HUEXOTZÍNCATZIN 1484

AGRADECIMIENTOS

Al Centro de Enseñanza Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) por permitir la realización de este estudio en sus instalaciones, así como por el hospedaje.

Al PAPIIT-DGAPA por el otorgamiento de la beca, viaje de estudio y por la provisión de los materiales. Proyecto PAPIIT-IT 201212.

Al departamento de patología de la FMVZ-UNAM por el apoyo a la realización de los estudios histopatológicos.

Al Doc. Mario y al a Biol. Larisa por apoyarme y guiarme durante la realización de esta tesis.

CONTENIDO

DEDICATORIAS	II
AGRADECIMIENTOS	III
CONTENIDO	IV
ÍNDICE DE CUADROS.....	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
RESUMEN.....	1
ABSTRACT	3
1.0 INTRODUCCIÓN	4
1.1 Tilapia del Nilo.....	8
1.2 Pargo-UNAM.....	9
1.3 Poblaciones sintéticas	10
1.4 Ovogénesis	13
1.4.1 Desarrollo ovárico	13
1.4.2 Crecimiento.....	14
1.4.4 Acumulación de lípidos	15
1.4.5 Hidratación del ovocito.....	16
1.4.6 Ovulación.....	16
2.0 ANTECEDENTES.....	18
3.0 HIPOTESIS.....	22

4.0 OBJETIVO	22
4.1 Objetivos específicos.....	22
5.0 MATERIALES Y MÉTODOS	23
5.1 Fase de campo.....	23
5.1.1 Área de estudio.....	23
5.1.2 Instalaciones.....	24
5.1.3 Fuente de agua.....	24
5.1.3.1 Variables físico-químicas del agua.....	25
5.1.4 Grupos genéticos de peces	26
5.1.5 Cronología del cultivo	26
5.1.6 Fase de Crianza.....	28
5.1.7 Fase de Engorda	30
5.1.9 Determinación del índice gonadosomático.....	32
5.1.10 Biometrías.....	35
5.2 Fase de laboratorio	35
5.2.1 Comparación histológica	35
5.2.2 Clasificación microscópica de la madurez del ovario	35
6.0 ANÁLISIS ESTADÍSTICO	37
7.0 RESULTADOS	38
7.1 Variables físico-químicas del agua.	38
7.2 Índice gonadosomático.....	39

7.3 Comparación histológica	43
7.3.1 Semana 1	43
7.3.2 Semana 5	46
7.3.3 Semana 7	49
7.3.4 Semana 9	52
7.3.5 Semana 11	55
7.4 Peso a la primera madurez sexual	58
8.0 DISCUSION	61
8.1 Índice gonadosomático.....	61
8.2 Comparación histológica	62
8.3 Peso al inicio de la madurez sexual.....	63
9.0 CONCLUSIONES	64
10.0 REFERENCIAS	65

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Variables físico-químicas, unidad de medición y equipo empleados para la determinación de la calidad del agua en este estudio.	25
Cuadro 2. Análisis químico proximal del alimento utilizado en las fases de inversión sexual y crianza de los dos grupos genéticos de tilapia.	30
Cuadro 3. Análisis Químico Proximal del alimento comercial utilizado en la fase de engorda de los dos grupos genéticos de tilapia.	31
Cuadro 4. Criterio histológico usado para la determinación de las fases reproductivas de Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo.	36
Cuadro 5. Variables físico-químicas del agua analizadas durante las etapas de crecimiento y engorda de los dos grupos genéticos de tilapia evaluados.	38
Cuadro 6. Resultados de la prueba de t de Student para el índice gonadosomático de la tilapia del Nilo y del Pargo-UNAM.	40
Cuadro 7. Resultados de la prueba de t de Student para el peso de tilapia del Nilo y Pargo-UNAM.	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Incremento de la producción acuícola mundial de la última década	4
Figura 2. Proporción de la producción de los principales grupos genéticos de tilapia cultivadas en el mundo.	5
Figura 3. Participación de la producción global de los principales países productores de tilapia.	6
Figura 4. Estimaciones del crecimiento de la población humana en el siglo XXI.	7
Figura 5. Ejemplar de Tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre (<i>Oreochromis niloticus</i>).	8
Figura 6. Ejemplar de la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM ($\frac{1}{2}$ Tilapia Roja de Florida, $\frac{1}{4}$ Rocky Mountain y $\frac{1}{4}$ de Tilapia del Nilo rosa).	9
Figura 7. Descripción esquemática del desarrollo del ovocito en relación con la meiosis. Tomado de Luzbens <i>et.al.</i>	14
Figura 8. Proceso maduración de los oocitos de tilapia, desde el crecimiento primario hasta el ovocito maduro.	17
Figura 9. Ubicación del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (Google Earth 2013)	23
Figura 10. Fotografía panorámica del MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM mostrando estanque rustico para filtración biológica.	24
Figura 11. Obtención de huevo de tilapia de desove masivo.	27
Figura 12. Incubadora tipo McDonald usada para la incubación artificial de los huevos..	27
Figura 13. Ubicación de las tinas y acomodo de Pargo-UNAM (PU) y Tilapia del Nilo (TN) en el Área de Crianza.	28

Figura 14. Pesos iniciales de los dos grupos genéticos de tilapia evaluados en el experimento.....	29
Figura 15. Gónadas tomadas <i>in situ</i> una vez retirado el tracto gastrointestinal.	33
Figura 16. Las gónadas de tilapia pesadas con una balanza analítica.	33
Figura 17. Gónadas de tilapia fijadas en formol al 10% para el estudio histopatológico.	34
Figura 18. Comparación del índice gonadosomático de las hembras del Pargo-UNAM y Tilapia del Nilo.	39
Figura 19. Relación del índice gonadosomático (IGS) con peso del grupo genético Pargo-UNAM. La línea de la pendiente está definida como: $IGS = 1,89605 + 0,0297003 * \text{peso}$ ($n=52$, $r^2=5.41\%$, $P<0.007$).	41
Figura 20. Relación del índice gonadosomático (IGS) con el peso de las hembras de Tilapia del Nilo; la línea de la pendiente que está definida como: $IGS = 2,66992 + 0,0894955 * \text{Peso}$ ($n=52$, $r^2=13.9\%$, $P<0.0072$).	42
Figura 21. Fotomicrografía de sección de ovario de Pargo-UNAM en la primera semana en fase inmadura. Externamente, se aprecia la pared ovárica (PO) que está constituida por tejido conectivo y contiene numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP). 250X H-E.	44
Figura 22. Fotomicrografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en la primer semana en fase inmadura, externamente se observa la pared ovárica (PO) constituida por tejido conectivo fibroso y contiene numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP) y alrededor células intersticiales (CI). 250X H-E.	45
Figura 23. Fotomicrografía de sección de ovario de Pargo-UNAM en la quinta semana en fase en desarrollo, donde se evidencian numeroso ovocitos en crecimiento primario (OCP), escasas células corteza alveolar (CA) . 400X H-E.	47
Figura 24. Fotomicrofotografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en la quinta semana en fase en desarrollo, donde se aprecian mayor número de células corticales alveolares (CA) y ovocitos en vitelogénesis I (VTGI). 400 X H-E.	48

Figura 25. Fotomicrografía de ovario de Pargo-UNAM en fase de desarrollo en la séptima semana apreciándose la pared ovárica (PO) externamente y contenidas hay células en vitelogénesis 2 (VTG II) y escasos folículos atrésicos. 400X H-E.....	50
Figura 26. Fotomicrografía de ovario de tilapia del Nilo en la séptima semana fase capaz de desove, donde se identifican ovocitos en vitelogénesis 3 (VTG III), ovocitos con migración de la vesícula germinal (MVG); dentro del citoplasma se aprecian numerosos gránulos eosinofílicos que corresponden a cúmulos de proteínas y los espacios anfófilicos son de lípidos. 400x H-E.....	51
Figura 27. Fotomicrografía de sección de ovario de Pargo-UNAM a la novena semana en fase capaz de desove, identificándose un ovocito en vitelogénesis 3 (VTG III), ovocitos en vitelogénesis 2 (VTG II) y 3 ovocitos en crecimiento primario (OCP). 400x H-E.....	53
Figura 28. Fotomicrografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en fase de desove activo, a la novena semana se aprecia un ovocito maduro (OM) y numerosos ovocitos en vitelogénesis 3 (VTG III). 400x H-E.....	54
Figura 29. Fotomicrografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en fase de regresión en la undécima semana, observándose folículos postovulatorios (FPO), ovocitos en vitelogénesis 3 (VTG 3), un vaso sanguíneo (VS) y numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP). 400x H-E.....	56
Figura 30. Frecuencias (%) de Pargo-UNAM (PU) y Tilapia del Nilo (TN), al ser categorizadas de acuerdo a las fases y sub-fases reproductivas que presentaron en un período de dos meses y medio.	57
Figura 31. Incremento del peso corporal de Pargo-UNAM con respecto al de la tilapia del Nilo.	58
Figura 32. Pesos a la semana 11 de las hembras de Pargo-UNAM y Tilapia del Nilo	60

RESUMEN

MORENO PÉREZ GABRIEL FERNANDO Comparación histológica del desarrollo gonadal de la tilapia roja mejorada Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*). Bajo la dirección de: Dr. MVZ Mario Garduño Lugo y M en C Biol Larisa Adriana Chávez Soriano.

La producción de tilapia se ha incrementado con el cultivo de variedades rojas como Pargo-UNAM, sin embargo no se han realizado estudios comparativos de su biología reproductiva. En el presente estudio, se comparó el desarrollo gonadal de la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) (TN) con una población sintética de Pargo-UNAM (PU). Se usaron 1000 crías de cada grupo genético, distribuidas en 4 tanques con capacidad de 1 m³ de agua, quedando 500 crías en cada tanque, los peces no fueron invertidos sexualmente. Cuando los peces alcanzaron los 10 gramos de peso, se trasladaron conservando los mismos grupos a estanques de concreto con una capacidad de 12 m³ y se eutanasieron con benzocaína sódica al 30 %, se controlaron todos los factores fisicoquímicos del agua. Posteriormente, se tomaron el peso y muestras de las gónadas, se calcularon los índices gonadosomáticos (IGS) de ambos grupos quincenalmente y se comparó la madurez de las gónadas realizando un estudio histopatológico. Los resultados obtenidos revelaron que la tilapia del Nilo alcanzó un peso promedio de 34.7 g y un índice gonadosomático de 2.11%, mientras que los pargo-UNAM fue de 40.0 g y un índice gonadosomático de 0.981%. Los hallazgos histológicos fueron congruentes con los resultados del IGS, comprobando que las tilapias del Nilo

tienen un desarrollo sexual más temprano y que la cría de Pargo-UNAM es más rentable y eficiente.

ABSTRACT

FERNANDO PEREZ GABRIEL MORENO gonadal histological development Comparison of improved red tilapia Pargo-UNAM and Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Led by: Dr. MVZ Mario Garduno Lugo and M in S Biol Larisa Adriana Chavez Soriano.

Tilapia production has increased with growing red varieties such as Pargo-UNAM, however there have been no comparative studies of reproductive biology for this genetic group. In the present study, we compared the gonadal development of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) (TN) with a synthetic population Pargo-UNAM (PU). 1000 fry were used for each genetic group spread over 4 tanks with a capacity of 1 m³ of water, leaving 500 fry in each tank, the fish were not sexually invested. When the fish reached 10 grams, were transferred to the same groups preserving concrete tanks with a capacity of 12 m³ and were euthanized with sodium to 30% benzocaine, monitored all water physicochemical factors. Later, they took the weight and gonad samples were calculated gonadosomatic indices (GSI) of both groups fortnightly and compared the maturity of the gonads performing a histopathological study. The results revealed that Nile tilapia reached an average weight of 34.7 g and a gonadosomatic index of 2.11%, while the snapper-UNAM was 40.0 g and a gonadosomatic index of 0.981%. The histological findings were consistent with the results of the IGS, checking that Nile tilapia have earlier sexual development and breeding of Pargo-UNAM is more profitable and efficient.

1.0 INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la población mundial ha aumentado fuertemente, aunado a un descenso constante en las capturas de peces de vida libre, debido a la sobreexplotación de las reservas naturales y la extinción de algunas especies, incrementando así las producciones acuícolas y a la incorporación de grupos genéticos modificados para hacer a estas más eficientes, con el fin de aumentar la producción al menor costo posible. Es así que, en la primer década del siglo XXI los sistemas de producción intensiva experimentaron un crecimiento considerable en su aporte a la acuicultura mundial y esta tendencia continua, como se muestra en la **Figura 1**, donde se grafica la producción mundial acuícola de 1950 a 2012.¹

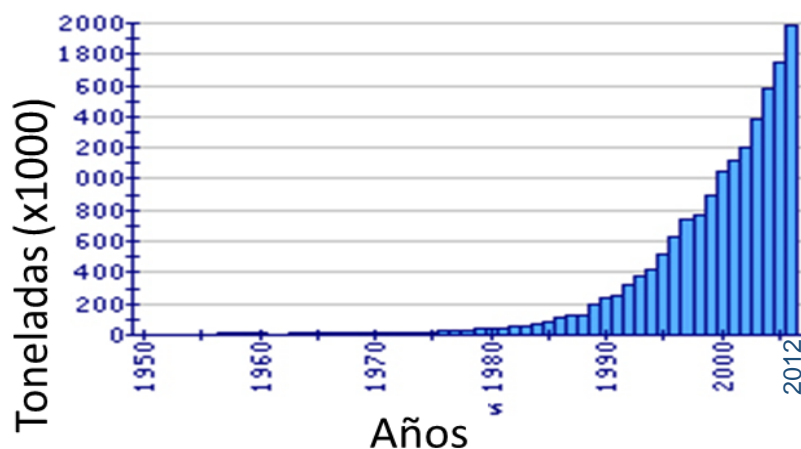


Figura 1. Incremento de la producción acuícola mundial de la última década

En las regiones tropicales, la tilapia del Nilo (*Oreochromis niloticus*) es la especie dulceacuícola más utilizada y con gran importancia económica debido a sus características como el rápido crecimiento, buena conversión alimenticia,

tolerancia a un rango amplio de condiciones ambientales como temperatura, salinidad y resistencia a enfermedades; Por otro lado, esta especie se reproduce fácilmente en cautiverio y sus intervalos generacionales son menores a 12 meses. Otro atractivo de esta especie, son sus hábitos alimenticios omnívoro micrófago, permitiendo al productor alimentarlos tanto de fitoplancton como de zooplancton , además emplear alimentos concentrados que la tilapia acepta y es capaz de aprovechar inmediatamente después de la absorción del saco vitelino. Existen varias especies de tilapia que se cultivan a nivel mundial, la **Figura 2** muestra la producción de las principales especies cultivadas y su aportación porcentual.^{2, 3}

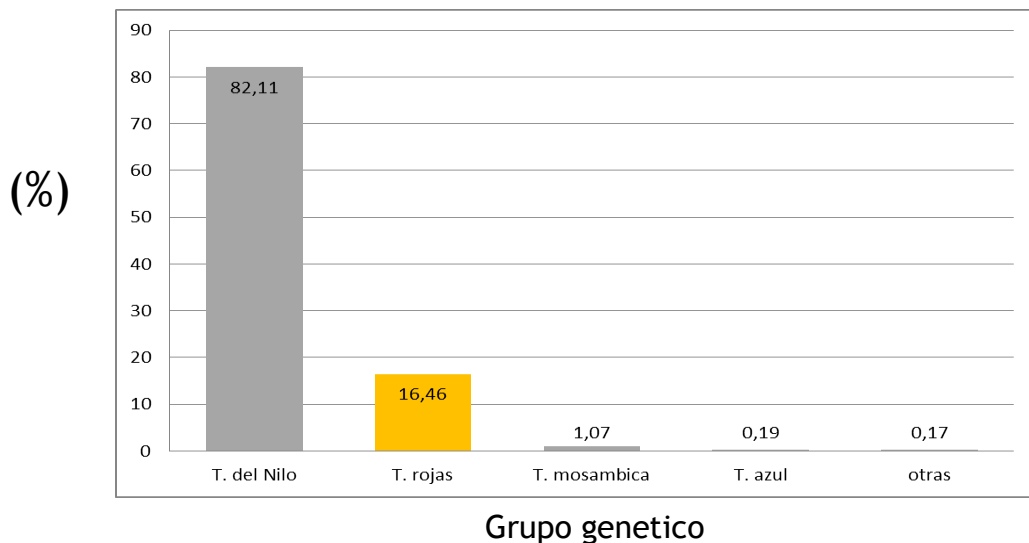


Figura 2. Proporción de la producción de los principales grupos genéticos de tilapia cultivadas en el mundo.

La tilapia del Nilo, es actualmente la especie dulceacuícola más cultivada en el mundo, en la **Figura 3** se muestra a los países más importantes en la

producción de esta especie y su participación porcentual, donde China es el que cultiva con mayor preferencia a esta especie. La producción de tilapia y de otras especies está en aumento debido a que la población del planeta sigue en constante crecimiento, como se visualiza en las proyecciones de la FAO (**Figura 4**) ; y por su relativa facilidad de producción.³

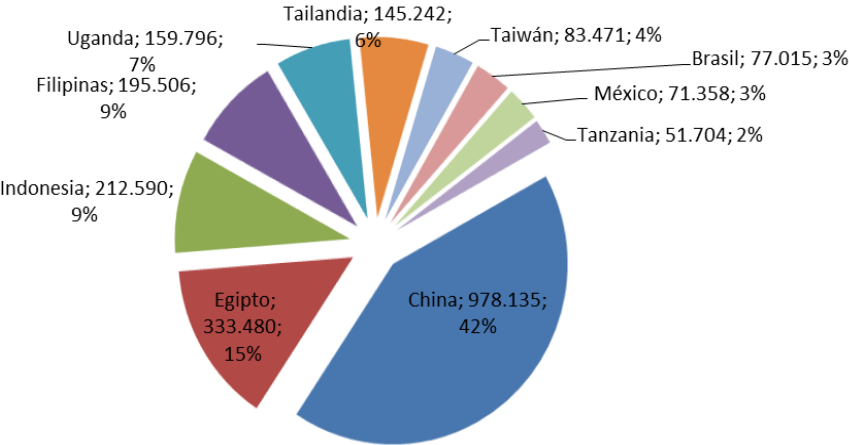


Figura 3. Participación de la producción global de los principales países productores de tilapia.

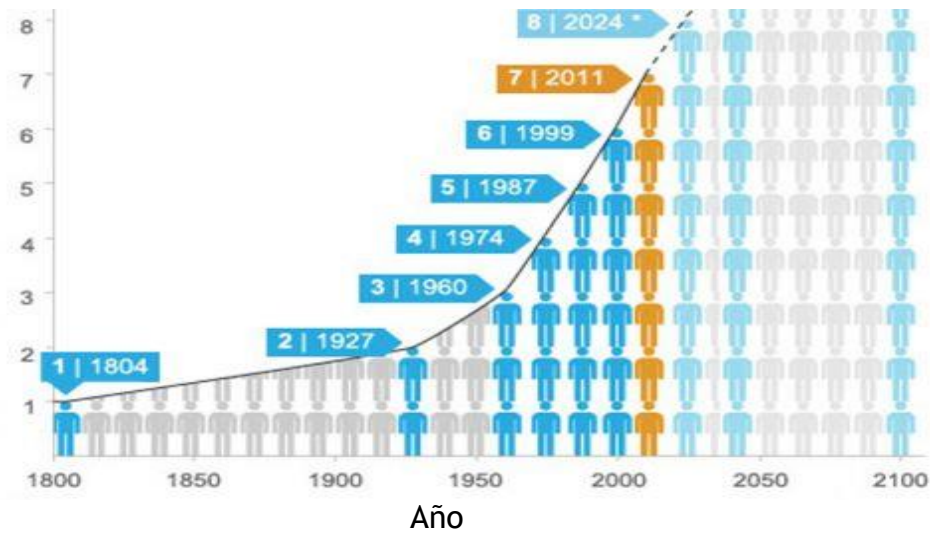


Figura 4. Estimaciones del crecimiento de la población humana en el siglo XXI.

A pesar que el cultivo de tilapia ha sido exitoso, en la actualidad los investigadores se han interesado en la selección artificial y las cruas dirigidas en tilapias, para aportar mejores características fenotípicas en esta especie. Una de las características que se han modificado han sido la coloración, ya que naturalmente las tilapias son grises (tipo silvestre). En la actualidad ya hay en el mercado tilapias de color rojo, naranja y rosa. Se considera que estos peces pueden tener un mayor valor en el mercado, debido a que estas coloraciones son más atractivas para los consumidores y tienen parecido con algunos peces marinos como el pargo (*Pagrus pagrus*).⁴

1.1 Tilapia del Nilo

La tilapia del Nilo de tipo silvestre o gris (*Oreochromis niloticus*), es originaria de las vertientes del río Nilo en África. Presenta una coloración en diferentes tonos de gris y verde olivo, su aleta caudal tiene franjas verticales blancas y negras bien delimitadas⁵ **Figura 5.**



Figura 5. Ejemplar de Tilapia del Nilo gris o de tipo silvestre (*Oreochromis niloticus*).

En 1968 se introdujo esta especie por primera vez a México procedente de Panamá, se mantuvo durante algún tiempo en el Centro Acuícola de Tezontepec de Aldama, Hidalgo y posteriormente, algunos peces fueron trasladados a Temascal, Oaxaca. En 1986 se introdujo a México la línea Stirling, procedente de la Universidad de Stirling en Escocia y fue confinada en el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) del Instituto Politécnico Nacional, unidad Mérida en Yucatán.⁵

1.2 Pargo-UNAM

En 1998, en las instalaciones del Módulo de Producción Acuícola del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, se iniciaron una serie de trabajos experimentales en genética de peces. Estos estudios estaban basados en esquemas de cruzamiento interespecíficos de tres grupos básicos de tilapia: *O. niloticus* rosa, tilapia roja de Florida (*O. urolepis hornorum* x *O. mossambicus*) y tilapia Rocky Mountain (*O. aureus* x *O. niloticus*), culminando con el experimento en el año 2003. A partir de esta fecha se obtuvo una nueva población sintética de tilapia roja denominada Pargo-UNAM, esta población es un híbrido que aprovecha conjuntamente los rasgos de importancia económica de las especies que la conforman⁶. **(Figura 6)**



Figura 6. Ejemplar de la población sintética de tilapia roja Pargo-UNAM (½ Tilapia Roja de Florida, ¼ Rocky Mountain y ¼ de Tilapia del Nilo rosa).

1.3 Poblaciones sintéticas

Las poblaciones sintéticas, son el resultado de cruzamientos previos de varias especies o variedades de tilapias que culminan cuando se obtiene un individuo que expresa las características deseables de las especies que le dieron origen.^{7,8}

Además de que una población sintética expresa los fenotipos de varias especies en una sola población, otra de las ventajas para las crías consiste en que no requieren un manejo diferente al de las especies que le dieron origen. En la piscicultura, la creación de poblaciones sintéticas ofrece a las producciones acuícolas la posibilidad de obtener una mayor productividad, sin complicar sus esquemas de reproducción y producción de cría.⁷

Por otro lado, actualmente una de las prácticas más ampliamente difundidas en el mundo, es la utilización de hormonas para la masculinización artificial de los peces, como en el género *Oreochromis* es gonocórico indiferenciado. En estos tipos de peces el tejido gonadal de los alevines al momento de la eclosión, no está definido en hembras o machos y se mantiene así hasta los primeros 15 días de vida. Los acuicultores integran en el alimento hormonas como la 17 alfa-metiltestosterona y de este modo se induce al tejido gonadal indiferenciado para que se desarrolle hacia género macho.⁹

Una de las principales desventajas para la crianza de tilapias es su desarrollo sexual temprano, que en el medio natural su periodo de maduración sexual es hasta de un año.

Para que esta especie alcance la madurez sexual, intervienen varios factores como son:

- 1) El fotoperiodo, son los cambios en las horas de luz con respecto a las de oscuridad en un día. Las horas luz son inversamente proporcionales a la edad con respecto a la madurez sexual.
- 2) La temperatura, la cual debe permanecer constante por arriba de 24°C en los primeros meses de vida y que a temperaturas inferiores retrasan la madurez sexual y el crecimiento.
- 3) El último factor y el más importante, es la presencia del sexo opuesto.

Se han intentado diferentes métodos para suprimir el uso de hormonas que interfieran con la diferenciación sexual. Estos métodos son la selección genética para la maduración sexual tardía y la inducción de triploidia inducida mediante la inmersión de los huevos fecundados en agua a 41 °C, inhibiendo así la expulsión del segundo cuerpo polar, sin embargo los resultados han sido poco alentadores.

10, 11,12,13

Para los estudios de reproducción, se requiere la evaluación gonádica la cual se puede estudiar a varios niveles, dependiendo de la información requerida. Entre estos se encuentran la obtención del índice gonadosomático, que no es un dato definitivo ya que no especifica la composición interna del ovario ni la madurez de los ovocitos, sin embargo sí es específico ya que este análisis es la medida en porcentaje de la gónada con respecto al peso corporal total del pez. El IGS se obtiene con la siguiente formula:

$$\text{IGS} = \left(\frac{\text{PG}}{\text{PP}} \right) 100$$

Donde:

IGS = índice gonadosomático

PG= peso de la gónada

PP= peso del pez

Uno de los criterios más sobresalientes, donde se puede valorar la condición reproductiva de los peces, es en el estudio histológico, debido a que en este nivel se evalúan, corroboran y complementan algunas observaciones realizadas macroscópicamente.

Histológicamente, el ovario está conformado por tres capas: la externa compuesta por epitelio cúbico-ciliar, la intermedia constituida por tejido conectivo laxo con vasos sanguíneos que la irrigan y la interna conformada por tejido conectivo compacto, entre este se encuentran inmersos los ovocitos, que se disponen en folículos. ^{14,15}

1.4 Ovogénesis

La ovogénesis es la maduración de las células germinales primarias para formar folículos ováricos y ovocitos maduros; este proceso es dependiente del eje hipotálamo-hipófisis-ovario y las principales hormonas que intervienen durante la ovogénesis son el estradiol y la progesterona. A continuación se explica el desarrollo, el crecimiento y el proceso de maduración del ovocito:¹⁶

1.4.1 Desarrollo ovárico

La transformación de las células germinales primarias a oogonias conlleva a cambios estructurales, donde cada oogonia se multiplica por división mitótica formando nidos de oogonias en asociación con células pre-granulosas. En esta etapa cada oogonia es rodeada de células somáticas de la granulosa que secretan una lámina propia, separándola del estroma ovárico. Las células de la teca forman una monocapa, asociada a los vasos sanguíneos y el ovocito rodeado por las células de la granulosa, la lámina y las células de la teca, constituyendo el folículo ovárico y forman al ovocito primario. La transición de oogonia a ovocito primario es también caracterizada por el inicio de la primera división meiótica que se muestra en la **Figura 7**.¹⁷

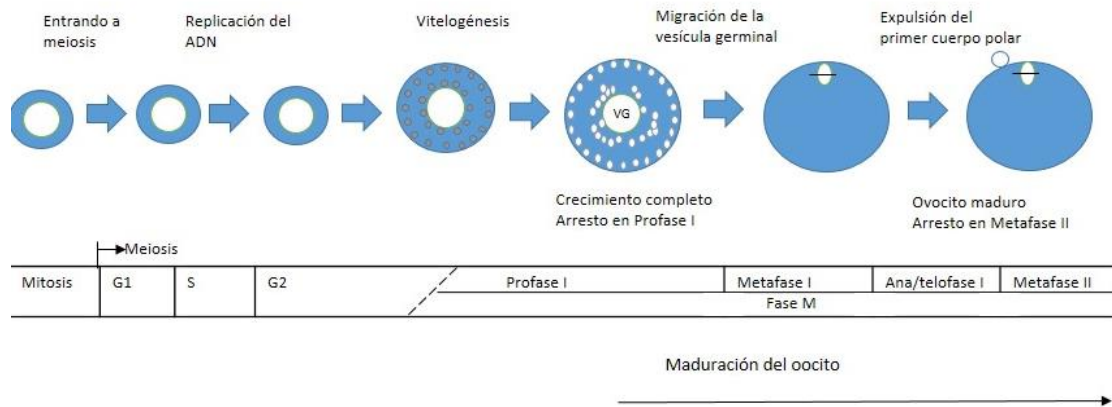


Figura 7. Descripción esquemática del desarrollo del ovocito en relación con la meiosis. Tomado de Luzbens *et.al.*

1.4.2 Crecimiento

Un evento temprano asociado al crecimiento del ovocito es la aparición de vesículas denominadas cortico alveolar o alveolos corticales, que se localizan en la periferia del ovocito. Mientras el ovocito crece también lo hacen los alveolos corticales, que se desplazan eventualmente hacia la periferia en las etapas tardías del desarrollo, debido a la acumulación centrípeta de vesículas de proteína. El contenido de los alveolos corticales es liberado a la superficie del huevo como parte de la reacción cortical durante la fertilización, en esta liberación se lleva a cabo la reestructuración de las proteínas de la cubierta que forman el córion.¹⁷

1.4.3 Vitelogénesis

Las vitelogeninas son fosfolipoglicoproteínas que son sintetizadas en el hígado bajo la regulación de estrógenos. El término vitelogénesis describe la incorporación de proteínas de vitelogenina por el ovocito y su procesamiento en proteínas de la yema, sin embargo incluye otras moléculas como lípidos y vitaminas. Al final de este proceso, el ovocito es competente para la fertilización. Durante el crecimiento masivo de folículos en el ovario, estos toman abundantes lípidos y proteínas desde el plasma y al mismo tiempo se utilizan para la formación de la envoltura del huevo.¹⁷

1.4.4 Acumulación de lípidos

Los lípidos que se acumulan en el citoplasma del ovocito son lipoproteínas de muy baja densidad (VLDL, por sus siglas en inglés) y vitelogeninas, ambas son captadas por el ovocito mediante receptores específicos; la acción de una lipoprotein lipasa asociada al endotelio vascular realiza la lipólisis de las VLDL los lípidos resultantes son almacenados en vesículas lipídicas en el ooplasma.¹⁷

1.4.5 Hidratación del ovocito

Entre el 67 y 75 % del volumen final del huevo es obtenido durante la maduración debido a la hidratación del ovocito. La hidratación del ovocito es posible gracias a la presencia de proteínas transmembranales conocidas como aquaporinas, las cuales permiten el paso del agua por medio de gradientes de concentración.¹⁷

1.4.6 Ovulación

Después de retomar la meiosis, el ovocito es liberado del folículo en metafase II como resultado del proceso ovulatorio. La ovulación se define como la liberación del ovocito maduro de su folículo hacia la cavidad ovárica. A nivel folicular, maduración y ovulación son eventos independientes que ocurren casi al mismo tiempo. Este proceso requiere de la separación del ovocito de la capa de la granulosa y la ruptura de capas foliculares, llevadas a cabo por enzimas proteolíticas específicas y apoptosis. En la **Figura 8** se observa el proceso de maduración de los ovocitos.^{18,19,20}



Figura 8. Proceso maduración de los oocitos de tilapia, desde el crecimiento primario hasta el ovocito maduro.

2.0 ANTECEDENTES

Desde mediados del siglo pasado, uno de los grandes retos de la tilapicultura ha sido el desarrollo de la técnica definitiva para retrasar la madurez sexual de esta especie, debido a su alta precocidad los peces tienden a incrementar el consumo de alimento alcanzando pesos y tallas menores a las aceptadas comercialmente. Por este motivo, se ha tratado de esclarecer la biología reproductiva de la tilapia con el fin de modificarla y adaptarla a las necesidades de los acuicultores.

Bhatta y colaboradores determinan que los machos de la tilapia del Nilo crecen más rápido durante la espermatogénesis y no así al alcanzar el desarrollo gonadal. Este estudio se hizo mediante la comparación de medidas de crecimiento a lo largo del tiempo y comparando con histología del ovario, en este estudio determinaron que las hembras son más pequeñas debido a la energía consumida para el desarrollo de los ovocitos desde el crecimiento primario de los ovocitos hasta la fase previtelogenica.¹⁵

Luzbens *et.al.* detallan la ovogénesis en los teleósteos, donde los principales reguladores de la vitelogénesis y la ovogénesis son las gonadotropinas hipofisarias y hormonas producidas parácrinamente. Este autor da la pauta para la identificación de los ovocitos a lo largo de las distintas etapas de maduración, desde que son células germinales hasta su transformación a ovocitos maduros .¹⁷

Wolfarth y Hualata elaboraron una clasificación de las tilapias de acuerdo a aspectos económicamente relevantes, considerando la edad de la madurez sexual

como uno de estos; *Oreochromis niloticus* alcanza la madurez sexual entre los 4 y 5 meses en condiciones de cultivo intensivo .²¹

Al Hafedh, Siddiqui y Al-Saiady evaluaron la edad de la primera madurez sexual de *Oreochromis niloticus* con dietas isocalóricas con distintos niveles de proteína: 25, 30, 40 y 50%. En este estudio, las tilapias alimentadas con dietas con 40 y 50 % de proteína alcanzaron la madurez sexual a las 18 semanas de vida, mientras que los otros grupos a las 22 semanas.¹²

Hörstgen-Schwak y Lanholz retrasaron el proceso de maduración en *Oreochromis niloticus* tomando 25 familias completas, al día 136 de cultivo obtuvieron el índice gonadosomático (IGS) de 80 individuos escogidos al azar. Seleccionando sólo a las familias cuyo IGS fue menor al promedio, los peces con mayor peso fueron seleccionados como reproductores; siguiendo el mismo esquema de selección donde los descendientes de la segunda generación tenían un retraso en la madurez sexual de 1.25 desviaciones estándar.¹¹

Uraivan correlacionó el peso y la edad con la primera madurez sexual, estimando heredabilidades para la edad a la primera madurez sexual en dos generaciones de *Oreochromis niloticus*. Los resultados fueron de 0.1 +/- .04 para la primera generación y 0.01 +/- .03 para la segunda. Clasificó a los peces en 3 grupos de acuerdo a la edad en que iniciaba su madurez sexual: temprana entre las 22-24 semanas, media 25-27 semanas y mayores a las 27 semanas.¹⁰

Srijunngam y Wattanasirmkit cultivaron *Oreochromis niloticus* en Tailandia por un periodo de 4 meses a una temperatura que oscilaba entre los 24 y 27 °C.

Aquí se determinó el peso y la longitud mensualmente desde el cuarto mes de vida de los peces, se determinó el índice gonadosomático y de esta manera se obtuvo la fecha de la primera madurez sexual. Durante el estudio el índice gonadosomático en un principio fue de 2.48 ± 0.37 y al final fue 4.10 ± 0.34 . Por otro lado los ovarios fueron procesados para su análisis histológico y se determinó que en la fase de maduración había folículos postovulatorios, cuerpos lúteos y ovocitos en distintas etapas de maduración.²²

Ramírez-Paredes demostró que el desempeño productivo de las hembras de la población sintética Pargo-UNAM (PU) fue superior a las hembras de Tilapia del Nilo gris (NG) alcanzando pesos finales de 435 y 324 g respectivamente. En el mismo estudio realizado durante 342 días de cultivo en jaulas flotantes de la granja, los machos alcanzaron 650 y 623 g para NG y PU, respectivamente.²³

Aparecida *et.al.* compararon el crecimiento de cuatro tratamientos en 268 días de cultivo, Chitralada (t_1), la tilapia Red-Stirling (t_2) y sus cruzas recíprocas macho Chitralada x hembra Red-Stirling (t_3) y hembra Chitralada x macho Red-Stirling (t_4), obteniendo pesos mayores en tilapia Chitralada (557.2 g) y para sus cruzas t_2 (522.95 g), t_3 (496.4 g), mientras que en Red-stirling se obtuvo un peso menor (421.9 g).⁸

Salazar demostró que la población sintética de tilapia roja: Pargo-UNAM (PU), en un período de 332 días bajo condiciones de cultivo intensivo, obtuvo un peso superior a la Tilapia del Nilo rosa (*Oreochromis niloticus*) (NR), y la Tilapia Mozambica roja (*O. mossambicus*) (MM), pero similar la Tilapia del Nilo gris (*O.*

niloticus), con pesos finales de: 656, 500, 401 y 550 g, para PU, NR, MM y NG, respectivamente.²⁴

Ortiz-Ramírez comparó el desempeño productivo del Pargo-UNAM (PU) y la tilapia del Nilo gris (NG) durante 63 días de crianza, 29 días de pre-engorda y 61 días de engorda. Al final del estudio los pesos fueron similares de 313 g y 352 g para NG y PU respectivamente. La supervivencia fue del 59 % al 100 % en las diferentes etapas del cultivo. El rendimiento en filete fue de 28.7 % en NG y 29.8% en PU sin encontrarse diferencias.⁶

3.0 HIPOTESIS

Si se compara el desarrollo gonadal del Pargo-UNAM con el de la Tilapia del Nilo en condiciones de cultivo intensivo, entonces se comprobara que el Pargo-UNAM alcanza tempranamente mayor peso, tendrá menor índice gonadosomático y se confirmará la madurez gonadal con los hallazgos histológicos durante la fase de crecimiento y engorda.

4.0 OBJETIVO

Comparar el índice gonadosomático y peso corporal del Pargo-UNAM ($\frac{1}{2}$ Tilapia Roja de Florida, $\frac{1}{4}$ Rocky Mountain y $\frac{1}{4}$ de Tilapia del Nilo rosa) con la tilapia del Nilo tipo silvestre (*Oreochromis niloticus*) durante las fases de crecimiento y engorda, la maduración sexual se confirmará con el estudio histológico comparativo de las gónadas femeninas bajo condiciones de cultivo intensivo para determinar qué grupo genético es más precoz.

4.1 Objetivos específicos

- Cuantificar el peso del grupo genético que madure sexualmente primero.
- Determinar el índice gonadosomático de ambos grupos genéticos durante la fase de desarrollo hasta la madurez sexual.
- Determinar las diferencias histológicas y correlacionar la fase del desarrollo de las gónadas femeninas con respecto al índice gonadosomático y peso.

5.0 MATERIALES Y MÉTODOS

5.1 Fase de campo

5.1.1 Área de estudio

El estudio se llevó a cabo en el Módulo de Enseñanza e Investigación Acuícola (MEIA) del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical (CEIEGT) de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia (FMVZ) de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM). Este módulo está ubicado en el kilómetro 5.5 de la carretera federal Tlapacoyan - Martínez de la Torre, en el estado de Veracruz-Llave, el centro está localizado a $20^{\circ} 02' 06''$ de latitud norte y $97^{\circ} 06' 22''$ de longitud oeste, con una altitud de 80 msnm y alcanzando una temperatura media anual de 24.1°C , la **Figura 9** muestra la ubicación del CEIEGT y las comunidades cercanas.

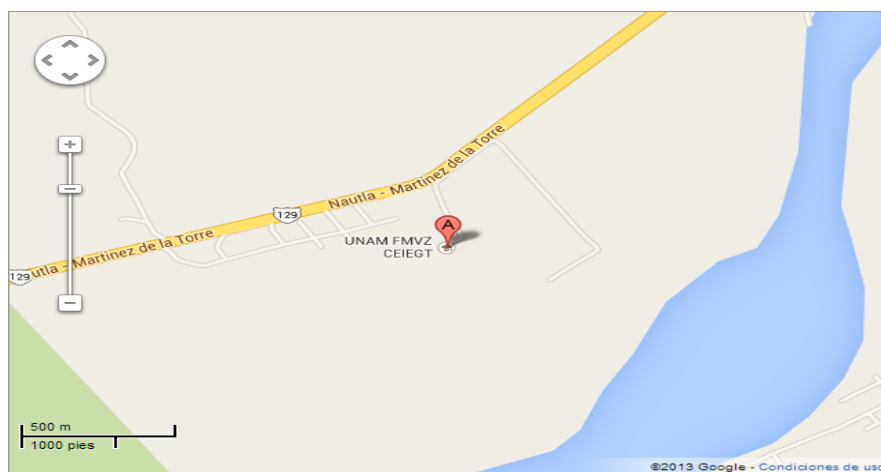


Figura 9. Ubicación del Centro de Enseñanza, Investigación y Extensión en Ganadería Tropical de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM (Google Earth 2013)

5.1.2 Instalaciones

Para el presente estudio se utilizaron cuatro tinas circulares de polietileno, con un diámetro de 1.5 metros y una altura de 60 centímetros. Estas tinas tienen una capacidad de 1m³ de agua.

Todas las tinas cuentan con un sistema de aireación asegurando una apropiada oxigenación del agua, para el intercambio de CO₂ y amoniaco disuelto en el agua.

5.1.3 Fuente de agua

El agua que se usó para los estanques del presente experimento, se extrajo de un pozo profundo ubicado dentro del CEIEGT-FMVZ-UNAM. El modulo cuenta con dos estanques rústicos para llevar a cabo la filtración biológica del agua

Figura 10.



Figura 10. Fotografía panorámica del MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM mostrando estanque rustico para filtración biológica.

5.1.3.1 Variables físico-químicas del agua

Durante el experimento se monitorearon las principales variables físico-químicas del agua, que pueden tener un impacto directo en el crecimiento de los organismos acuáticos y alterar los resultados del presente experimento. Tanto las variables del agua como los métodos de medición están enumerados en el **Cuadro 1**.

Cuadro 1

Cuadro 1. Variables físico-químicas, unidad de medición y equipo empleados para la determinación de la calidad del agua en este estudio.

Parámetro	Unidad	Frecuencia	Equipo
Oxígeno	mg/l	Diario	Oxímetro YSI 550 ^a
Temperatura	°C	Diario	Oxímetro YSI 550 ^a
pH		Semanal	Potenciómetro Oakton pH 500 series
Amoniacó (NH ₃)	mg/l	Semanal	Prueba de amoniacó (NH ₃), Hagen
Amonio (NH ₄)	mg/l	Semanal	Prueba de amonio (NH ₄), Hagen
Dureza	mg/l	Semanal	Prueba GH, Hagen
Fosfatos(PO ₄)	mg/l	Semanal	Prueba (PO ₄), Hagen

GH (general hardness) concentración sales de calcio.

5.1.4 Grupos genéticos de peces

Los dos grupos genéticos de peces que se emplearon en este estudio fueron: la tilapia del Nilo gris (*Oreochromis niloticus*) y la población sintética Pargo-UNAM ($\frac{1}{2}$ Tilapia Roja de Florida, $\frac{1}{4}$ Rocky Mountain y $\frac{1}{4}$ Tilapia del Nilo rosa). Los alevines utilizados en este estudio fueron obtenidos del MEIA-CEIEGT-FMVZ-UNAM.

5.1.5 Cronología del cultivo

El cultivo intensivo de tilapia estuvo dividido en diversas fases:

1. En primera instancia, se obtuvieron los huevos de los reproductores mediante una colecta masiva (**Figura 11**).
2. Después para incubar los huevos se realizó el montaje de las incubadoras tipo McDonald (**Figura 12**), en las cuales fueron depositados los huevos que se mantuvieron hasta la eclosión de los alevines y el consumo del saco vitelino. Esta fase duró entre 5 a 7 días.
3. La etapa de crianza se realizó en tinas de plástico con una capacidad de 1000 L. Esta fase inicio a los 7 días post-cosecha de los huevos y concluyó cuando los peces de cada grupo genético alcanzaron aproximadamente los 20 g de peso promedio. Esta fase duró 56 días.
4. Para la fase de engorda, las crías que se seleccionaron fueron aquellos que alcanzaron los 20 g de peso promedio en la fase de crianza y finalizó hasta que alguno de los dos grupos genéticos alcanzaron la madurez sexual.



Figura 11. Obtención de huevo de tilapia de desove masivo.



Figura 12. Incubadora tipo McDonald usada para la incubación artificial de los huevos.

5.1.6 Fase de Crianza

Después que las crías absorbieron el saco vitelino, fueron enviadas al Área de Crianza 2 y se colocaron en cuatro tinas, dos replicas para cada grupo genético. En cada tina, se colocaron 500 peces obteniendo un total de 1000 peces de cada grupo genético **Figura 13**. Los pesos iniciales promedio al inicio de esta etapa fueron de entre 15.9 +/-20.17mg y 10.9 +/-1.81 mg para la tilapia del Nilo gris y Pargo-UNAM, respectivamente (**Figura 14**).

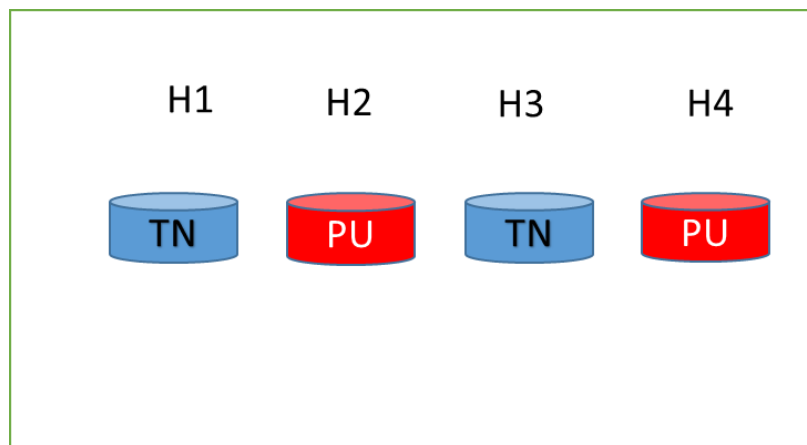


Figura 13. Ubicación de las tinas y acomodo de Pargo-UNAM (PU) y Tilapia del Nilo (TN) en el Área de Crianza.

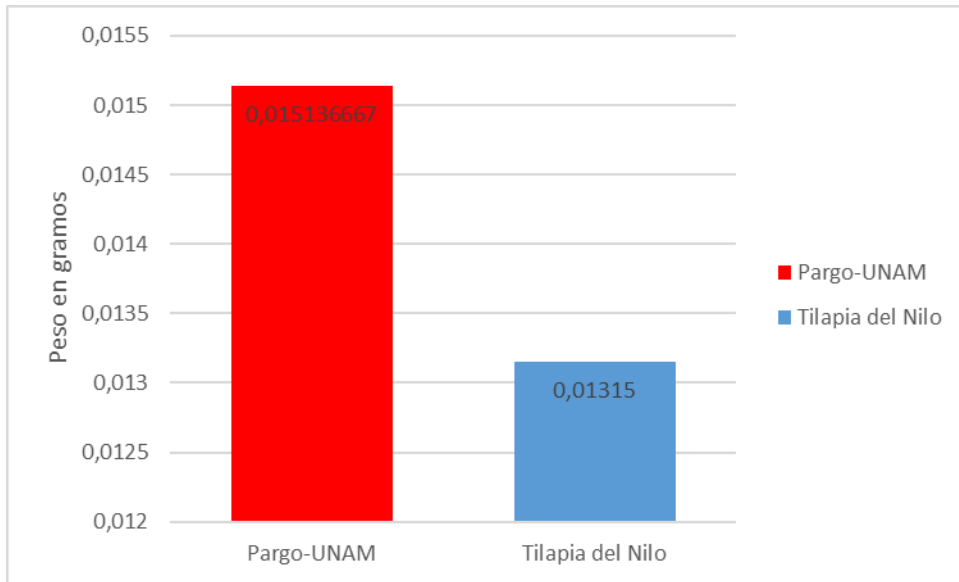


Figura 14. Pesos iniciales de los dos grupos genéticos de tilapia evaluados en el experimento.

Los peces fueron alimentados con alimento comercial (Silver Cup®) con el 44.3% de proteína cruda y en el primer tercio de esta fase, la partícula era de 1.5 mm de diámetro y el resto de la fase fue de 2.5 mm. Las raciones fueron dos al día y suministradas a saciedad aparente.²⁵

Para evitar que hubiese un factor externo que modificara los resultados del presente estudio, se realizó análisis químico proximal del alimento y los parámetros se visualizan en el **Cuadro 2**.

Cuadro 2

Cuadro 2. Análisis químico proximal del alimento utilizado en las fases de inversión sexual y crianza de los dos grupos genéticos de tilapia.

Elemento	Base húmeda (%)	Base seca (%)
Materia seca	92.9	-----
Humedad	7.07	-----
Proteína cruda (N x 6.25)	44.3	47.7
Extracto Etéreo	11.3	12.1
Cenizas	7.89	8.50
Fibra cruda	0.72	0.77
Elementos libres de N	28.7	30.9
Energía digestible (Mcal/kg)		362.7

5.1.7 Fase de Engorda

Para esta fase, los peces fueron trasladados a estanques de concreto con capacidad de 12 m³, colocando también 500 peces por estanque, manteniendo el mismo arreglo que en la fase de crianza.

La alimentación en esta etapa fue también con alimento comercial (Silver Cup® y Pedregal S.A. de C.V.), con un contenido de PC de 32% y con un tamaño de partícula de 3.5 mm de diámetro y suministrado a la misma cantidad que en la etapa de crianza.²⁵ En el **Cuadro 3** se muestra el análisis proximal del alimento.²⁵

Cuadro 3

Cuadro 3. Análisis Químico Proximal del alimento comercial utilizado en la fase de engorda de los dos grupos genéticos de tilapia.

Elemento	Base húmeda (%)	Base seca (%)
Materia seca	90.9	-----
Humedad	9.09	-----
Proteína cruda (N x 6.25)	31.7	34.8
Extracto Etéreo	4.06	4.37
Cenizas	5.89	6.48
Fibra cruda	3.45	3.80
Elementos libres de N	45.9	50.5
Energía digestible (Mcal/kg)		330.0

5.1.8 Eutanasia, necropsia y toma de muestras.

Para la determinación del índice gonadosomático se requiere eutanasiar a los peces para poder determinar el peso de las gónadas únicamente. Los peces fueron eutanasiados con sobredosis del anestésico benzocaína sódica, previamente diluido en solución alcohólica 1:20 y a una dosis de 300 mg/L. Los peces fueron colocados en un recipiente con 5 litros de agua, se aplicó el anestésico y se dejó actuar por un lapso de 15 minutos. Ya transcurrido el tiempo, se procedió a la decapitación y se realizó la necropsia según la técnica de Stoskopf para la extracción de los ovarios²⁶.

5.1.9 Determinación del índice gonadosomático

Una vez que se colectaron las muestras, se calculó el índice gonadosomático que fue evaluado cada quince días por un periodo de 11 semanas a 5 hembras de cada uno de los grupos genéticos, estableciendo el siguiente protocolo:

1. Se tomó el peso total de cada uno de los peces.
2. Se realizó la necropsia según la técnica de Stoskopf y se extrajeron los ovarios.²⁶
3. Una vez abierta la cavidad celomica se retiró el tracto gastrointestinal, dorsales a este y ventrales a la vejiga natatoria se encuentran las gónadas, las cuales fueron retiradas con pinzas (**Figura 15**) y después pesadas con una báscula analítica con un margen de error de 0.0001g (**Figura 16**).
4. Después, de pesar las gónadas fueron colocadas en formalina al 10% amortiguada con fosfatos y con pH de 7.2 y se dejaron fijar 24 horas. (**Figura 17**).



Figura 15. Gónadas tomadas *in situ* una vez retirado el tracto gastrointestinal.



Figura 16. Las gónadas de tilapia pesadas con una balanza analítica.

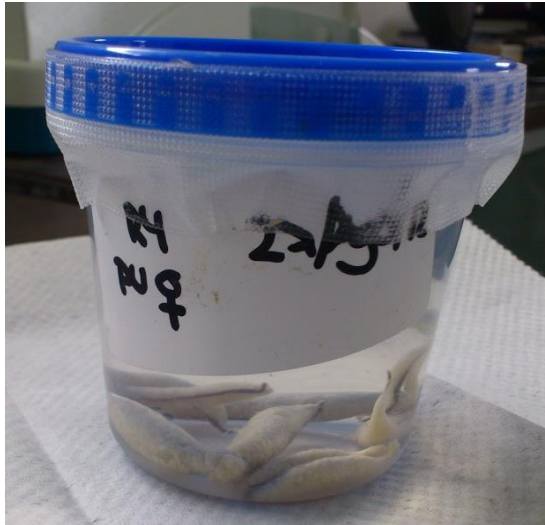


Figura 17. Gónadas de tilapia fijadas en formol al 10% para el estudio histopatológico.

5.1.10 Biometrías

Cada 15 días por un periodo de 11 semanas, se registraron los pesos de 40 hembras de cada uno de los grupos genéticos y se obtuvo el promedio de los pesos, con el fin de determinar el ritmo de crecimiento para cada uno de los grupos genéticos.

5.2 Fase de laboratorio

5.2.1 Comparación histológica

Una vez fijados los ovarios de las tilapias, fueron remitidos al Departamento de Patología de la Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la UNAM donde las muestras fueron colocadas en cápsulas, procesadas e incluidas en parafina.

Posteriormente, fueron cortadas con un micrótopo con un grosor de 5 μm y las laminillas fueron teñidas con la tinción de rutina hematoxilina-eosina y revisadas bajo un microscopio fotónico.

5.2.2 Clasificación microscópica de la madurez del ovario

La clasificación de las gónadas se basó en la información propuesta por Brown-Peterson *et. al.*, donde empleó los hallazgos histológicos de la madurez del ovocito para incluirlas en fases y las subfases que se enlistan en el **Cuadro 4**.¹⁹

Cuadro 4

Cuadro 4. Criterio histológico usado para la determinación de las fases reproductivas de Pargo-UNAM y la tilapia del Nilo.

Fase reproductiva	Características histológicas
Inmaduro	Oogonias (OG) y oocitos de crecimiento primario (OCP).
Desarrollo	OG, OCP, cortical alveolar (CA) ovocitos con vitelo primario (Vtg1) y secundario (Vtg2).
Capaz de desovar	OG, OCP, CA, Vtg1, Vtg2, ovocitos vitelogenicos terciarios (Vtg3), folículos postovulatorios (FPO) y ovocitos de maduración temprana (OMT): estados tempranos de migración de vesículas germinales (MVG) posiblemente presentes.
Subfase: Desove activo	OG, OCP, CA, Vtg1, Vtg2, Vtg3 y OM tardíos: MVG, ovocitos hidratados, FPOs posiblemente presentes.
Regresión	OG, OCP y CA residuales, ovocitos Vtg1, Vtg2 y Vtg3 principalmente en atresia
Regeneración	OG, OCP con tejido muscular, tejido conectivo y vasos sanguíneos en el centro de las paredes del ovario.

6.0 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para determinar si hay una diferencia significativa entre las medias de los grupos genéticos, se utilizó la prueba de t de Student para la comparación de dos medias de poblaciones independientes y normales.

Los rasgos productivos analizados fueron peso e índice gonadosomático. Los datos de cada grupo genéticos fueron evaluados quincenalmente

Los rasgos productivos se analizaron bajo el modelo:

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sigma_p \sqrt{\frac{1}{N_1} + \frac{1}{N_2}}}$$

En donde:

t = valor estadístico de la prueba t de Student.

\bar{X}_1 = valor promedio del grupo 1.

\bar{X}_2 = valor promedio del grupo 2.

sp = desviación estándar ponderada de ambos grupos.

N_1 = tamaño de la muestra del grupo 1.

N_2 = tamaño de la muestra del grupo 2.

A los valores porcentuales se les realizó la transformación arco seno de acuerdo con Zar, para normalizarlos y poder hacer el análisis estadístico. ²⁷

7.0 RESULTADOS

7.1 Variables físico-químicas del agua.

En el **Cuadro 5** se muestran los promedios de las variables físico-químicas medidas a lo largo del estudio, como se aprecia en la columna promedio al contrastarla con la columna valor óptimo los valores de las variables evaluadas están dentro de los parámetros ideales.

Cuadro 5

Cuadro 5. Variables físico-químicas del agua analizadas durante las etapas de crecimiento y engorda de los dos grupos genéticos de tilapia evaluados.

Variable	Promedio	Valor máximo	Valor mínimo	Valor óptimo
Temperatura (°C)	26.5 ± 0.9	28	24	25-30
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.5 ± 1.0	6.6	1.7	>4
Amonio NH ₄ (mg/l)	.50 ± 0.3	1.20	0.0	<1
Amoniaco NH ₃ (mg/l)	0.07 ± 0.025	.98	0.0	<0,1
pH	7.3 ± 0.2	7.5	7.0	6.50-9.0
Dureza (mg/l)	51.3 ± 2.5	68.4	34.2	20-200
Fosfatos (mg/l)	0.6	0.6	0.6	0.6-1.5

7.2 Índice gonadosomático

La **Figura 18** describe los índices gonadosomáticos (IGS) de las especies genéticas que fueron evaluadas a lo largo de once semanas. En el primer muestreo los resultados no están muy alejados entre grupos, ya que la diferencia del IGS es de menos de un punto porcentual y el análisis de las medias de la prueba *t*, muestra que no hay diferencias significativas entre las medias de ambos grupos ($P>0.05$). En el **Cuadro 6** se aprecia un IGS mayor para las tilapias del Nilo, más temprano que el de las hembras de Pargo-UNAM.

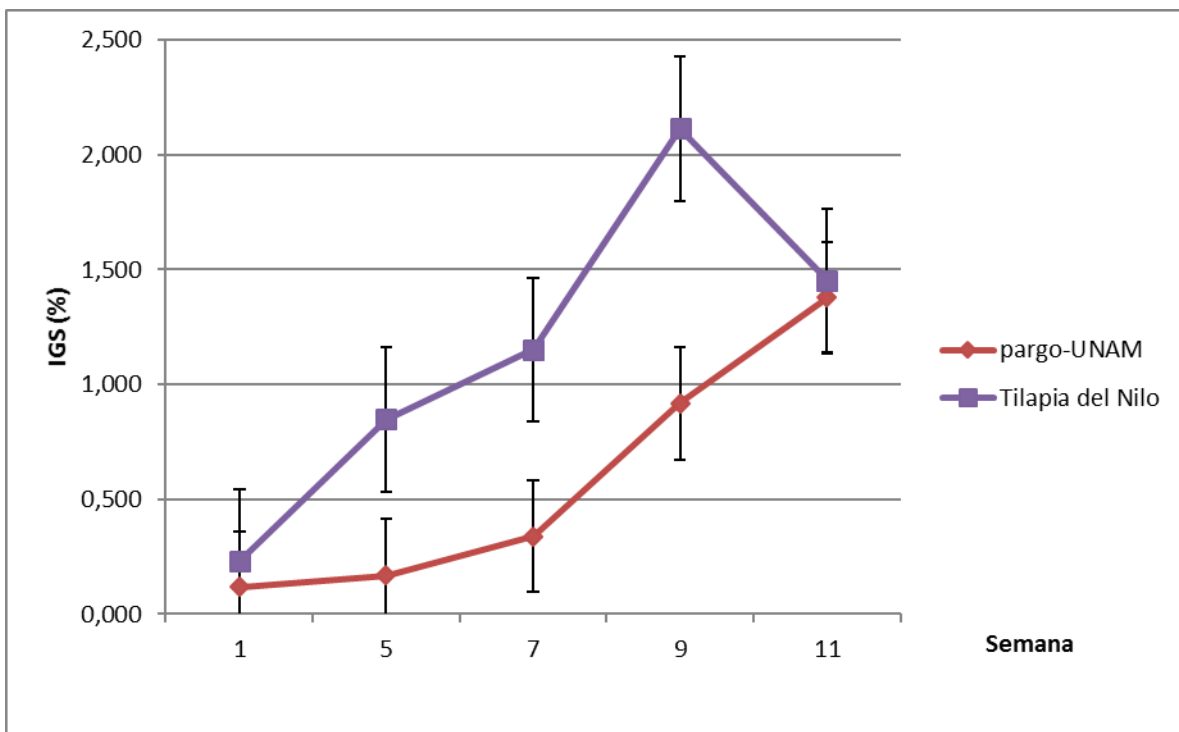


Figura 18. Comparación del índice gonadosomático de las hembras del Pargo-UNAM y Tilapia del Nilo.

Cuadro 6

Cuadro 6. Resultados de la prueba de *t* de Student para el índice gonadosomático de la tilapia del Nilo y del Pargo-UNAM

Fecha	Tilapia del Nilo	Pargo-UNAM	P=F	E.E.
1	0.23±0.28 ^a	0.12±0.24 ^a	0,091	0,5812
5	0.85±1.14 ^a	0.17±0.27 ^b	0,042	1,116
7	1.15±0.95 ^a	0.33±0.70 ^b	0,018	1,175
9	2.11±2.25 ^a	0.92±2.21 ^a	0,139	2,06
11	1.45±0.76 ^a	1.38±1.48 ^a	,549	1,36

¹ Valores con superíndice diferente en la misma fila son diferentes (P>0.05)

² P=F: probabilidad de certeza

³ E.E: error estándar

Este IGS mayor en la tilapia del Nilo se mantuvo hasta la semana nueve, donde el valor del IGS fue de 2.11% para la tilapia del Nilo y de 0.92% para Pargo-UNAM. Para la semana 11 el IGS presentó una disminución de 0.66% para la tilapia del Nilo y un incremento para los pargos, evidenciando que esta última especie no había alcanzado para esta semana la madurez sexual.

El IGS para los dos grupos se correlacionó con el peso corporal, por lo que como variable independiente se consideró al peso corporal y la dependiente fue el IGS expresado en porcentaje. En las **Figuras 19** y **20** muestran las líneas de

regresión para las variables antes definidas en ambos casos, las líneas superiores e inferiores representan la superficie del 95% de confiabilidad.

Para el caso de Pargo-UNAM se aprecia una correlación positiva entre las variables, sin embargo, en el gráfico la pendiente de la línea muestra que ésta es una correlación débil y se corrobora con el valor de R^2 que fue de 6.3%. Este valor se traduce como la unidad porcentual donde al modificarse el peso corporal se cambia el IGS. El mismo análisis fue aplicado a la población de Tilapia del Nilo, encontrándose una relación positiva entre ambas variables y el valor de R^2 fue de 13.9% lo que quiere decir que el IGS de esta especie está relacionado con una mayor fuerza al peso corporal.

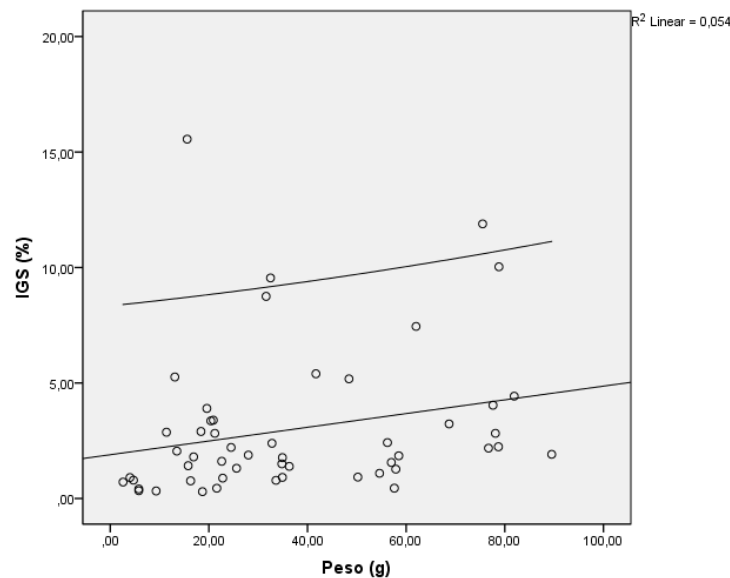


Figura 19. Relación del índice gonadosomático (IGS) con peso del grupo genético Pargo-UNAM. La línea de la pendiente está definida como: $IGS = 1,89605 + 0,0297003 * peso$ ($n=52$, $r^2=5.41\%$, $P<0.007$).

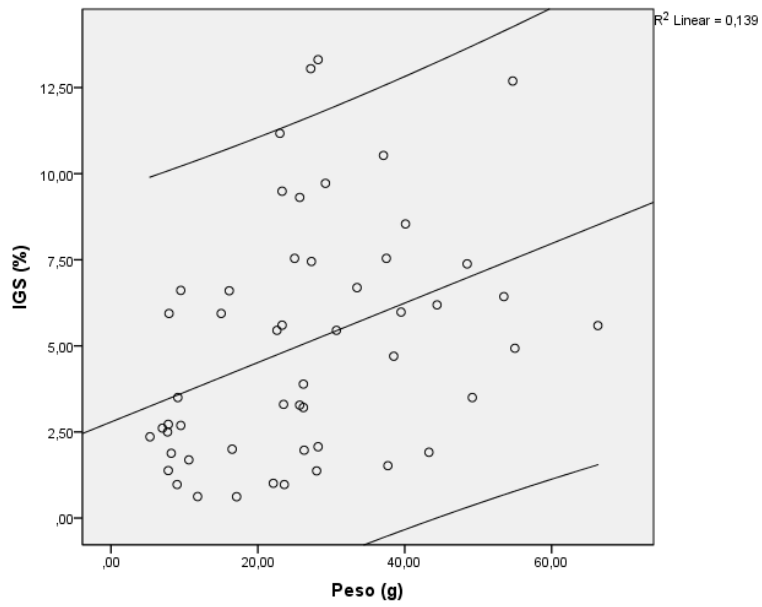


Figura 20. Relación del índice gonadosomático (IGS) con el peso de las hembras de Tilapia del Nilo; la línea de la pendiente que está definida como: $IGS = 2,66992 + 0,0894955 \cdot \text{Peso}$ ($n=52$, $r^2=13.9\%$, $P<0.0072$).

7.3 Comparación histológica

7.3.1 Semana 1

Los cortes histológicos correspondientes a la semana 1 del estudio mostraron para ambos grupos genéticos estructuras correspondientes a ovarios inmaduros, en la **Figura 21** correspondiente a una sección de ovario de Pargo-UNAM donde se aprecia la pared ovarica (PO) y numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP).

Para la misma semana en la **Figura 22** se observa un estado de maduración de las gonadas de tilapia del Nilo semejante al de las de Pargo-UNAM, se observan ovocitos en crecimiento primario (OCP), así como la pared ovarica (PO) y células intersticiales. Estas células migrarán para la formación de las capas de la teca y la granulosa.

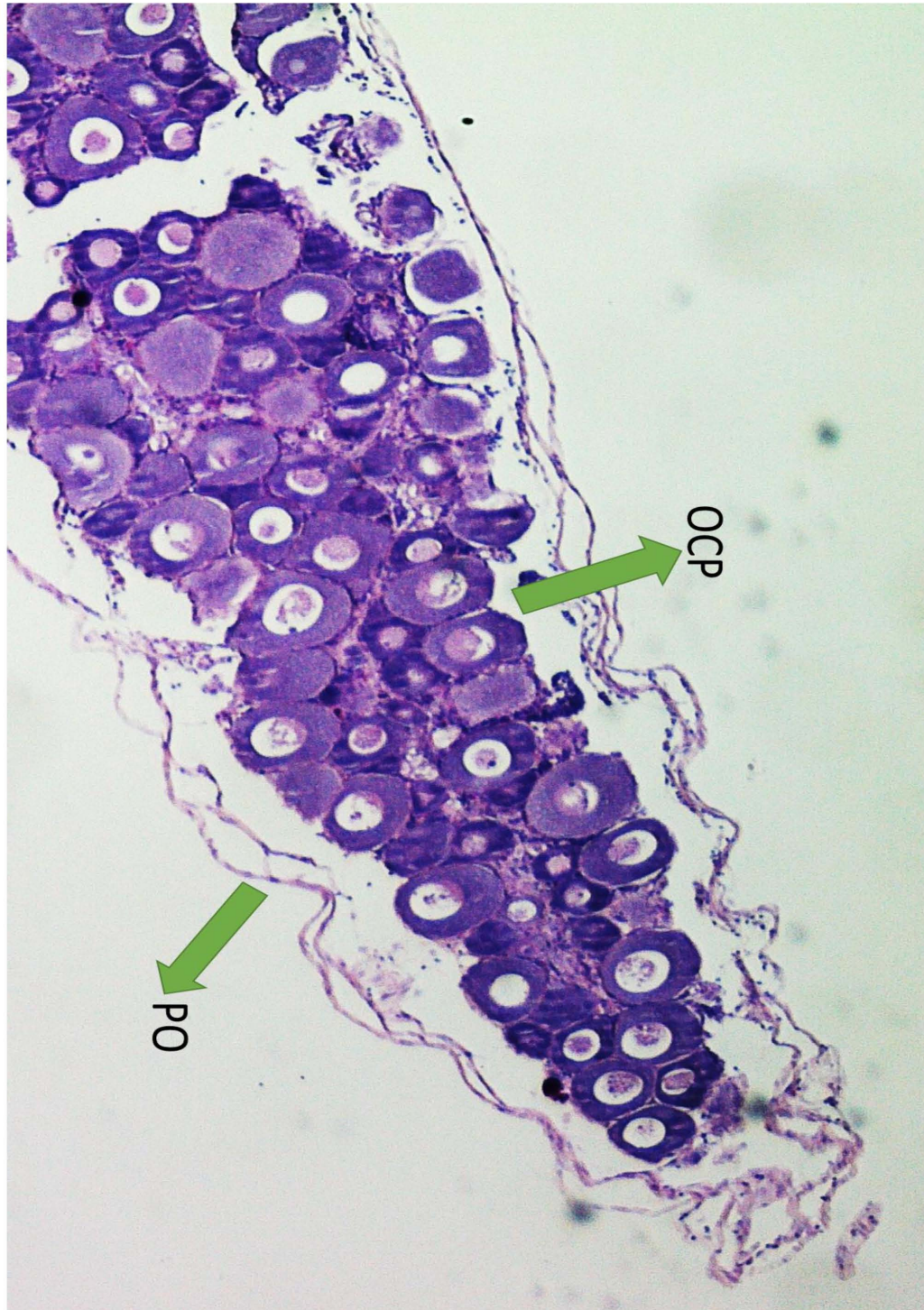


Figura 21. Fotomicrografía de sección de ovario de Pargo-UNAM en la primera semana en fase inmadura. Externamente, se aprecia la pared ovárica (PO) que está constituida por tejido conectivo y contiene numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP). 250X H-E.

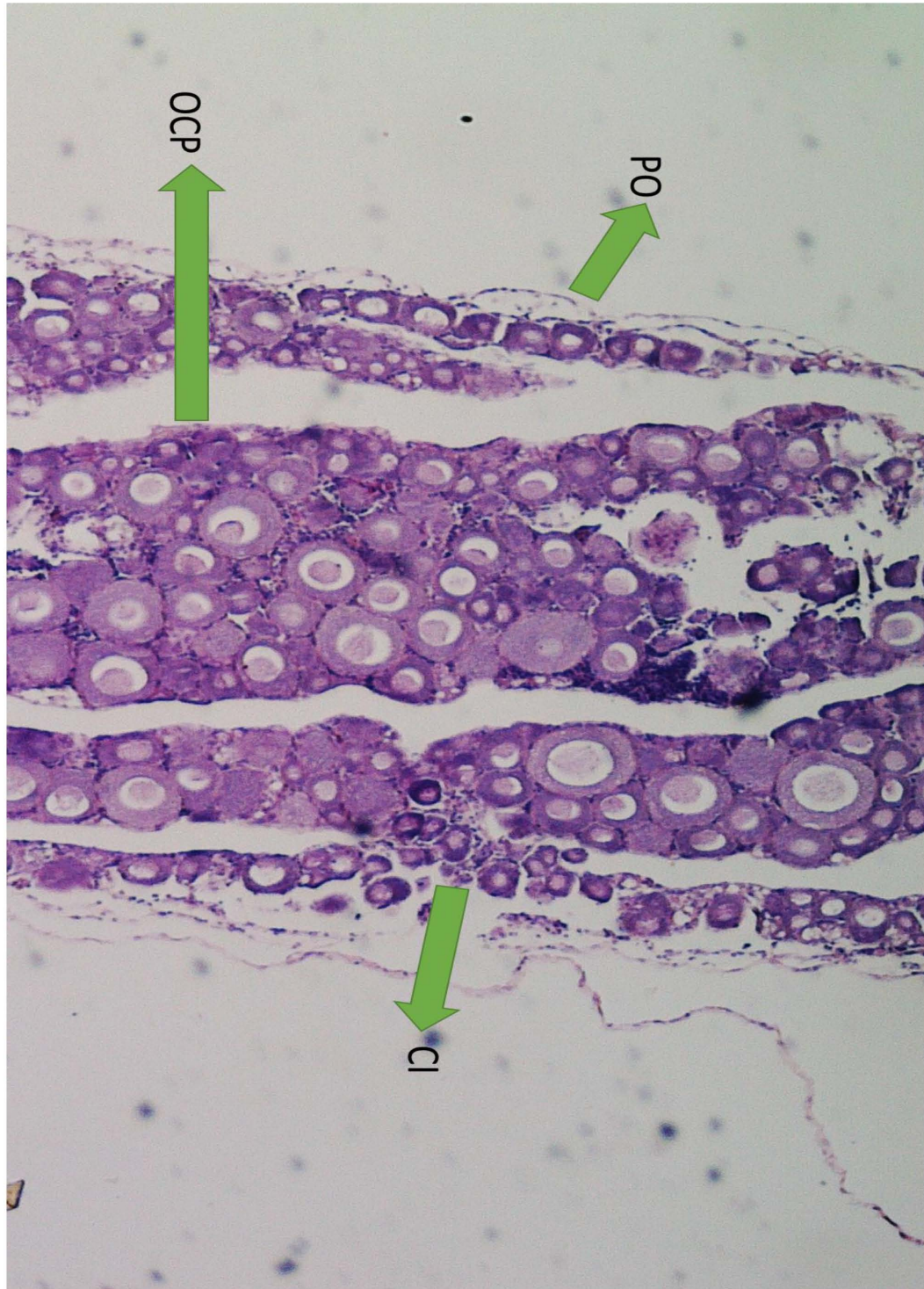


Figura 22. Fotomicrografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en la primer semana en fase inmadura, externamente se observa la pared ovárica (PO) constituida por tejido conectivo fibroso y contiene numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP) y alrededor células intersticiales (CI). 250X H-E.

7.3.2 Semana 5

En las fotomicrografías correspondientes a la semana 5 los ovarios de Pargo-UNAM **Figura 23** muestran estructuras correspondientes a la fase de desarrollo, siendo estas ovocitos cortico alveolares (CA), los cuales se reconocen por tener un núcleo con mayor tamaño, dentro de este pueden apreciarse varios nucléolos así como vesículas a la periferia de las células; en esta etapa se encuentran de igual manera ovocitos en crecimiento primario (OCP).

Las hembras de tilapia del Nilo muestran para esta fecha un desarrollo más adelantado en comparación con las hembras de Pargo-UNAM ya que, aunque ambas están en fase de desarrollo pueden verse en la **Figura 24**, un mayor número de ovocitos cortico alveolares (CA), así como un menor número de ovocitos en crecimiento primario (OCP) y una tamaño más grande de los primeros, también están presentes ovocitos en vitelogénesis I (VTG I), estos tienen un núcleo más grande que los CA, con mayor cantidad de citoplasma así como numerosas vesículas en la periferia.



Figura 23. Fotomicrografía de sección de ovario de Pargo-UNAM en la quinta semana en fase en desarrollo, donde se evidencian numeroso ovocitos en crecimiento primario (OCP), escasas células corteza alveolar (CA) . 400X H-E.

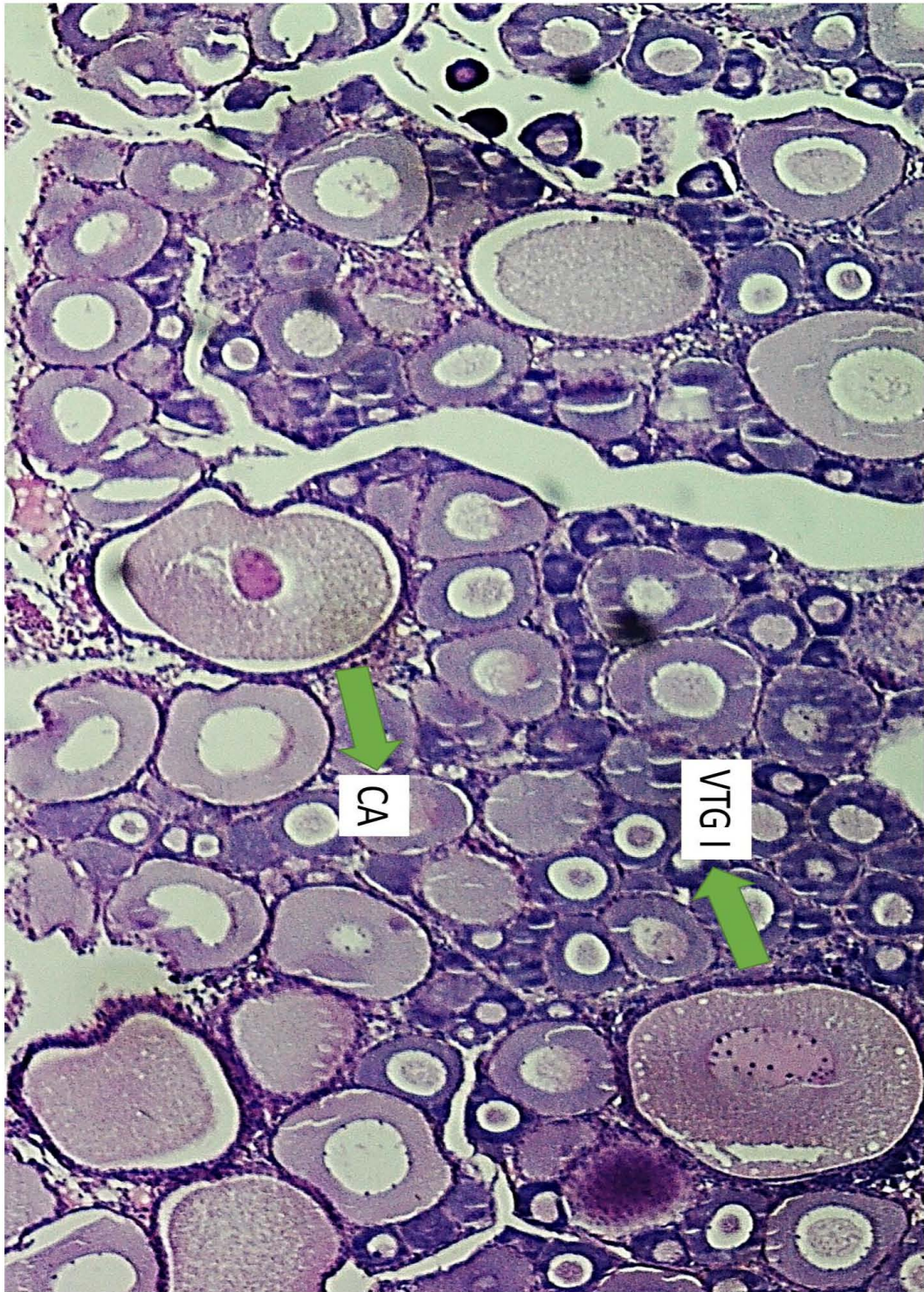


Figura 24. Fotomicrofotografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en la quinta semana en fase en desarrollo, donde se aprecian mayor número de células corticales alveolares (CA) y ovocitos en vitelogénesis I (VTGI). 400 X H-E.

7.3.3 Semana 7

La fotomicrografía correspondiente a la séptima semana del ovario de Pargo-UNAM corresponde a la **Figura 25** que contiene un ovocito en vitelogénesis II, el cual tiene mayor tamaño cuando se compara con un ovocito en VTG I, lo anterior se debe a que este ha incorporado una mayor cantidad de lípidos y proteínas. En la imagen los lípidos corresponden a las vesículas traslucidas y las vesículas eosinofílicas que aparecen rodeando al núcleo corresponden a las vesículas de vitelogenina. En la fotomicrografía se aprecia un folículo atrésico, estos folículos se observan contraídos y con deformidad de la pared del ovocito.

La **Figura 26**, correspondiente a la séptima semana del ovario de la tilapia del Nilo que exhibe ovocitos en vitelogénesis III (VTG III), en esta etapa las vesículas lipídicas y proteícas ocupan la mayor parte del citoplasma y el núcleo. Aunque el ovocito está activo ocupa proporcionalmente un volumen menor al que ocupa en estadios vitelogenicos anteriores. Están presentes por primera vez ovocitos con migración de la vesícula germinal (MVG), las cuales tienen un núcleo excéntrico debido a que este se prepara para la expulsión del primer cuerpo polar. Este grupo genético fue el primero en entrar a la fase capaz de desove, ya que fueron las primeras en presentar folículos VTG III.



Figura 25. Fotomicrografía de ovario de Pargo-UNAM en fase de desarrollo en la séptima semana apreciándose la pared ovárica (PO) externamente y contenidas hay células en vitelogénesis 2 (VTG II) y escasos folículos atrésicos. 400X H-E.

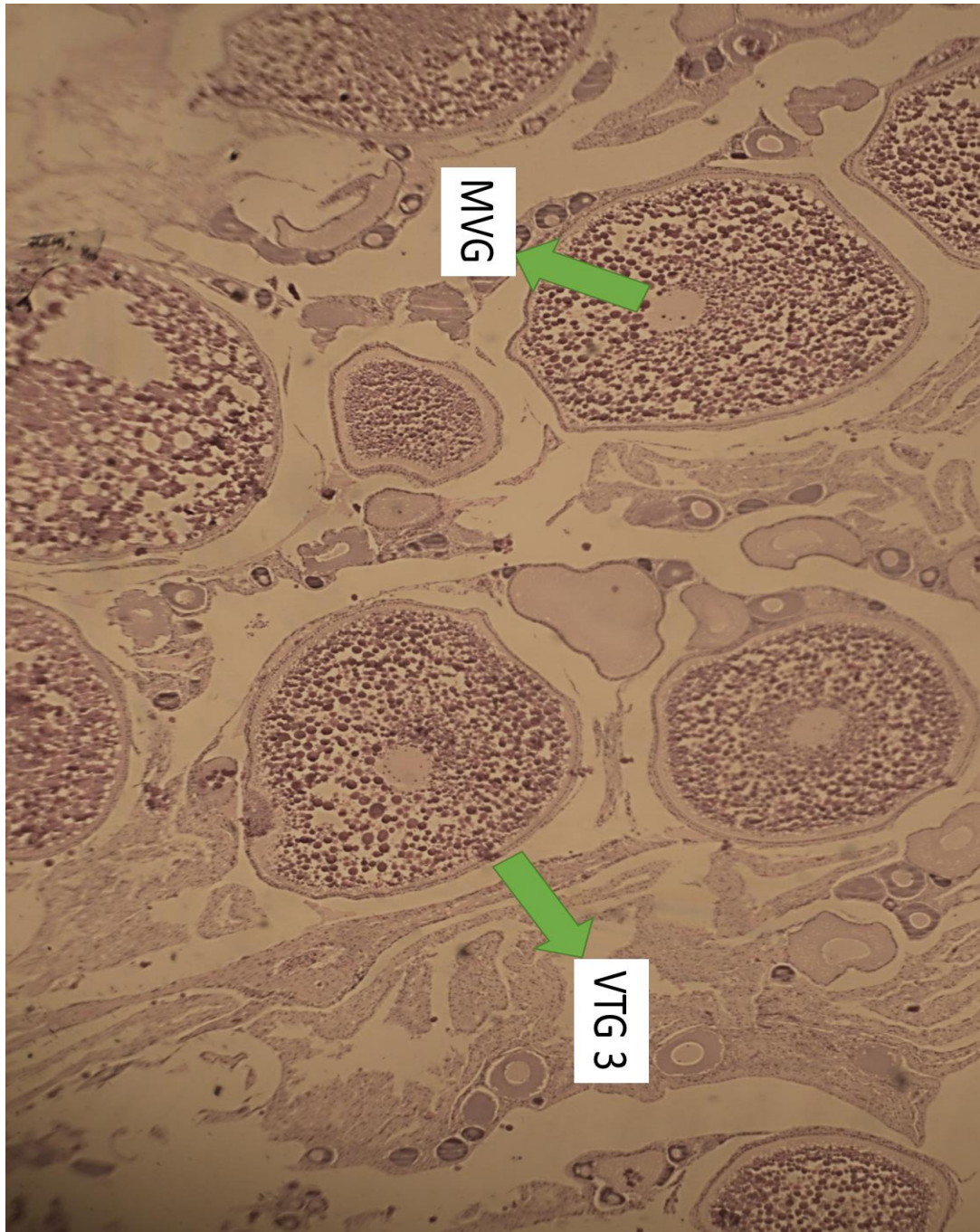


Figura 26. Fotomicrografía de ovario de tilapia del Nilo en la séptima semana fase capaz de desove, donde se identifican ovocitos en vitelogénesis 3 (VTG III), ovocitos con migración de la vesícula germinal (MVG); dentro del citoplasma se aprecian numerosos gránulos eosinofílicos que corresponden a cúmulos de proteínas y los espacios anfolílicos son de lípidos. 400x H-E.

7.3.4 Semana 9

Para la novena semana las hembras de Pargo-UNAM presentaron por primera vez folículos en vitelogénesis III (VTG III) así como estadios de desarrollo folicular previo VTG II y OCP en menor proporción. Sin embargo las poblaciones dominantes no están compuestas por los folículos VTG III, la mayoría de la población en los ovarios de este grupo genético para esta fecha lo componen ovocitos en VTG II y VTG I. **Figura 27.**

Los ovarios de las tilapias del Nilo que fueron muestreados para esta semana, muestran por primera vez ovocitos maduros, los cuales se reconocen por su mayor tamaño y, como lo muestra la **Figura 28**, están comenzando el proceso de hidratación. En estos ovocitos el núcleo, no es aparente ya que la mayor parte del citoplasma está compuesto por las vesículas de lípidos y proteínas de las etapas vitelogenicas, así como por una gran cantidad de agua que entró al ovocito mediante las acuaporinas. Lo anterior, con el fin de establecer la concentración osmótica adecuada para la fertilización y el desarrollo embrionario.

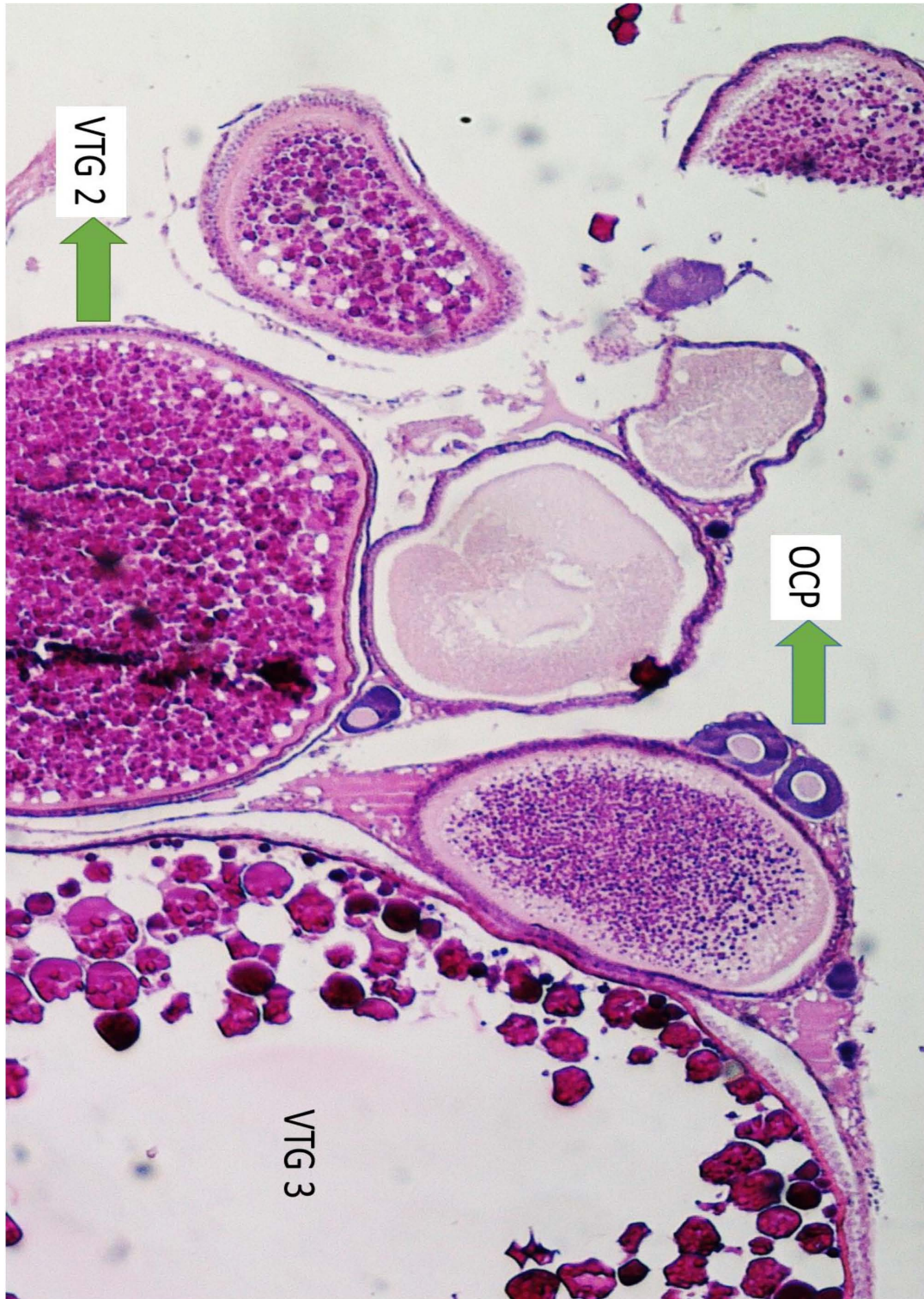


Figura 27. Fotomicrografía de sección de ovario de Pargo-UNAM a la novena semana en fase capaz de desove, identificándose un ovocito en vitelogénesis 3 (VTG III), ovocitos en vitelogénesis 2 (VTG II) y 3 ovocitos en crecimiento primario (OCP). 400x H-E.



Figura 28. Fotomicrografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en fase de desove activo, a la novena semana se aprecia un ovocito maduro (OM) y numerosos ovocitos en vitelogénesis 3 (VTG III). 400x H-E.

7.3.5 Semana 11

Se procesó la muestra de las gónadas de tilapia del Nilo después del primer desove para evidenciar las estructuras post ovulatorias, estas son apreciables en las **Figura 29**, donde se observan numerosos folículos post ovulatorios (FPO) y también estructuras correspondientes a varias etapas de desarrollo folículos en crecimiento primario y ovocitos cortico alveolares ya que debido a la estrategia reproductiva de esta especie los desoves son continuos, por esta razón se encuentran en el ovario folículos en distintas etapas de maduración.

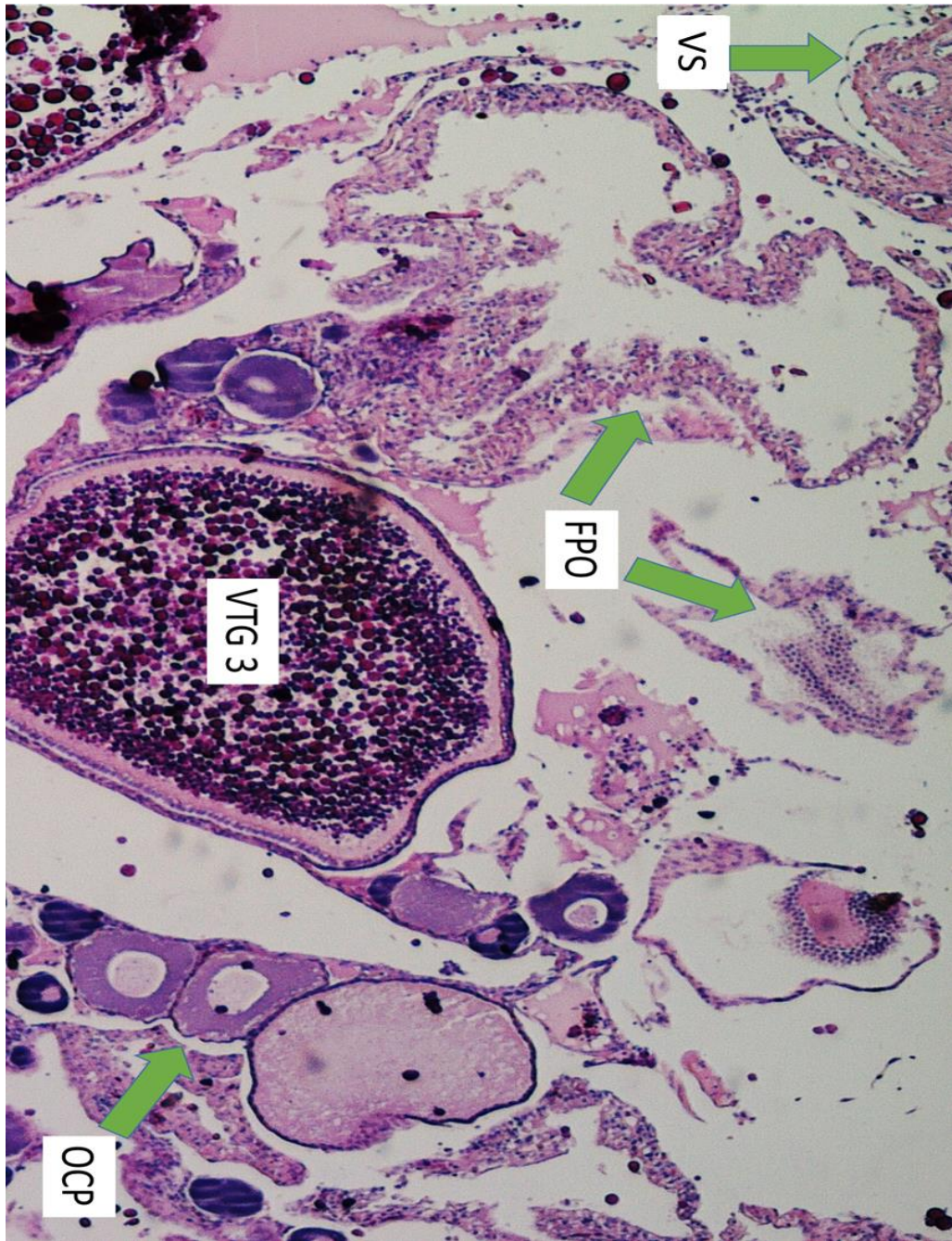


Figura 29. Fotomicrografía de sección de ovario de tilapia del Nilo en fase de regresión en la undécima semana, observándose folículos postovulatorios (FPO), ovocitos en vitelogenésis 3 (VTG 3), un vaso sanguíneo (VS) y numerosos ovocitos en crecimiento primario (OCP). 400x H-E.

Según la clasificación propuesta por Brown-Peterson *et. al.* en la **Figura 28** se puede apreciar la clasificación de las fases reproductivas de ambos grupos genéticos; se clasificaron los ovocitos como inmaduros, ya que en la primera colecta se apreciaron numerosos ovocitos primarios. Sin embargo, para la segunda colecta hubo diferencias significativas, donde el 40% de las hembras de pargo se mantuvieron en la fase de inmadurez. El 60% de las hembras de tilapia del Nilo, ya estaban en la fase de desarrollo y el 40% restante estaban en la fase capaz de desove, por lo cual se manifiesta una marcada diferencia entre ambos grupos. En la quinta colecta el 60% de las hembras de la tilapia del Nilo se encontraban en desove activo, sin embargo, ninguna de las hembras de Pargo-UNAM se encontró en esta etapa.²⁰

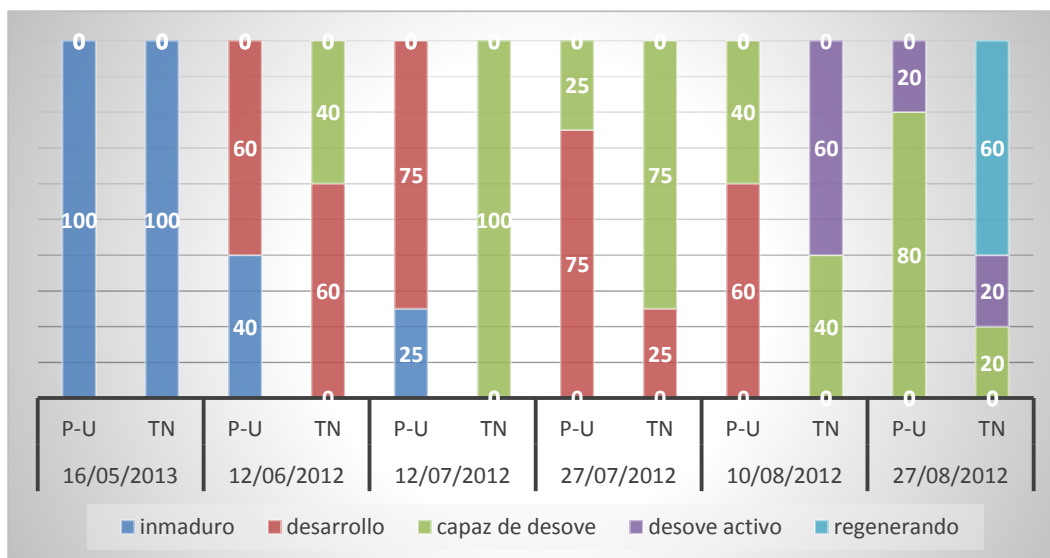


Figura 30. Frecuencias (%) de Pargo-UNAM (PU) y Tilapia del Nilo (TN), al ser categorizadas de acuerdo a las fases y sub-fases reproductivas que presentaron en un período de dos meses y medio.

7.4 Peso a la primera madurez sexual

Los pesos corporales de ambos grupos genéticos fueron registrados a lo largo de once semanas (**Figura 31**), donde puede apreciarse que las hembras de Pargo-UNAM mantienen siempre un peso superior con respecto a la tilapia del Nilo. En el análisis estadístico de ambos grupos indica que para las semanas 1, 7 y 11 existen diferencias significativas ($P > 0.05$) **Cuadro 7**.

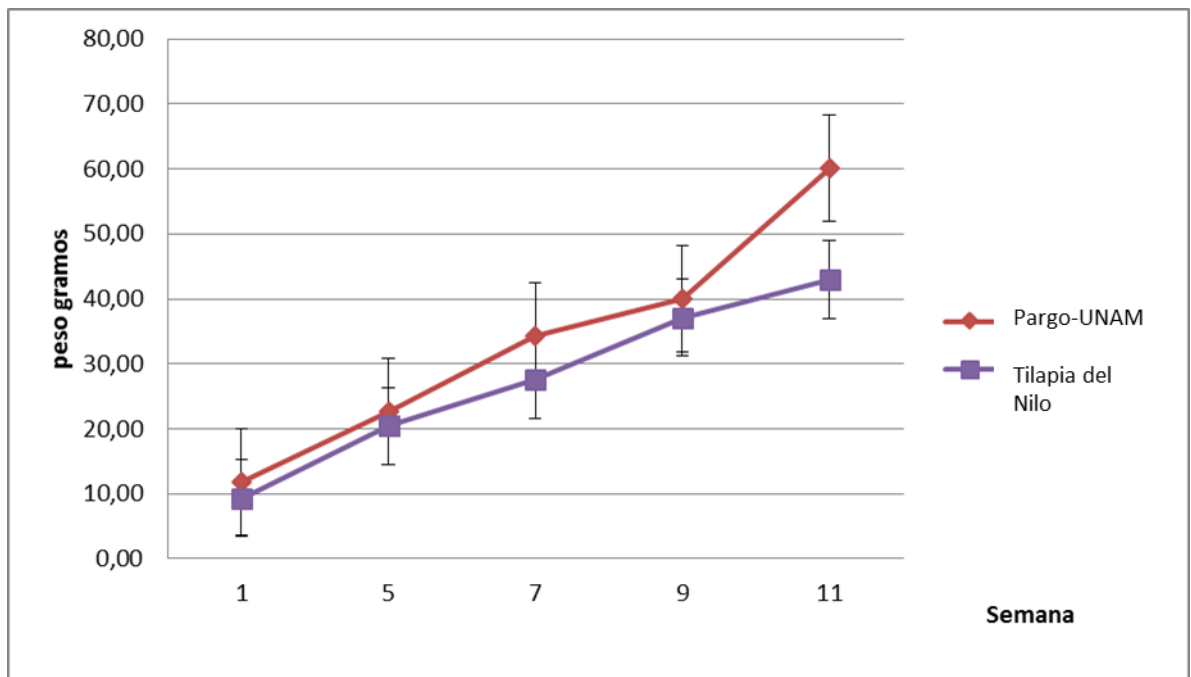


Figura 31. Incremento del peso corporal de Pargo-UNAM con respecto al de la tilapia del Nilo.

Cuadro 7

Cuadro 7. Resultados de la prueba de *t* de Student para el peso de tilapia del Nilo y Pargo-UNAM

Semana	Tilapia del Nilo	Pargo-UNAM	P=F	EE
1	9,30±2.49 ^a	11,8±5.80 ^b	0,036	1,15
5	20,4±9.07 ^a	22,8±8.28 ^a	0,29	2,226
7	27,6±7.29 ^a	34,4±13.93 ^b	0,022	2,87
9	37,1±10.87 ^a	40.0±16.94 ^a	0,441	3,67
11	42,9±8.30 ^a	60,1±19.29 ^b	0.00	17,18

¹ Valores con superíndice diferente en la misma fila son diferentes (P>0.05)

² P=F: probabilidad de certeza

³ E.E: error estándar

Se consideró la madurez sexual como el primer desove de cualquier individuo de alguno de los dos grupos. En la semana 9 las tilapias del Nilo que desovaron pesaban 37g a la madurez sexual, mientras que para las Pargo-UNAM pesaron 40 g.

Los pesos promedio de cada grupo, después de que la tilapia del Nilo alcanzara primero la madurez sexual, fueron de 42.9 y 60.1 g para las Pargo-UNAM (**Figura 32**).

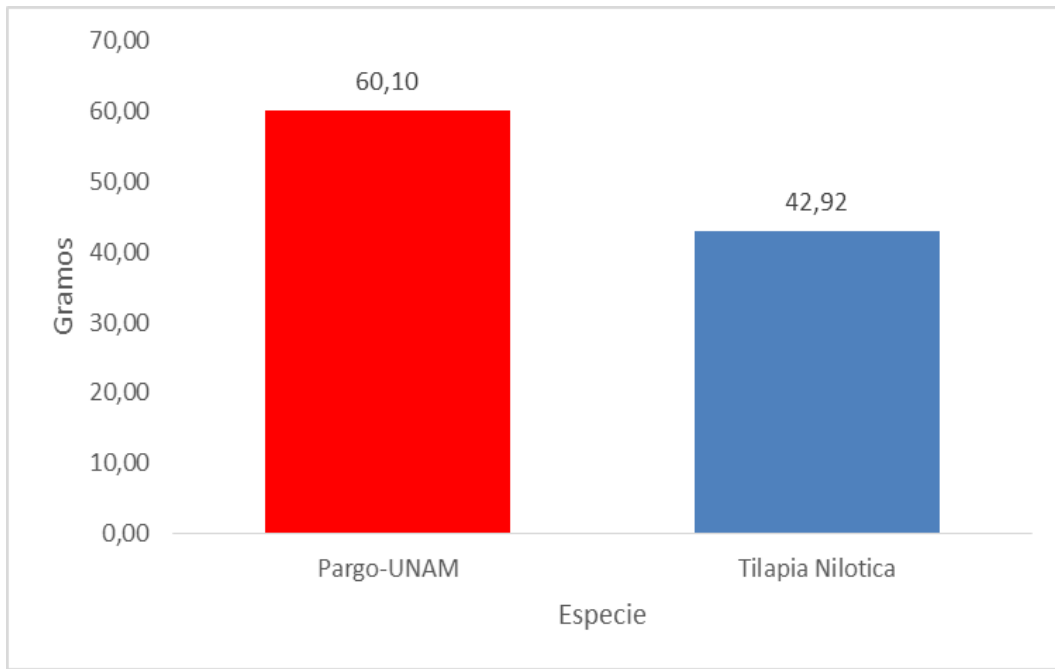


Figura 32. Pesos a la semana 11 de las hembras de Pargo-UNAM y Tilapia del Nilo

8.0 DISCUSION

8.1 Índice gonadosomático

En este trabajo el índice gonadosomático fue más alto en las hembras de tilapia del Nilo (TN) durante todos los muestreos. Los valores de IGS encontrados en el presente estudio en TN fue de 2.12%, siendo diferentes a los informados por Bhatta *et al.* de 3%, Hussain *et al.* 2.46%, pero similares a los reportados por Kariman *et al.* 2.3% y Peña-Mendoza *et al.* 1.8-2%. Las variaciones en el IGS son inherentes a los mismos peces; ya que al ser procesos biológicos una pequeña variación es esperada. Diversos estudios llevados a cabo en este aspecto muestran que tanto la temperatura, el fotoperiodo, área geográfica y la alimentación son factores que tienen un impacto directo en el IGS .^{7, 13, 16, 28,29}

Es importante destacar que las hembras del Pargo-UNAM tenían la misma edad que las Tilapias del Nilo, sin embargo su índice gonadosomático nunca superó el 1.37%. El desarrollo de las gónadas y su menor peso en las hembras de Pargo-UNAM, aparentemente están relacionadas con su propio genotipo teniendo una clara relación con las más altas ganancias de peso alcanzadas en el estudio de Ramírez-Paredes *et al.*, ya que las hembras de ese grupo genético invierten menos energía en el desarrollo de sus ovarios.²³

El análisis estadístico del IGS entre ambos grupos refleja que durante las semanas 1 y 11 los resultados son estadísticamente similares, lo cual es cierto para la primer semana, ya que ambos grupos son inmaduros. Sin embargo los resultados de la semana 11, aunque estadísticamente son similares, en realidad diferentes ya que cada especie se encuentra en un estado fisiológico distinto. Por

lo anterior mientras las tilapias del Nilo tienen un menor IGS debido al primer desove, el de las Pargo-UNAM sigue incrementándose, ocasionando que los resultados del análisis estadístico sean similares.

8.2 Comparación histológica

En este estudio el análisis histológico de las gónadas es de utilidad, ya que permite apreciar la morfología y el desarrollo de los ovocitos que tiene lugar en el ovario de los peces a lo largo del tiempo.^{30, 31}

Según los hallazgos histológicos entre ambos grupos genéticos comparados se observó que en las hembras de la Tilapia del Nilo el desarrollo gonadal y la maduración de los ovocitos ocurre con mayor rapidez. Esto se hace manifiesto al comparar las características histológicas de las gónadas durante las mismas fechas, ya que desde la segunda toma de muestras las Tilapias del Nilo muestran estadios más avanzados en la ovogénesis. Mientras que al comparadas con las de Pargo-UNAM su desarrollo es más lento.

La primera vez que se pudieron apreciar las características histológicas correspondientes al desove activo entre Pargo-UNAM y tilapia del Nilo fue en la toma de muestras correspondientes a la semana 9, en las Tilapias del Nilo. Para esta fecha las tilapias tenían cinco meses de edad, lo cual es concordante a la edad de inicio de la madurez sexual establecida por Wohlfarth *et. al.*, sin embargo, es diferente, con respecto a lo informado en el trabajo realizado por Dadzie *et al.* que establece la edad a la madurez sexual entre las 12 y las 13 semanas. Al contrastar estos datos de las comparaciones de las características histológicas y

los índices gonadosomáticos, se acepta la hipótesis planteada ya que es evidente que las hembras de Pargo-UNAM tienen diferencias significativas en cuanto al desarrollo gonadal y la composición histológica de la misma.^{21,31}

8.3 Peso al inicio de la madurez sexual

Las hembras de Pargo-UNAM fueron superiores en peso con respecto a la Tilapia del Nilo en el estudio de Ramírez-Paredes *et.al.* Debido a este estudio surgió el interés de determinar con mayor precisión la causa de esas diferencias. Se planteó la hipótesis de que las hembras de Pargo-UNAM destinaban la energía obtenida en el alimento a la hipertrofia del tejido muscular, contrario a las hembras de Tilapia del Nilo, las cuales dan preferencia a la maduración y formación de las gónadas. La determinación de los pesos de ambos grupos genéticos permitió la corroboración de los resultados obtenidos en el estudio antes citado y además se demostró que esta tendencia es marcada en etapas más tempranas del desarrollo.^{23, 31}

Los resultados del presente estudio muestra que los pesos de las hembras de Pargo-UNAM son siempre mayores; existen dos puntos en la gráfica en la semana 5 y semana 9, donde estadísticamente no existen diferencias significativas. Estos resultados, sin embargo, pueden ser atribuidos al método de muestreo que fue aleatorio; tomando esto en cuenta es posible apreciar como la separación de los grupos genéticos es más marcada a lo largo del tiempo; lo anterior aunado al estudio histológico de las gónadas, que es un indicador que permite concluir que la hipótesis planteada en este estudio es correcta.

9.0 CONCLUSIONES

- Las hembras de Pargo-UNAM mostraron mayor ganancia de peso y un retardo significativo en la madurez sexual corroborado con los hallazgos histológicos, siendo su producción más rentable.
- El análisis histológico de ambos grupos muestra que la maduración de los ovocitos de las Tilapias del Nilo ocurre a los cinco meses de vida, quince días antes que en las hembras de Pargo-UNAM.
- La comparación del índice gonadosomático de ambos grupos genéticos muestra que existen diferencias significativas entre ambos, siendo la Tilapia del Nilo la que presentó el índice más alto.
- Las hembras de Pargo-UNAM alcanzan la madurez sexual tardíamente sugiriendo que este grupo genético no requiere el uso de hormonas para la inversión sexual.
- De acuerdo a este estudio, las producciones de Pargo-UNAM son más rentables, porque las hembras alcanzan mayor peso y un mayor crecimiento en comparación con la Tilapia del Nilo.

10.0 REFERENCIAS

1. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, FAO standard common names and scientific names of commercial species (in alphabetical order). Fishery Information, Data and Statistics Unit. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy. 143 1996.
2. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [home page on internet]. Fisheries and Aquaculture Department, Species Fact Sheets, *Oreochromis niloticus*; c2010-2012-[cited 2012 jul 17]. Available from : <http://www.fao.org/fisheries/3217/en>
3. FAO Fisheries and Aquaculture Department, Fishery and Information Data and Statistics Unit, Fishstat Version 2.32. Universal Software for Fishery Statistics Time Series.Rome 2010. Available at: www.fao.org/fishery/statistics/software/fishstat/en.
4. MUÑOZ CG, GARDUÑO LM. Mejoramiento Genético en Tilapia: Sistemas de cruzamiento y mecanismos genéticos en la determinación del color. Veracruz : Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia de la Universidad Nacional Autónoma de México, 2003.
5. MORALES DA. La tilapia en México: biología, cultivo y pesquerías. México: AGT editor,1991.
6. ORTIZ RFO. Desempeño productivo de la tilapia del Nilo y la población sintética de tilapia: Pargo-UNAM bajo condiciones de cultivo intensivo en

una explotación comercial en el estado de Veracruz (tesis de licenciatura).
México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2008.

7. MAIR G, LAKAPUNRAT S, JERE W, BART A. Comparison of Reproductive Parameters Among Improved Strains of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). 6th international symposium on Tilapia aquaculture Philippine international convention center Roxas Boulevard Manila Philippines , Sep 12-16 2006 142-156.
8. APARECIDA A, LUIZ-MARQUES H, SILVA A. Comparative Growth Performance of Two Nile Tilapia (Chitralada and Red-Stirling), Their Crosses and the Israeli Tetra Hybrid ND-56. *Aquaculture Research* 2005;36:1049-1055.
9. LÓPEZ C. Masculinización de Tilapia Roja (*Oreochromis spp*) por Inmersión Utilizando 17-alfametilttestosteron. *Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias* 2007;30:318-326.
10. URAIWAN SUPATTRA. Direct and Indirect Response to Selection for Age at First Maturation of *Oreochromis niloticus*. Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture; 1987 marzo 16; Bangkok Thailand. 1987:294-300.
11. HÖRSTGEN-SCHWAK LANGHOLZ H J. Prospects of Selecting for Late Maturity in Tilapia (*Oreochromis niloticus*): III a Selection Experiment under Laboratory Conditions. *Aquaculture* 1998;167:123-133.
12. AL HAFED, SIDDAQUI, AL SAIADY. Effects of Dietary Protein Levels on

- Gonad Maturation, Size and Age at First Maturity, Fecundity and Growth of Nile Tilapia. *Aquaculture International* 1999;7:5:319-332.
13. BRÄMICK U, PUCKHABER B, LANGHOLZ H-J, HÖSTGEN-SHWARK G. Testing of Triploid Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Under Tropical Conditions. *Aquaculture*, 1995;137: 343-353.
 14. GARCIA G. Histología y Biología Reproductiva de Tilapia en el Estado de Morelos (tesis de licenciatura). México (DF) México: Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, 2006.
 15. BHATTA S, IWAI T, MIURA T, HIGUCHI M, MAUGARS G, MIURA C. Differences Between Male and Female Growth and Sexual Maturation in Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Kathmandu University Journal of Science, Engineering and Technology* 2012;8:2:57-65.
 16. KARIMAN A, HANAN S. Investigations on Some Aspects of Reproductive Biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) Inhabited Abu-zabal Lake, Egypt. *Global Veterinaria*, 2008; 2:6:351-359
 17. LUBZENS E, YOUNG G, BOBE J, CERDÀ J. Oogenesis in Teleosts: How Eggs are Formed. *General Comparative Endocrinology* 2010;165:367-389.
 18. BENÍTEZ, F. J. Estructura histológica de la gónada de teleósteos. *Temas Actuales sobre Reproducción de Teleósteos*. ENEP Iztacala. UNAM. 1992;119.
 19. RODRÍGUEZ M. Técnicas de evaluación cuantitativa de la madurez gonádica en peces. México: AGT editor, 1992.
 20. BROWN-PETERSON NJ, WYANSKI DM, SABORIDO-REY F, MACEWICZ BJ, LOWERRE-BARBIERI SK. A Standardized Terminology for Describing

- Reproductive Development in Fishes. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science 2011;3: 52-70.
21. WOHLFARTH G, HUALATA G. Applied Genetics of Tilapias. ICLARM Studies and Reviews 6th international center for living aquatic resources management, Manila Philippines, 1983.
22. SRIJUNNGAM J, WATTANASIRMKIT K. Histological Structures of Nile Tilapia *Oreochromis niloticus* Linn. Ovary. The Natural History Journal of Chulalongkorn University. 2001;1: 53-59.
23. RAMÍREZ-PAREDES JG, GARDUÑO LM, MUÑOZ CG, Productive performance of a new synthetic red tilapia population 'Pargo-UNAM' compared with that of wild type Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.). Aquaculture Research 2011;1-9.
24. SALAZAR U. Desempeño productivo de cuatro grupos genéticos de tilapia (*Oreochromis* spp.) en la zona centro-norte del estado de Veracruz (tesis de licenciatura). Puebla (Puebla) México: Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, 2008.
25. WEBSTER CD, LIM CE. Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. New York: CABI Publishing, 2002.
26. STOSKOPF M. Fish Medicine. Philadelphia USA: K B Saunders, 2010.
27. ZAR J. Biostatistical Analysis. 2a. Ed. New Jersey USA: Prentice-Hall, Inc, Englewood Cliffs, 1984.
28. HUSSAIN M, RAO G, HUMAYUN N. Comparative Performance of Growth, Biochemical Composition and Endocrine Profiles in Diploid and Triploid Tilapia *Oreochromis niloticus* L. Aquaculture 1995;138:87-97.

- 29.KARIMAN A, HANAN S. Investigations on Some Aspects of Reproductive Biology in *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1757) Inhabited Abu-zabal Lake, Egypt. *Global Veterinaria* 2008; 2:6;351-359.
- 30.PEÑA-MENDOZA B, GOMEZ-MARQUES J, GARCÍA-ALBERTO G. Ciclo Reproductor e Histología de las Gónadas de la Tilapia *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae). *Ciencia Pesquera* 2011;19:2 ;23-36.
- 31.DADZIE S. Oogenesis and the stages of maturation in the Female Cichlid Fish, *tilapia mossambica* .*Ghana Journal of Science* 1974;14:1 ;23-31.