

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**  
**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE BIOLOGÍA**



**Validación de la escala y estimación de la talla de  
madurez gonadal en *Paralonchurus peruanus*  
“suco”, región La Libertad, 2017.**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
BIÓLOGO PESQUERO**

**AUTOR: Br. KEVIN DANIEL CHALAN SANTILLAN**

**ASESOR: Dra. ZOILA GLADIS CULQUICHICON MALPICA**

**CO-ASESOR: Blgo. JACINTO PAREDES PAREDES**

**TRUJILLO – PERU**

**2018**

## DECICATORIA



A mis padres DANIEL  
Y MARITZA, por el  
apoyo incondicional,  
en los buenos y malos  
momentos de mi  
formación profesional.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres, hermanos y familia por su gran apoyo, por estar siempre conmigo animándome en todo momento a salir adelante y superarme en lo personal y profesional.

Mi agradecimiento al Instituto del Mar del Perú – Huanchaco, por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo en dicha institución y de manera muy especial al Blgo. Jacinto Paredes Paredes y a la Dra. Zoila Gladis Culquichicón Malpica, por el apoyo incondicional que me brindaron tanto en lo personal como en lo profesional, por el constante asesoramiento durante la realización y culminación del presente trabajo.

También expresé mi gratitud especial a la Blga. Betsy del Carmen Buitrón Díaz, por las orientaciones, enseñanzas, consejos y las correcciones de esta presente investigación. Al Blgo. Miguel Angel Perea de la Matta, por la orientación y enseñanzas, también por la facilidad de la manipulación de los equipos del IMARPE-Chimbote, que permitieron el desarrollo de esta investigación. Al Blgo. Dennis Elthon Atoche Suclupe por el apoyo en el procesamiento e interpretación de datos que permitieron el avance de esta investigación.

También a los profesores de la Escuela Académico Profesional de Biología Pesquera por sus consejos y enseñanzas para mi formación profesional.

Y a todas aquellas personas que involuntariamente omita, y que, de alguna manera, me apoyaron desinteresadamente en este estudio.

**AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO**

Dr. ORLANDO MOISES GONZALES NIEVES

**RECTOR**

Dr. RUBEN VERA VEÑIZ

**VICE RECTOR ACADÉMICO**

Dr. FREDDY ROGGER MEJIA COICO

**DECANO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS**

Dra. ALINA MARIBEL ZAFRA TRELLES

**Directora (e)**

**DEPARTAMENTO ACADÉMICO DE PESQUERIA**

Dr. MOISES EFRAIN DIAZ BARBOZA

**Director (e)**

**ESCUELA PROFESIONAL DE BIOLOGÍA PESQUERÍA**



## PRESENTACIÓN

Señores miembros del Jurado Evaluador, en cumplimiento con las disposiciones reglamentarias vigentes de la Escuela Académico Profesional de Biología Pesquera de la Facultad de Ciencias Biológicas de Universidad Nacional de Trujillo pongo a vuestra consideración el informe de tesis titulada: Validación de la escala y estimación de la talla de madurez gonadal en *Paralichthys peruanus* “suco”, región La Libertad, 2017. Con el cual cumplo uno de los requisitos indispensables para optar el título de Biólogo Pesquero.



Trujillo, Noviembre, 2018

---

**Br. Kevin Daniel Chalan Santillán**

## **MIEMBROS DEL JURADO**

---

**PRESIDENTE**



---

**SECRETARIO**

---

**VOCAL**

## **APROBACIÓN**

Los profesores que suscriben, miembros del jurado dictaminador, declaran que la tesis titulada Validación de la escala y estimación de la talla de madurez gonadal en *Paralonchurus peruanus* “suco”, región La Libertad, 2017. Ha cumplido los requisitos formales y fundamentales siendo aprobada por unanimidad.



**PRESIDENTE**

---

**SECRETARIO**

---

**VOCAL**

**DEL ASESOR**



---

**ASESORA**

## INDICE

<b>DECICATORIA</b> .....	ii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iii
<b>AUTORIDADES DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO</b> .....	iv
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	v
<b>MIEMBROS DEL JURADO</b> .....	vi
<b>APROBACIÓN</b> .....	vii
<b>DEL ASESOR</b> .....	viii
<b>INDICE</b> .....	ix
<b>RESUMEN</b> .....	1
<b>ABSTRACT</b> .....	2
<b>INTRODUCCION</b> .....	3
<b>MATERIALES Y METODOS</b> .....	7
<b>RESULTADOS</b> .....	15
<b>DISCUSIÓN</b> .....	56
<b>CONCLUSIONES</b> .....	63
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA</b> .....	64
<b>ANEXOS</b> .....	70

## RESUMEN

Se validó la escala y se determinó la talla de madurez gonadal de *Paralonchurus peruanus* “suco” en la Región La Libertad, 2017. Se analizaron un total de 2676 individuos de suco. Las muestras de tejido gonadal fueron procesadas histológicamente mediante el método de infiltración en parafina y coloreadas con Hematoxilina-Eosina contrastante, para luego ser observadas y analizadas bajo la luz del microscopio en cuanto a la conformación del parénquima gonadal y las células sexuales masculinas y femeninas. Se describieron las características macroscópicas y microscópicas de cada fase de madurez. Se validaron seis fases para hembras y machos: Virginal (0), en reposo (I), en maduración (II), maduro (III), desovante/expulsante (IV) y recuperación/post-expulsante (V). Así mismo, se estableció que la talla de madurez gonadal por el método publicado en el protocolo de IMARPE, la cual fue estimada para hembras en 22.6 cm y para machos en 20.7 cm.

Palabras claves: Escala de madurez gonadal, talla de madurez gonadal, *Paralonchurus peruanus*, reproducción.

## ABSTRACT

The objective was to validate the scale and size of gonadal maturity of *Paralonchurus peruanus* “suco” in La Libertad region during 2017. A total of 2676 individuals of suco were analyzed. Gonadal tissue samples were processed histologically by paraffin infiltration method and stained by contrasting Hematoxylin-Eosin, to be later observed and analyzed under the light of the microscope as for the conformation of the gonadal parenchyma and the female and male sexual cells were identified. Macroscopic and microscopic characteristics of each maturity phase were described. Six phases were validated for females and males: Immature (0), Regenerating (I), Developing (II), Mature (III), Spawning/Expulsing = IV and Regressing/Post expulsing = V. Also, it was established that gonadal maturity by the accumulated frequency method was estimated at 30.2 cm for females and for males 28.7 cm; while, by the IMARPE protocol it was estimated for females in 22.6 cm and for males in 20.7 cm.

Keywords: Scala of gonadal maturity, size of gonadal maturity, *Paralonchurus peruanus*, reproduction.

## INTRODUCCION

Los diversos tipos de pesca que se llevan a cabo en el ámbito marítimo suman un importante volumen de productos hidrobiológicos extraídos cada año, creando una situación donde la ausencia de mecanismos de regulación podría conllevar a la depredación del recurso. Sin embargo, la actual política pesquera ha permitido fijar períodos y volúmenes de extracción en función a la biomasa, garantizando la sostenibilidad de la explotación<sup>1</sup>.

En tal sentido, la extracción de las principales especies, tanto para consumo humano directo como indirecto, tiene implicancias económicas y sociales para el país, lo que impulsa el desarrollo de modelos de evaluación que sustenten las medidas para el manejo sostenible. Uno de los elementos más importantes en estas evaluaciones es el conocimiento de la condición reproductiva de los stocks, que se mide con índices reproductivos elaborados a partir de la observación y caracterización del desarrollo gonadal<sup>2</sup>.

El Perú es uno de los países pesqueros más importantes del mundo por sus diversos factores ambientales y biológicos. Estos, brindan a sus aguas un ecosistema de gran productividad natural con la consecuente presencia de una inmensa variedad y cantidad de recursos pesqueros<sup>3</sup>. En el litoral peruano existe una gran diversidad de especies, entre éstas se encuentran las demersales, siendo *Paralonchurus peruanus* “suco” uno de los principales recursos debido a que tiene una gran demanda en el consumo humano directo.

Esta especie pertenece a familia Sciaenidae, es relativamente costera y habita sobre fondos arenosos cercanos a las playas, es de amplia distribución, presenta mayor



abundancia al norte y centro del litoral peruano<sup>4</sup>. *P. peruanus* es carnívoro y el ítem alimentario de mayor preferencia son los poliquetos. Esta especie presenta una actividad reproductiva continua, con un pico de desove entre los meses de marzo y abril. Por otro lado, los mayores registros de desembarques se dan en marzo y junio<sup>5</sup>.

El estudio del ciclo reproductivo, talla de madurez gonadal, zona, época y edad de desove de los stocks de los recursos pesqueros, son aspectos importantes en el conocimiento de la biología reproductiva de un recurso. A través de éstos, se puede implementar modelos de evaluación y el manejo de los recursos y promover medidas de conservación y su uso racional propiciando una adecuada gestión del recurso<sup>6</sup>.

Un aspecto importante para el conocimiento de la reproducción biológica en seres vivos es determinar su ciclo reproductivo, centrándose en los cambios que éstos puedan tener: orgánico y funcional, entre otros aspectos. El desarrollo de las gónadas, finaliza cuando se produce el desove, mediante el cual se liberan ovocitos, o la espermiación, al liberarse los espermatozoides, dando inicio a la fecundación, la primera fase en el ciclo de su vida<sup>7</sup>.

El método más utilizado para la determinación de la condición reproductiva de la población es a través de la catalogación de fases de madurez con el uso de una escala basada en la morfología gonadal externa y el examen visual de las gónadas, en el que se aplican criterios macroscópicos; sin embargo, esta metodología no permite identificar algunas fases de maduración, como por ejemplo el desove (hembras) y la expulsión (machos)<sup>8</sup>. El uso de este método permite analizar un gran número de individuos con relativamente poco esfuerzo<sup>9</sup>.

En el 2001, en Noruega, se realizó un taller con especialistas de biología reproductiva de diferentes partes del mundo, con el objetivo de mejorar la calidad global de los datos de reproducción utilizados en las evaluaciones de las poblaciones marinas. En ese evento, se acordó, que todo estudio de los aspectos reproductivos de un recurso debe iniciarse con la validación histológica de las fases de maduración gonadal, minimizándose el sesgo de la misma y debe ser fácil de usar<sup>10</sup>.

Por eso, es necesario contrastar las características macroscópicas de la gónada con el análisis de los cortes histológicos del tejido testicular y ovárico en donde se muestre al detalle el desarrollo de las células sexuales<sup>11</sup>. En tal sentido, la introducción de las técnicas histológicas permite conocer en detalle los cambios que sufren el estroma ovárico y el testicular<sup>12</sup>.

En el Perú son pocos los estudios orientados sobre aspectos reproductivos de *P. peruanus*. No se ha utilizado técnica histológica para validar su propia escala de madurez gonadal y, por ende, no existe una escala autorizada para esta especie, siendo este un aspecto biológico importante para entender su estrategia reproductiva, para plantear medidas de manejo pesquero, siendo esto potencialmente importante para los pescadores artesanales. En tal sentido, queda mucha investigación con el objetivo de brindar la información que permita un manejo adecuado de los recursos hidrobiológicos, para una explotación sostenible a través del tiempo.

La especie *P. peruanus* “suco” es una especie de importancia comercial, y viene siendo explotado aun cuando tiene fijada su talla mínima de captura, esto no asegura un manejo sostenible adecuado del recurso. La actividad extractiva de este recurso pone en riesgo a

todo el ecosistema del cual forma parte, ya que al ocupar un nicho ecológico y ser parte de la trama trófica, es probable esperar que un descenso poblacional drástico de este recurso tenga un efecto importante en el ecosistema, asimismo, al ser extraído y comercializado, significa una fuente de alimentación y fuente de trabajo para la población aledaña. Por estos motivos, es indispensable obtener la mayor cantidad de información que permita obtener la base necesaria para una gestión sustentable. La escala de maduración gonadal y la determinación de su talla de madurez coadyuvarán el conocimiento para lograr este propósito.

La presente investigación tuvo por objetivo elaborar la escala y determinar la talla de madurez gonadal de *P. peruanus* “sucó” y así aportar conocimientos básicos del estado reproductivo de este recurso explotado.



## MATERIALES Y METODOS

### 1. MATERIAL BIOLÓGICO

Se colectaron 2676 individuos de *P. peruanus* proveniente de la pesca artesanal en los principales desembarcaderos de la región La Libertad.

### 2. METODOS

#### 2.1 ZONA DE MUESTREO

El material biológico fue colectado mensualmente entre enero y diciembre del 2017 en los puertos de Pacasmayo, Malabrigo, Huanchaco, Salaverry y Puerto Morín en la región La Libertad (figura 1). Además, se utilizó la base de datos del IMARPE HUANCHACO, de los muestreos biológicos del recurso correspondientes a los años 2015 - 2016.

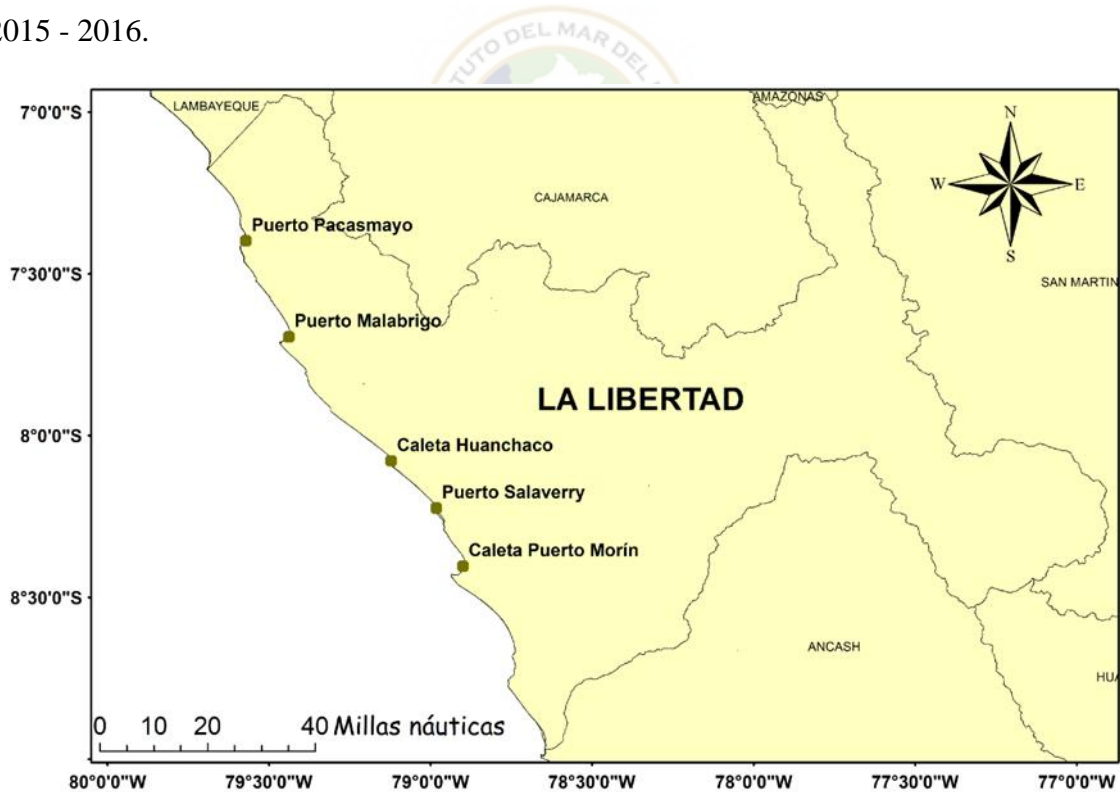


Figura 1.- Mapa de los puertos de desembarque de *Paralonchurus peruanus* “suco” en la región La Libertad.

## **2.2 MUESTREO BIOMÉTRICO**

Se colectó de 20 y 25 kg de suco, los cuales fueron muestreados en el Laboratorio Costero de IMARPE – Huanchaco, donde se estratificaron por talla. El muestreo consistió en medir cada individuo y agruparlos por tallas.

## **2.3 MUESTREO BIOLÓGICO**

Se tomó 10 ejemplares como máximo por talla para luego registrar en una ficha de muestreo (anexo 1) los datos biométricos como longitud total(cm), con el uso de un ictiómetro graduado en 1cm. El peso total de cada individuo se registró con el uso de una balanza marca KERN de 0.01g de sensibilidad. Luego, se realizó un corte en la región abdominal del pez para determinar el sexo. Se extrajeron las gónadas para determinar el peso total (g) y la madurez gonadal<sup>13</sup>, estas fueron colocadas individualmente en una bolsa que contenía formol bufferado al 10%, con sus respectivas etiquetas de datos y código en papel canson donde se consignó los principales datos de la muestra: especie, fecha, puerto y número de serie de la muestra.

## **3. ANALISIS HISTOLÓGICO DE GÓNADAS**

El procesamiento histológico se realizó con el método de infiltración en parafina (figura 30) cuyas etapas son: deshidratación, aclaramiento, inclusión, corte, tinción y montaje<sup>14</sup>.

Se utilizó un procesador automático de tejido marca Leica TP1020, el cual tiene 12 estaciones (figura2), donde se realizó los siguientes pasos: lavado, deshidratación, aclaración, infiltración con parafina.

### **3.1 REFIJACIÓN**

Con una hoja de bisturí se realizó un corte de 0,5 -1 cm de grosor de la gónada (sub-muestra) y se colocó en una porta muestra (casette) con una etiqueta en papel canson. Luego, éstas se colocaron en la canastilla del procesador automático de tejido en la estación 1 (E<sub>1</sub>), durante 10 minutos en formol bufferado al 10%.

### **3.2 LAVADO**

Las sub-muestras se lavaron con agua destilada (E<sub>2</sub>), durante 30 minutos para eliminar exceso de formol, para que no interfiera con los pasos subsiguientes.

### **3.3 DESHIDRATACIÓN**

Esto se realizó con la finalidad de eliminar los fluidos de la célula, para que éstos sean reemplazados posteriormente por parafina. Para ello, el tejido fue sumergido en alcohol al 70% por 1 hr (E<sub>3</sub>), 80% por 1 hr (E<sub>4</sub>), 90% por 1 hr (E<sub>5</sub>), 90% por 1 hr (E<sub>6</sub>), 100% por 1hr y 30 min (E<sub>7</sub>), 100% por 1 hr y 30 min (E<sub>8</sub>).

### **3.4 ACLARACIÓN**

Terminado los pasos anteriores, inmediatamente el tejido fue aclarado con Xilol durante 8 minutos (E<sub>9</sub>). El tiempo en que las muestras permanecieron en este medio fue variable debido a los diferentes tamaños de la gónada.

### 3.5 INFILTRACIÓN CON PARAFINA

Terminada la aclaración en la E<sub>9</sub>, las submuestras pasaron a parafina líquida disuelta a 60°C en la E<sub>11</sub> y E<sub>12</sub> durante 1 hora en cada estación.



Figura 2.- Diagrama del proceso de infiltración en parafina utilizado para suco *Paralonchurus peruanus* en la región La Libertad entre enero y diciembre del 2017.

### **3.6 INCLUSION EN PARAFINA**

Las submuestras fueron retiradas del procesador de tejidos y colocadas en un molde de goma de forma cúbica de 2 cm de lado, para ser llenado con parafina líquida con el uso de un dispensador de parafina marca Leica EG1150. Los moldes se enfriaron en una refrigeradora marca Samsung RT22FARAD por 25 minutos. Posteriormente, se les dio forma de trapecio a cada cubo con una cuchilla con el objetivo que facilite el corte del tejido.

### **3.7CORTE**

Los cubos de parafina se cortaron a 7  $\mu\text{m}$  para hembras y 4  $\mu\text{m}$  para machos. Esto se realizó con el uso del micrótopo de rotación marca Leica RM2245. Con ayuda de pinceles se recogió y se colocaron las secciones en un baño de flotación marca Leica HI1210 a 37°C.

### **3.8 MONTAJE CON ALBÚMINA**

Las secciones de tejido se colocaron en una lámina porta objeto de 22x76 mm cubierta con una delgada capa de albúmina para permitir una mejor adherencia del tejido y evitar el desprendimiento del mismo en el proceso de coloración<sup>7</sup>. Estas se colocaron sobre una plancha de secado a una temperatura de 45°C, para eliminar humedad. Luego, las láminas fueron rotuladas con un lápiz punta diamante con sus respectivos códigos y fueron colocadas en rejilla porta láminas del coloador automático.



### **3.9 COLORACIÓN**

La coloración tuvo 3 partes: hidratación, coloración y deshidratación y, se realizó en 24 pasos (P), con la ayuda de un coloreador automático de tejidos marca Leica ST 5010 XL y la técnica Hematoxilina-Eosina (H-E)<sup>15</sup> (Cuadro 1). El tiempo total de la tinción es de aproximadamente 2 horas (Figura 3).

#### **3.9.1 HIDRATACIÓN**

La rejilla con las láminas fue sumergida en P<sub>1</sub> Xilol (7 min), P<sub>2</sub> Xilol (7 min), P<sub>3</sub> alcohol 100% (10 min), P<sub>4</sub> alcohol 100% (5 min), P<sub>5</sub> alcohol 100% (5 min), P<sub>6</sub> alcohol 100% (5 min), P<sub>7</sub> alcohol 90% (5 min), P<sub>8</sub> alcohol B 90% (5 min), P<sub>9</sub> alcohol 80% (5 min), P<sub>10</sub> lavado (2 min.) y P<sub>11</sub> lavado (5 min).

#### **3.9.2 COLORACIÓN**

Terminado el lavado en el P<sub>11</sub>, pasó por P<sub>12</sub> hematoxilina (30 seg), P<sub>13</sub> lavado (30 seg), P<sub>14</sub> alcohol ácido (4 seg), P<sub>15</sub> lavado (15 seg), P<sub>16</sub> lavado (10 min), P<sub>17</sub> alcohol 80% (5 min) y P<sub>18</sub> eosina (30 seg).

#### **3.9.3 DESHIDRATACIÓN**

Culminada la coloración, la rejilla fue sumergida en P<sub>19</sub> alcohol de 90% (5 min), P<sub>20</sub> alcohol 100% (5 min), P<sub>21</sub> alcohol 100% (5 min), P<sub>22</sub> alcohol 100% (5 min) y P<sub>23</sub> Xilol (10 min) y finalmente en el P<sub>24</sub> estufa a 37°C para que sequen las láminas.

#### **3.9.4 MONTAJE**

Esto se realizó colocando 2 – 3 gotas del medio de montaje Entellán sobre las láminas coloreadas, las cuales fueron cubiertas con una lámina cubreobjetos, evitando la formación de burbujas. Se dejó en la campana extractora por 24 horas para su secado.

#### **4. OBSERVACIÓN MICROSCOPICA**

La observación de las láminas se realizó con la ayuda de un microscopio Leica DM 2500 con cámara incorporada, el cual tomó fotos con el uso del software Leica LAS EZ. De esta manera, se analizaron las láminas e identificaron las estructuras microscópicas de hembras y machos.

#### **5. ANALISIS DE DATOS**

El análisis de los datos histológicos se llevó a cabo en el Laboratorio de Biología Reproductiva en la sede del IMARPE-HUANCHACO.

Todos los datos obtenidos de los muestreos mensuales se procesaron en la hoja de cálculo de Microsoft Excel. Para la elaboración del mapa de los puntos de la zona de muestreo de *P. peruanus* se utilizó el Software Surfer 11.01. Así mismo, las fotografías fueron mejoradas y recortadas en el programa Adobe Photoshop CS6.

#### **6. TALLA DE MADUREZ GONADAL**

Para determinar la talla de madurez gonadal se utilizó el protocolo utilizado por IMARPE<sup>25</sup>, en el cual primero se cataloga los distintos estados de madurez por talla (inmaduros y maduros), luego, se calcula una proporción de individuos reproductivamente activos entre el total de los individuos para cada talla, considerándose activos a aquellos individuos con algún grado de vitelo génesis (maduración) y/o desove, finalmente, mediante el programa R-Project, se obtiene un vector de proporción por talla la cual es ajustada a una curva logística cuando la ojiva de madurez alcanza el 50% de probabilidad de observar un individuo maduro.

## 7. ESCALA MICROSCÓPICA DEL DESARROLLO DE LOS GAMETOS

Se identificaron las etapas de la espermatogénesis y ovogénesis del desarrollo gonadal de *P. peruanus* “suco”. Se describió cada fase de madurez gonadal para establecer la escala de madurez gonadal<sup>23,25,26,40</sup>.

Cuadro 1-. Estaciones en el proceso de coloración de cortes histológicos de gónadas de suco *Paralanchurus peruanus* en la región La Libertad entre enero y diciembre del 2017.

PASO	ESTACIÓN	REACTIVO	TIEMPO(minutos, segundos)
1	1	Xilol	5´
2	2	Xilol	5´
3	3	Alcohol (100%)	10´
4	4	Alcohol (100%)	5´
5	5	Alcohol (100%)	5´
6	6	Alcohol (100%)	5´
7	7	Alcohol (90%)	5´
8	8	Alcohol (90%)	5´
9	9	Alcohol (80%)	5´
10	1´	Lavado (agua)	2´
11	2´	Lavado (agua)	5´
12	10	Hematoxilina	40’’
13	3´	Lavado (agua)	3’’
14	11	Alcohol acido	5’’
15	4´	Lavado (agua)	3’’
16	5´	Lavado (agua)	10´
17	12	Alcohol (80%)	5´
18	13	Eosina	30’’
19	14	Alcohol (90%)	2´
20	15	Alcohol (100%)	5´
21	16	Alcohol (100%)	5´
22	17	Alcohol (100%)	5´
23	18	Xilol	10´
24	19	Estufa	4´

## RESULTADOS

Los criterios macroscópicos (cuadro 2) y microscópicos (cuadro 3), utilizados para la clasificación de las fases de maduración gonadal, se basaron en las características visuales<sup>17,18,19,20</sup>.

Cuadro 2.- Características macroscópicas consideradas para la clasificación de las fases de maduración de las gónadas de suco en la región La Libertad entre enero y diciembre del 2017.

CRITERIO	DESCRIPCIÓN MACROSCOPICAS
TAMAÑO	Mientras la gónada se desarrolla y tienen un mayor grado de madurez, el tamaño aumenta.
COLOR	El color y la tonalidad de las gónadas cambian de acuerdo al grado de madurez, desde traslúcidas hasta tonalidades naranja oscuras o rojizas.
VASCULARIZACIÓN	Mientras el desarrollo gonadal es mayor, la vascularización se incrementa. En individuos virginales es escasa o nula; mientras que, en individuos maduros es pronunciada.
CONSISTENCIA	En individuos en desove y en recuperación, las gónadas son flácidas; mientras que, en maduros son firmes.
ZONAS SANGUINOLENTAS	Se incrementan con la maduración y su presencia es máxima en la fase IV, luego del desove o expulsión.

Cuadro 3.- Características microscópicas consideradas para la clasificación de las fases de maduración de las gónadas de suco en la región La Libertad entre enero y diciembre del 2017.

CRITERIOS	DESCRIPCIONES MICROSCOPICAS
TIPOS DE GAMETOS SEXUALES Y ESTRUCTURAS CELULARES	Son todos los tipos de células desde ovogonias hasta atrésicos, así como folículos post-ovulatorios; mientras que, en machos desde espermatogonias hasta espermatozoides.
TAMAÑO Y ORDEN DE TRABÉCULAS	Cuando un individuo empieza a desarrollarse, estas son ordenadas, al término de este, muestra un desorden.
LUZ DEL LUMEN	En inmaduros es visible, conforme va madurando se evidencia fácilmente.
FRANJAS EOSINÓFILAS EN MACHOS	Estructuras en forma de filamentos ordenados. Se aprecian claramente en fases III, IV.
RESTOS CELULARES	Son residuos celulares que se encuentran después de la expulsión y desove de los ejemplares.
PARED DE LA GÓNADA	Es la cubierta de la estructura del ovario (figura 3) y del testículo. En individuos que aún no desovan, se caracteriza por ser muy delgada y sin ningún tipo de alteración, mientras que en individuos que ya desovaron, ésta es más gruesa.

## I. HEMBRAS

Se describen las estructuras y las características de los tipos de ovocitos dentro de la gónada de suco.

**Pared del ovario(PO):**



Figura 3.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando la pared del ovario (PO).



**Ovognias (OG):** Presentan un tamaño promedio de 56  $\mu\text{m}$ . Tienen una forma irregular, con un núcleo grande, el citoplasma es escaso o nulo. Con una tinción muy basófila. Se pueden observar en todas las fases de madurez gonadal (figura 4).

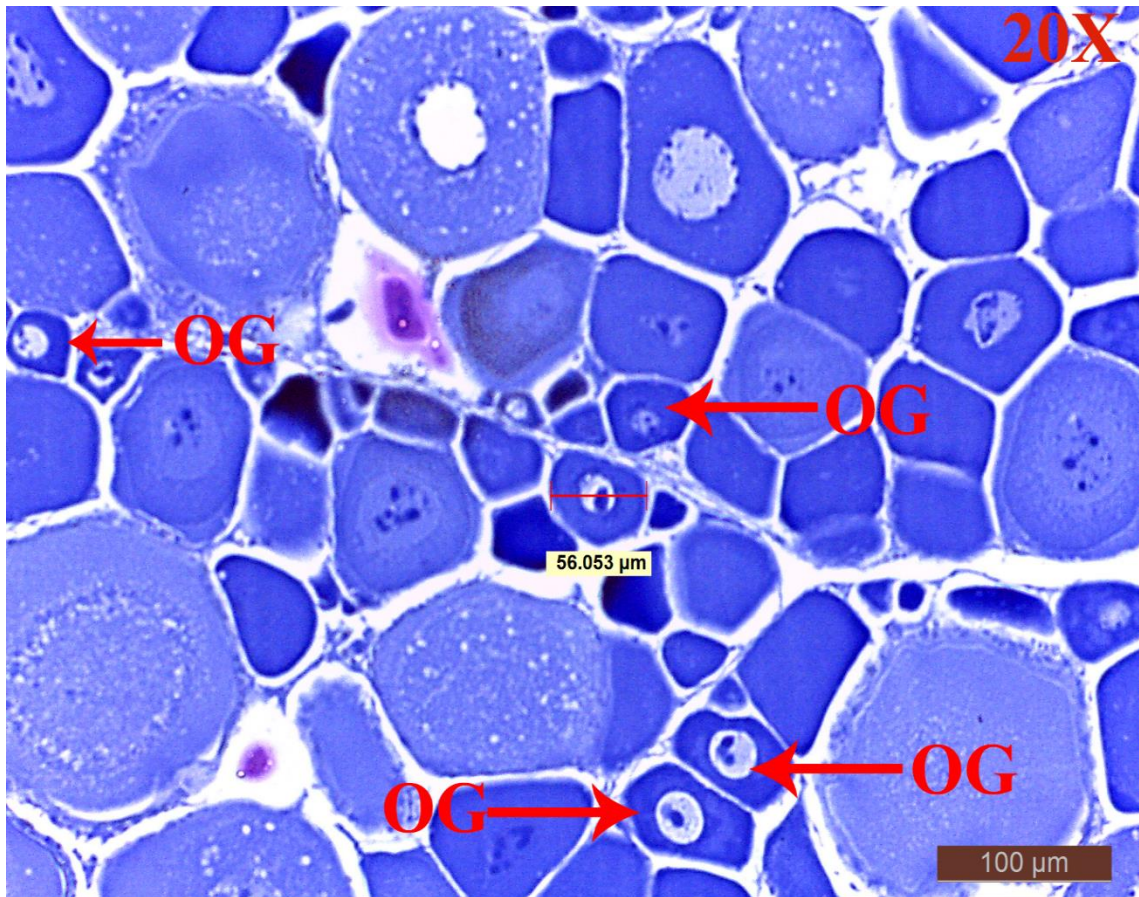


Figura 4.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando las ovognias (OG).

**Ovocitos inmaduros (OI):** Tienen un diámetro promedio de 133  $\mu\text{m}$ , carecen de vitelo, son esféricos e irregulares, tienen núcleo grande con poco citoplasma. Se tiñen densamente con hematoxilina (basófilos). Aunque se presentan en las gónadas de diversas fases de madurez, son característicos de individuos virginales y en reposo (figura 5).

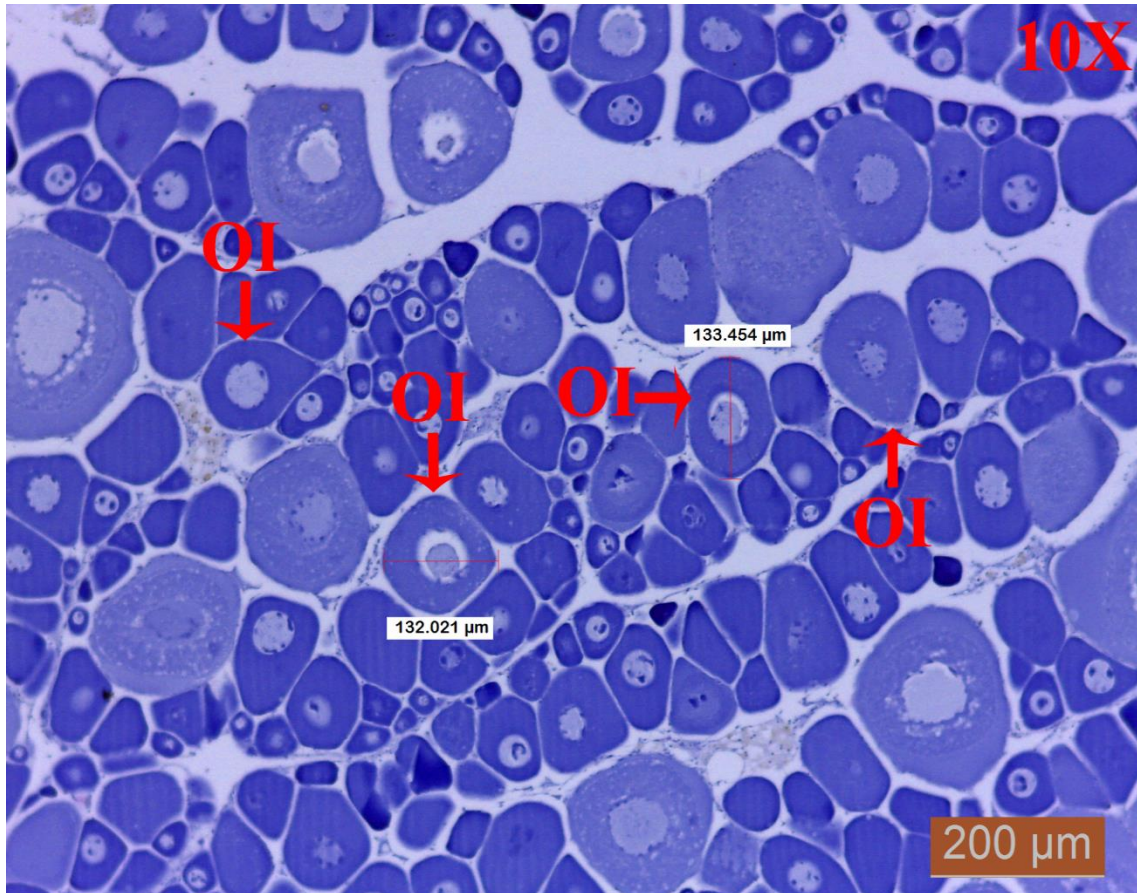


Figura 5.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando ovocitos inmaduros (OI).



**Ovocitos pre-vitelogenados (OPV):** Son de mayor tamaño que el ovocito inmaduro, con un diámetro promedio de 166  $\mu\text{m}$ , son de núcleo ovalado, se encuentran en las primeras etapas de presencia de vitelo producto de la síntesis de proteínas hepáticas (vitelogenina)<sup>42</sup>, la cual es incorporada en los ovocitos, ésta se extiende internamente hasta casi alcanzar la zona perinuclear (figura 6).

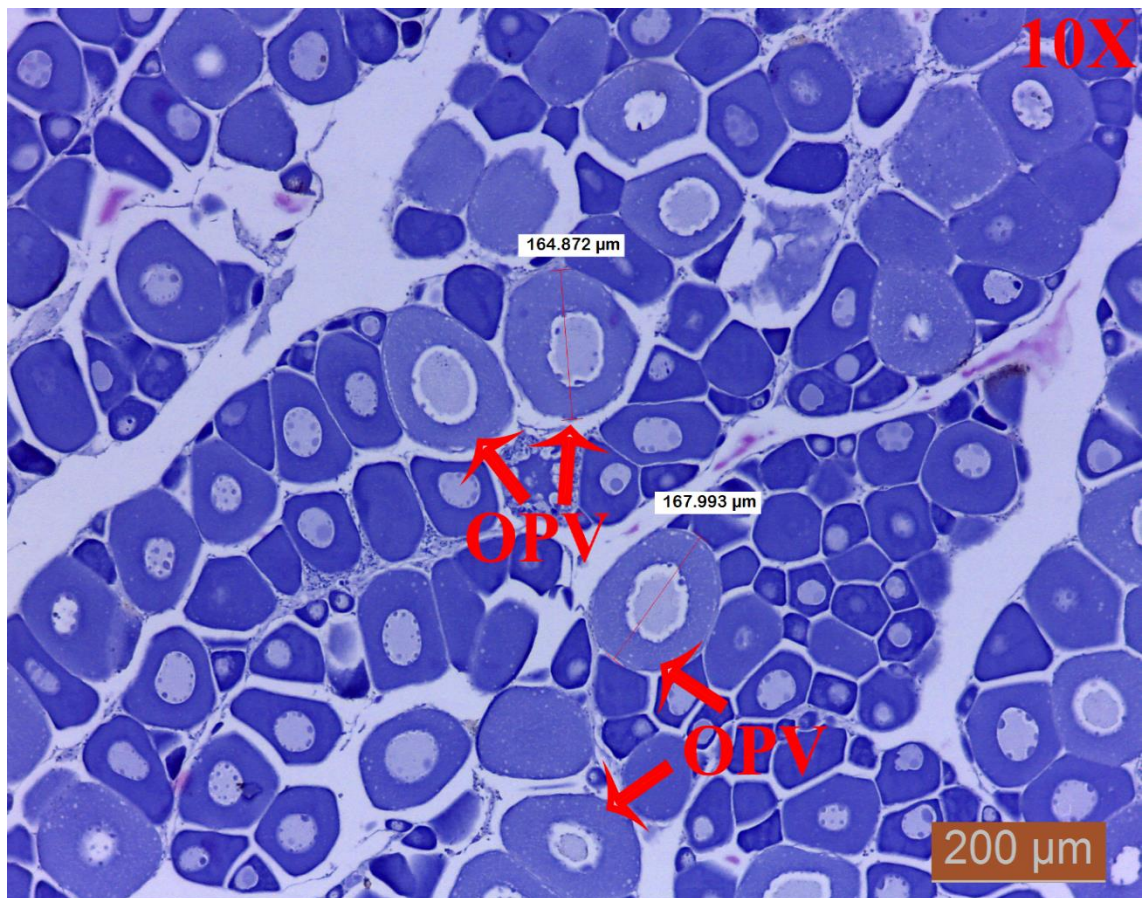


Figura 6.- Microfotografía microscópica de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando ovocitos previtelogenados (OPV).

**Ovocitos vitelogenados(OV):** Son de mayor tamaño que los ovocitos pre – vitelogenados, con un diámetro promedio de 235  $\mu\text{m}$  y con menos afinidad a la hematoxilina. Contienen gránulos de vitelo en toda la zona entre la periferia y la zona perinuclear del ovocito, tiene una tinción eosinofílica, dependiendo del grado de madurez (figura 7).

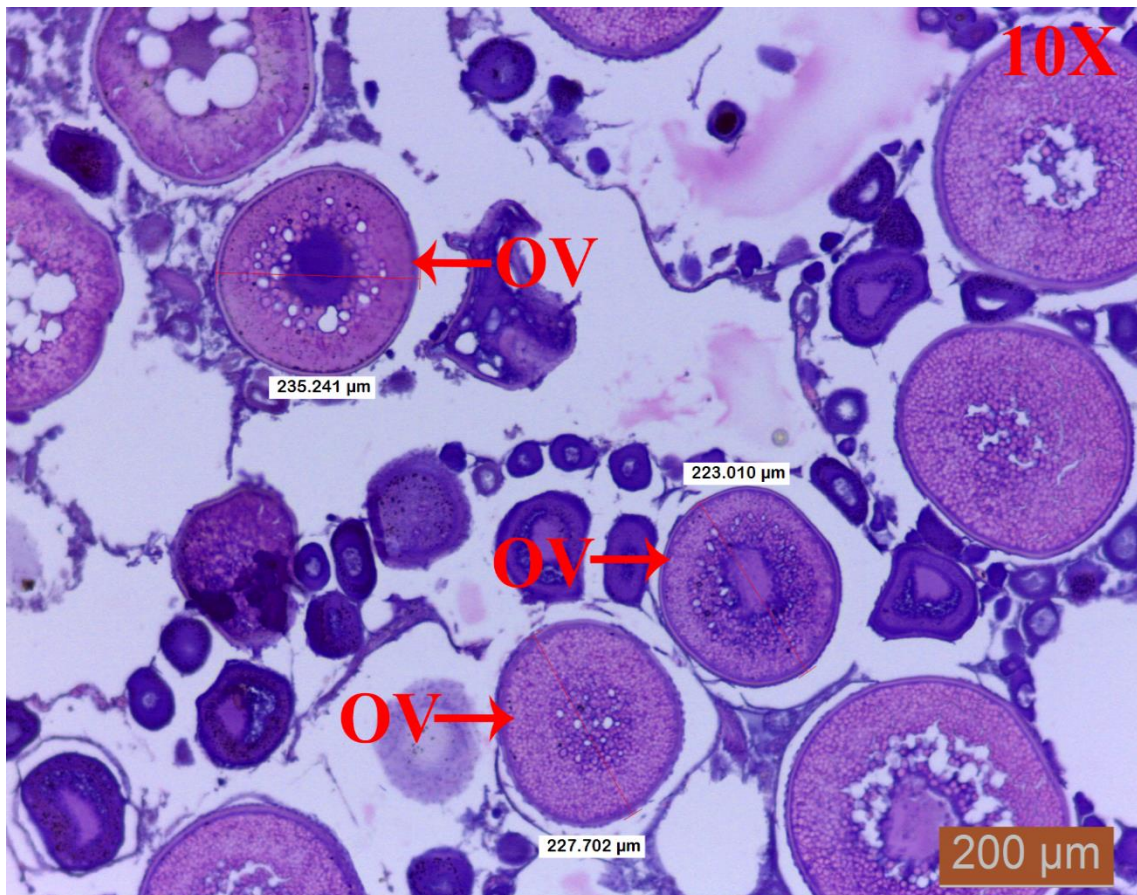


Figura 7.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando ovocitos vitelogenados (OV).



**Ovocitos maduros (OM):** Son de mayor tamaño que los ovocitos vitelogenados. Tienen un diámetro de 307  $\mu\text{m}$ , contienen mucho vitelo y tienen un núcleo definido y grande. Son más eosinófilos que las células anteriormente descritas (figura 8).

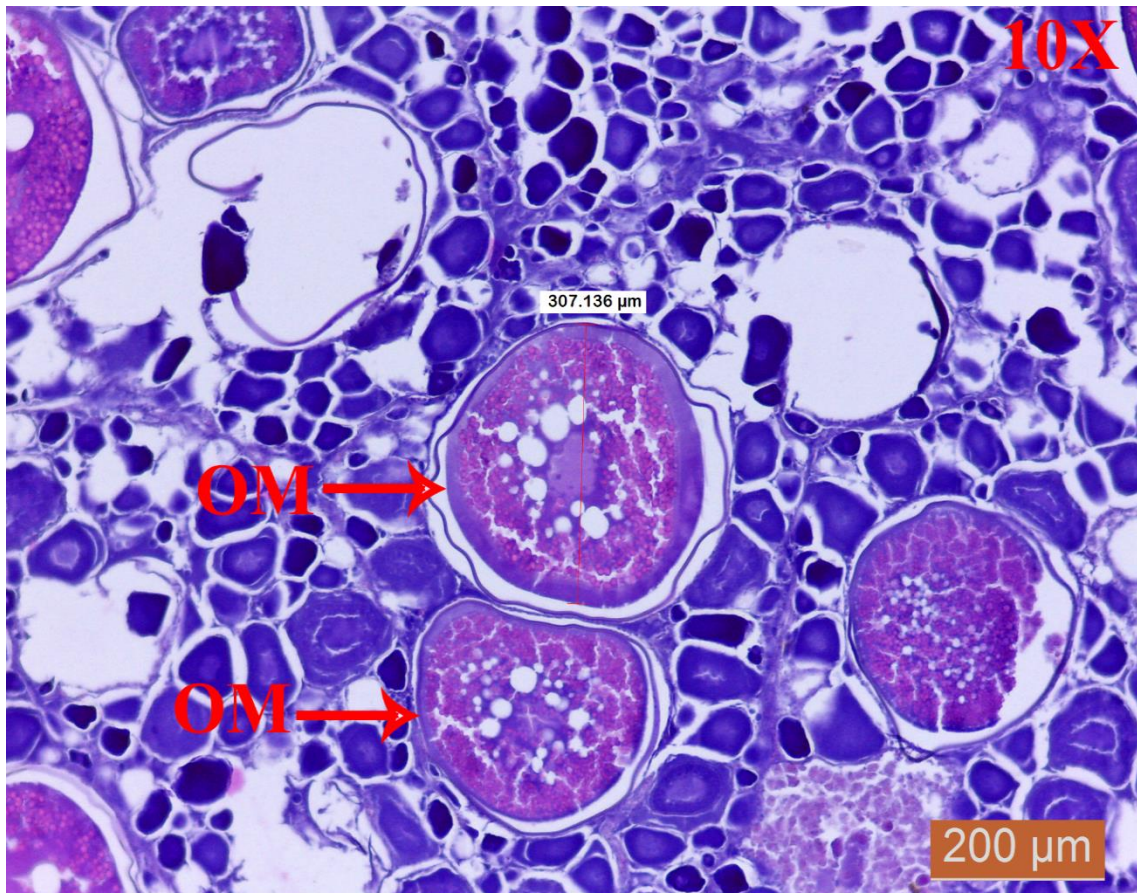


Figura 8.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando ovocitos maduros (OM).

**Ovocitos hidratados(OI):** Tienen mayor volumen que los otros tipos de ovocitos, debido a que representan el máximo grado de maduración. Tienen una forma muy irregular y asimétrica. Los gránulos de vitelo están fusionados entre sí, y tienen alta afinidad a la eosina (figura 9).

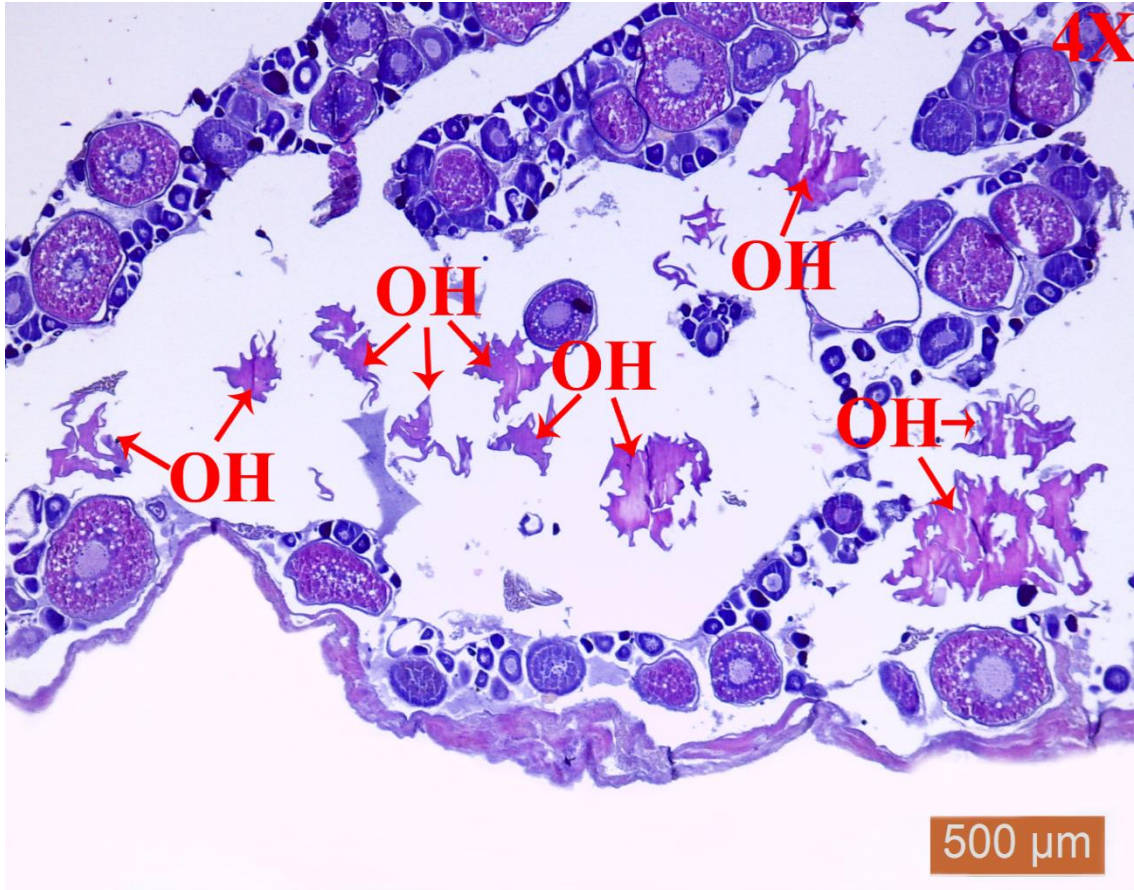


Figura 9.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando ovocitos hidratados (OH).



**Folículos post- ovulatorios (FPO):** Estos están formados por una capa folicular de forma irregular, cuyo lumen y tamaño disminuye mientras más tiempo transcurra del desove. Presentan una afinidad a la hematoxilina (basófilos) (figura 10).

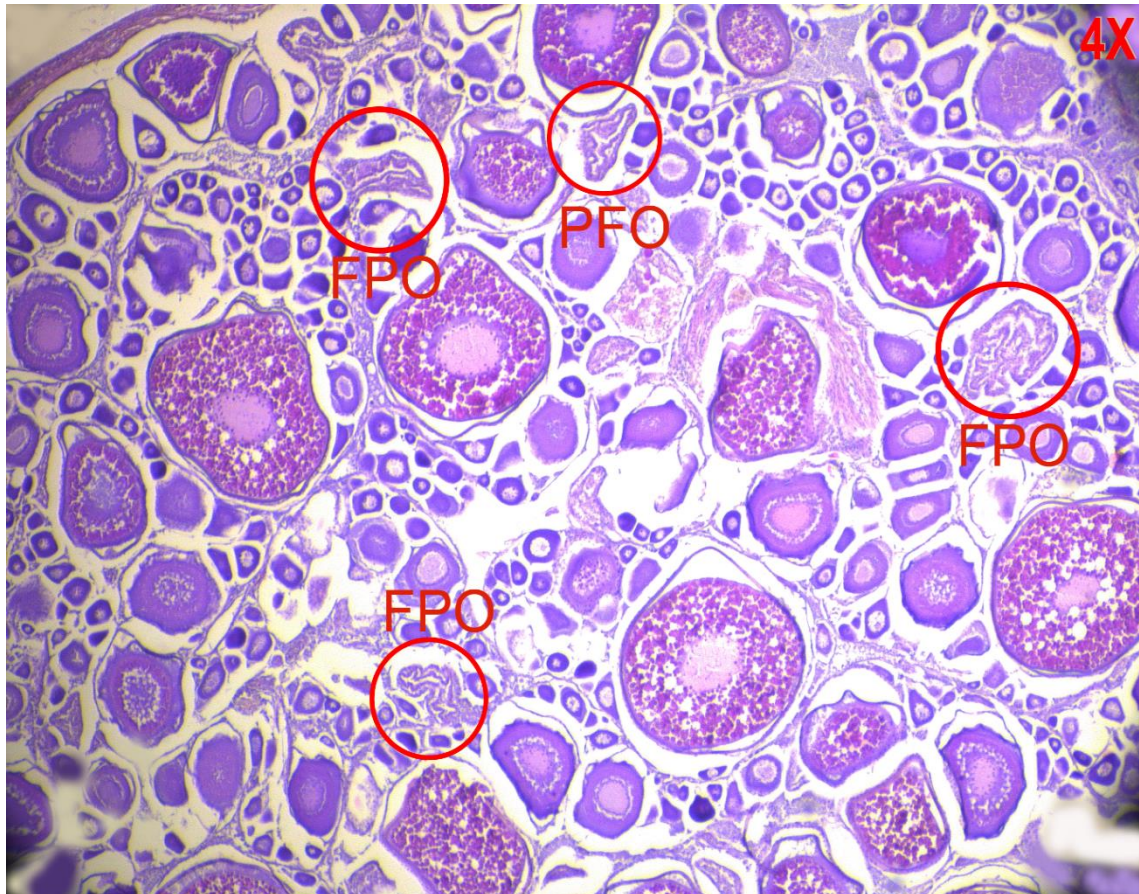


Figura 10.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* encerrando folículos post-ovulatorios (FPO).

**Ovocitos atrésicos (OA):** Se encuentran en proceso de reabsorción , la membrana celular se encuentra total o parcialmente degradada, ésto por el efecto de la actividad enzimática (figura 11).

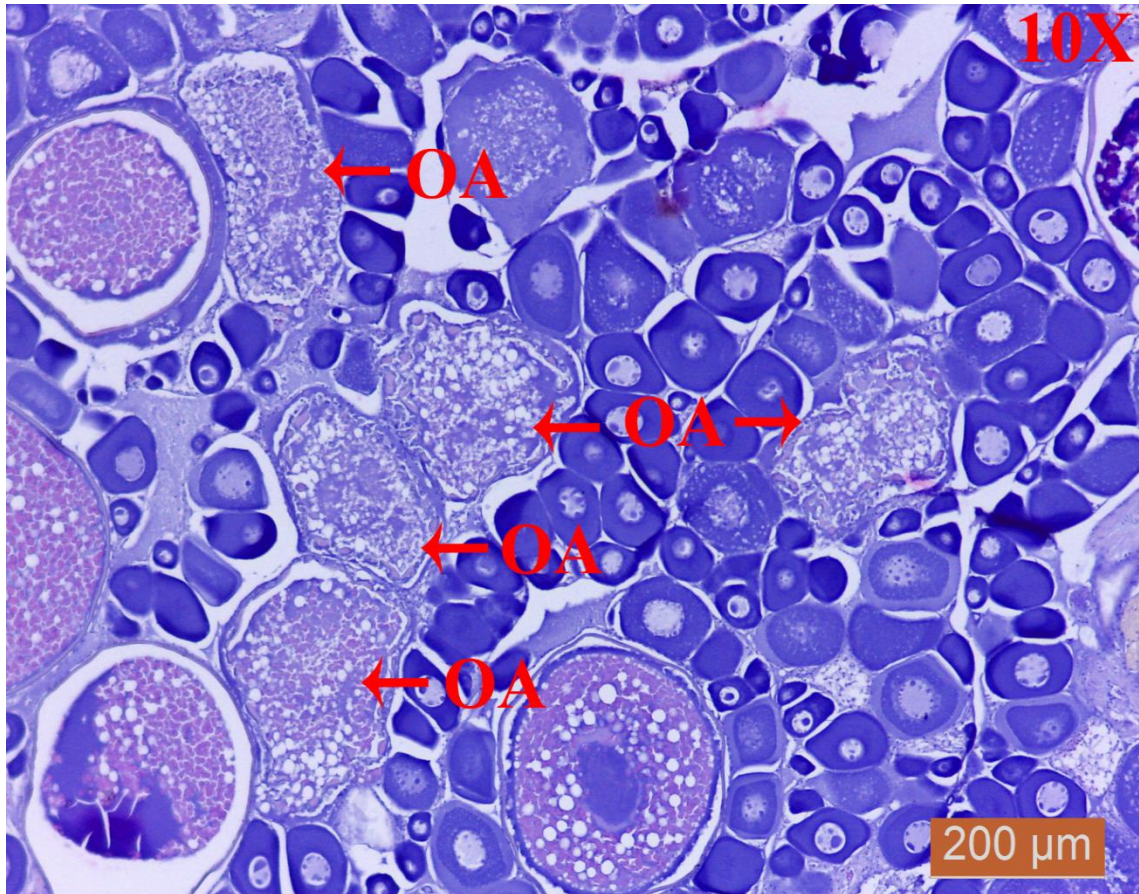


Figura 11.- Microfotografía de la gónada de hembras de *P. peruanus* señalando ovocitos atrésicos (OA).



## II. MACHOS

Se describen las estructuras y las características de los tipos de gametos dentro del testículo de suco.

**Pared Testicular (PT):** Esta encierra toda la estructura del testículo. Los individuos virginales se caracterizan por tener la pared muy delgada y sin ningún tipo de alteración, mientras que en individuos que ya expulsaron, esta pared es más gruesa (figura 12).

**Túbulo seminífero (TS):** Son pequeños túbulos que se encuentran en los testículos, sólo se pueden observar a través de un corte histológico, estos rodean a todos los tipos de gametos masculinos.

**Túbulo de colección común (TCC):** Se encuentra en el centro de los lóbulos testiculares, se encarga de almacenar los espermatozoides para expulsarlos, dependiendo del grado de llenura indican la fase de madurez gonadal.

**Espermatogonias (EG):** Son las células germinales con mayor tamaño en el testículo, presentan una coloración eosinófila, y tienen forma entre ovalada y redonda, con un citoplasma traslúcido. Estas células se encuentran en mayor cantidad en individuos virginales e inmaduros. Se localizan en el borde del túbulo seminífero (figura 12).

**Espermatocitos (EC):** Estas células proceden de las espermatogonias, tienen menor tamaño, forma redonda y presentan una coloración basófila, el citoplasma es escaso por presentar un núcleo que ocupa la mayor parte de la célula (figura 12).

**Espermatides (ET):** Estas células resultan de la división de los espermatocitos, tienen menor tamaño, forma ovalada, aparece el flagelo y presentan una coloración basófila. (figura 12).

**Espermatozoides(EZ):** Son el producto final del espermatogénesis, son las más pequeñas, presentan un flagelo eosinófilo y se encuentran en la luz del lumen que es el centro del túbulo seminífero y también en el centro del túbulo de colección común. Son más basófilos que los espermatocitos (figura 12).

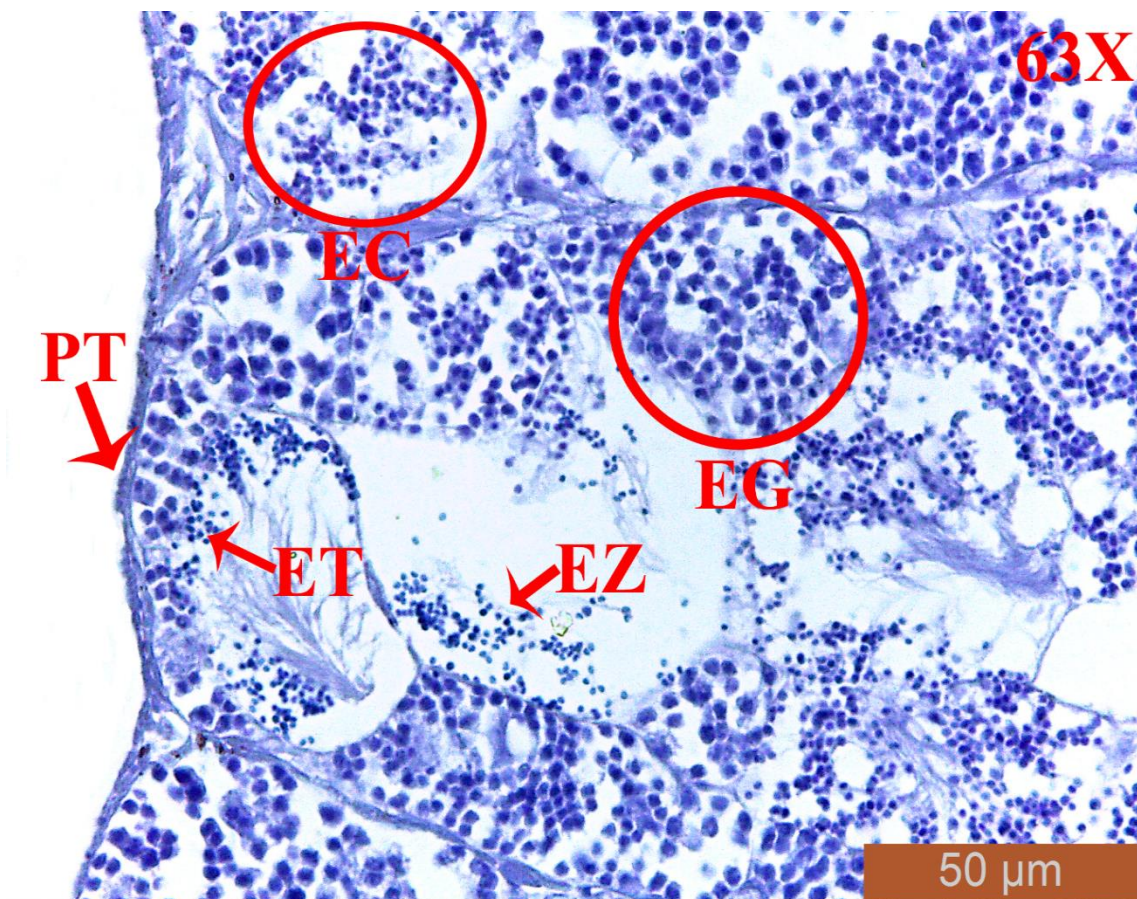


Figura 12.- Microfotografía del testículo de *P. peruanus* señalando la pared testicular (PT), espermatogonias (EG), espermatocitos (EC), espermatides (ET), espermatozoides (EZ).



### III. ESCALA DE MADUREZ

Se validó 6 estadios de madurez gonadal para hembras y machos.

#### HEMBRAS

##### VIRGINALES (FASE 0)

**Características macroscópicas:** Los ovarios son reproductivamente inactivos. Se caracterizan por ser pequeños, flácidos, translúcidos y delgados, con una coloración anaranjada clara. Tienen escasa vascularización y la pared del ovario es lisa al tacto. No se pueden observar ovocitos a simple vista. Son propios de individuos juveniles (figura 13 A).

**Características microscópicas:** Se caracteriza por presentar, ovogonias, ovocitos inmaduros y pre vitelogenados, están distribuidos ordenadamente dentro de las lamelas. La pared del ovario es delgada y sin alteraciones. Las células presentan un núcleo grande y escaso citoplasma (figura 13 B).

A



B

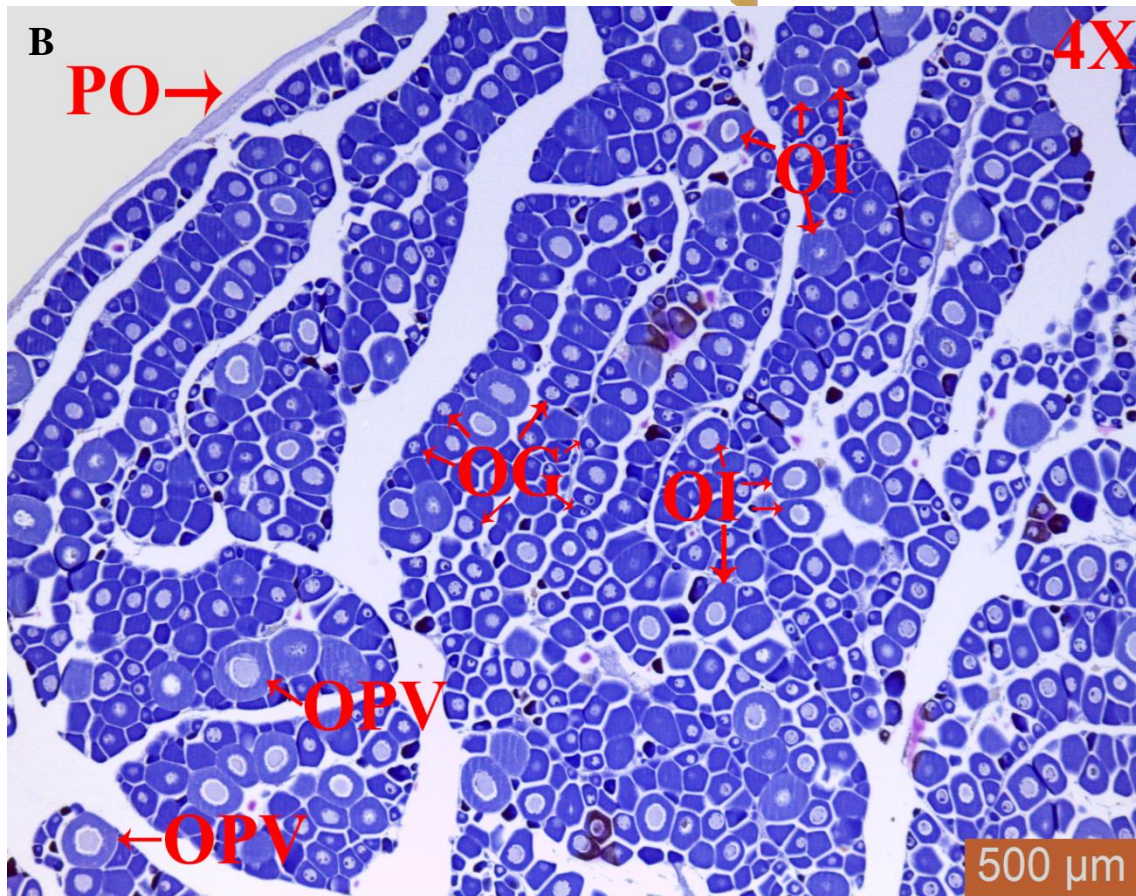


Figura 13.- A) Fotografía y B) Microfotografía del ovario de *P. peruanus* en fase virginal (0). Pared del ovario (PO), Ovogonia (OG), Ovocito inmaduro (OI), Ovocito pre-vitelogenado (OPV), Lamela (LM).

## **REPOSO (FASE I)**

### **Características macroscópicas**

En esta fase los ejemplares ya desovaron al menos una vez, por ende, corresponden a individuos adultos. Los ovarios son translúcidos con una coloración que va desde anaranjado claro a anaranjado rojizo, en algunas zonas pueden presentar una coloración rojiza más intensa por motivos del desove. Presentan una textura gruesa, lisa y poco turgente, el desarrollo vascular externo es marcado por la maduración de los ovarios (figura 14 A).

### **Características microscópicas**

Tienen la pared del ovario gruesa debido al desove, presentan vasos sanguíneos desarrollados y abundante tejido conectivo, los cuales permiten la identificación de esta fase, también presentan abundantes ovocitos inmaduros, previtelogenados y en algunos casos atrésicos, esto debido a la reabsorción de los ovocitos, y están distribuidas de manera desordenada (figura 14 B).



A

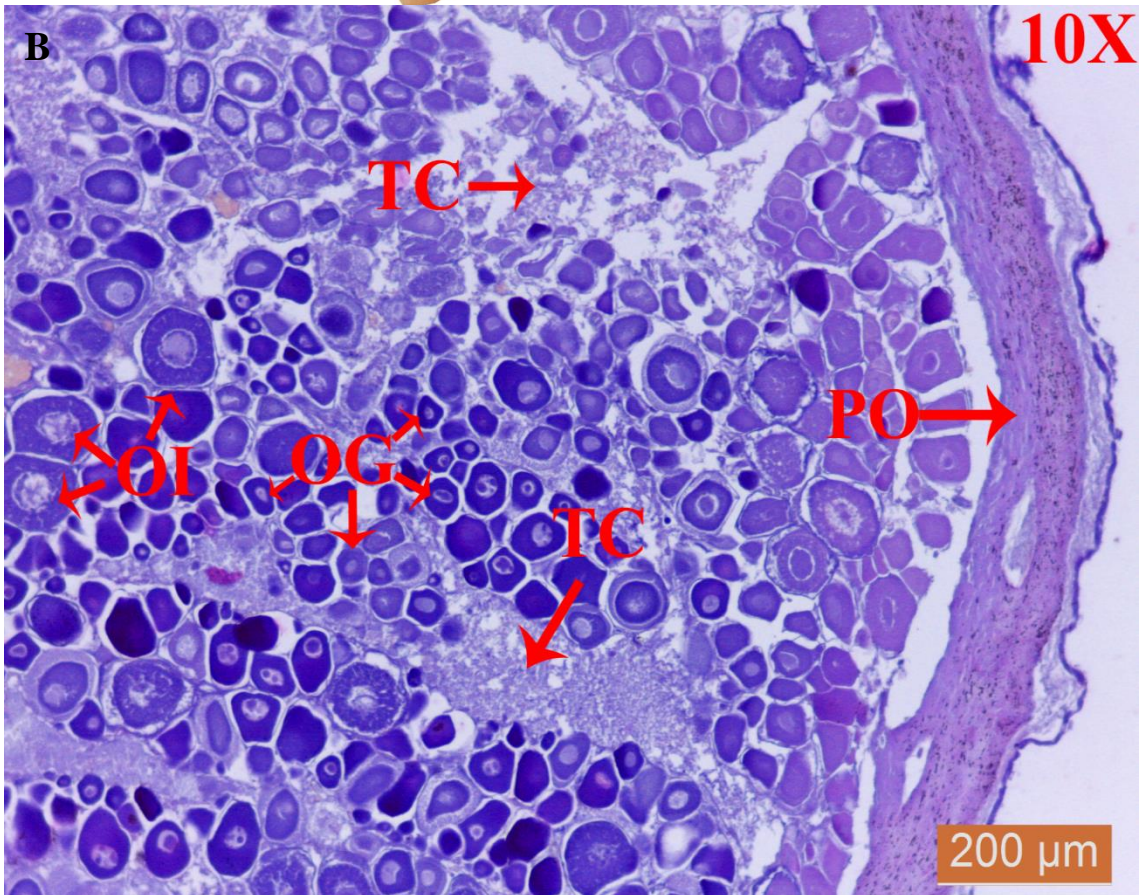


Figura 14.- A) Fotografía y B) Microfotografía del ovario de *P. peruanus* en fase de reposo (I). Pared del ovario (PO), Ovogonia (OG), Ovocito inmaduro (OI), Tejido conectivo (TC).

## EN MADURACIÓN (FASE II)

**Características macroscópicas:** En esta fase las gónadas presentan una coloración anaranjado oscuro y de mayor tamaño que los virginales, tienen una vascularización superficial notoria, los ovarios son delgados, flácidos y con poca transparencia. Se pueden observar a simple vista ovocitos (figura 15 A).

**Características microscópicas:** Presentan tres tipos de ovocitos, inmaduros, pre-vitelogenados y vitelogenados en mayor cantidad, la pared del ovario es más gruesa, y la coloración de todo el ovario es más eosinófila debido a la acidofilia de los granos de vitelo (figura 15 B).





A



B

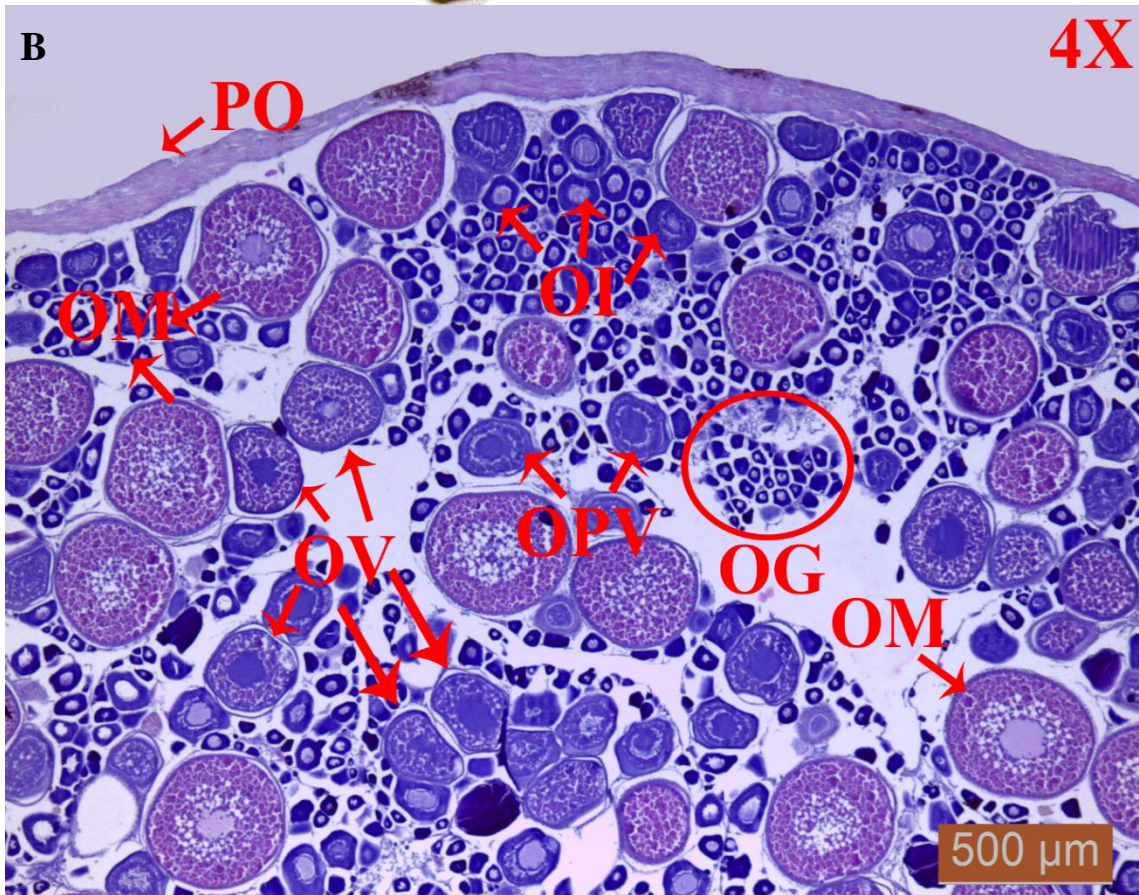


Figura 15.- A) Fotografía y B) Microfotografía del ovario de *P. peruanus* en fase en maduración II. Pared del ovario (PO), Ovogonia (OG), Ovocito inmaduro (OI), Ovocito pre-vitelogenado (OPV), Ovocito Vitelogenado (OV), Ovocito maduro (OM).

### **MADURO (FASE III)**

#### **Características macroscópicas:**

Presentan una coloración que va desde anaranjado claro hasta anaranjado rojizo, con una vascularización pronunciada por aumento de la irrigación sanguínea. Los ovarios son firmes, de mayor volumen y tamaño que la fase anterior. Al tacto, la pared del ovario es gruesa y se pueden observar claramente los ovocitos maduros (figura 16 A).

#### **Características microscópicas:**

Presentan cuatro tipos de ovocitos, inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y maduros, éstos últimos en mayor cantidad y volumen, siendo los que caracterizan esta fase. La pared del ovario aumenta su espesor debido al desarrollo del ovario (figura 16 B).





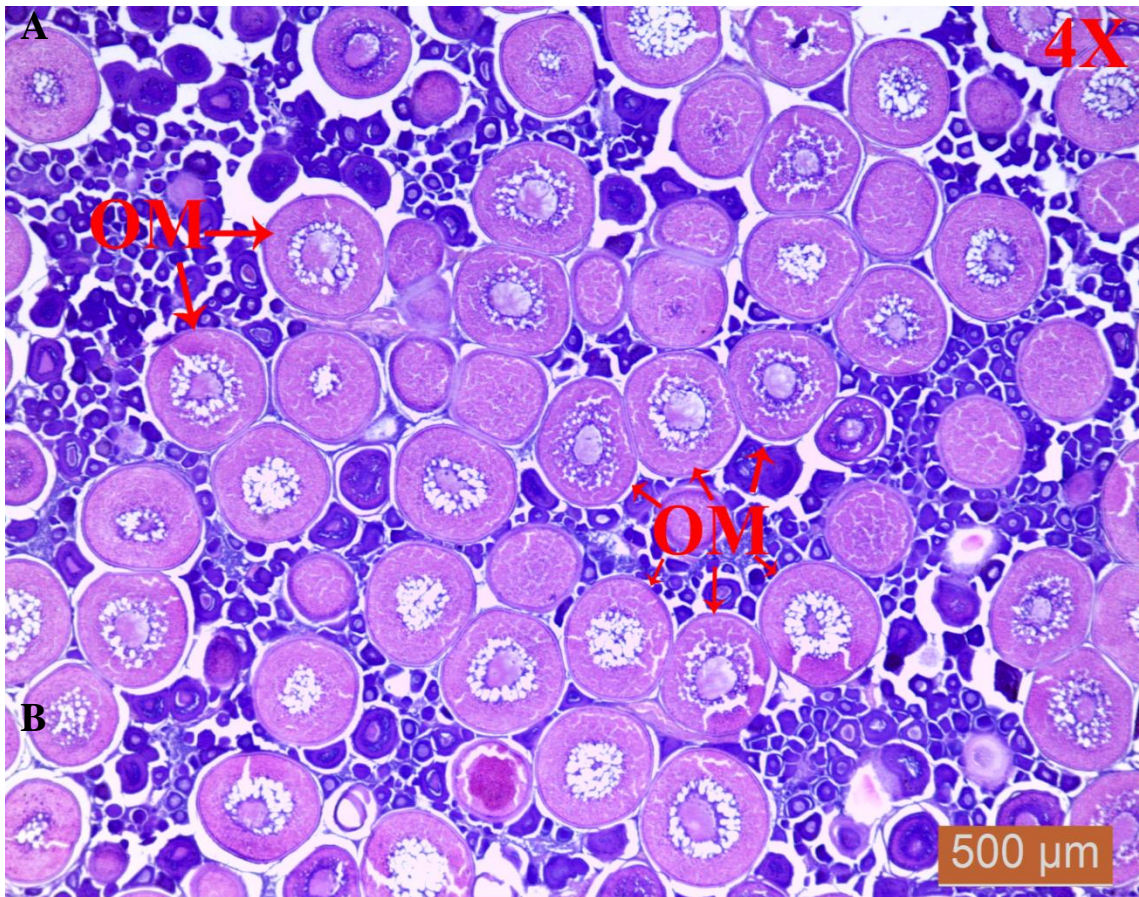


Figura 16.- A) Fotografía y B) Microfotografía del ovario de *P. peruanus* en fase maduro III. Ovocito maduro (OM).



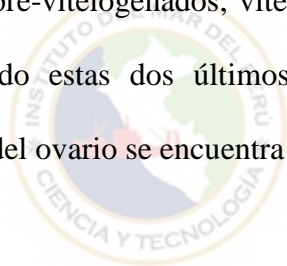
## **DESOVANTE (FASE IV)**

### **Características macroscópicas**

Los ovarios pueden ser compactos si están en el inicio del desove o flácidos si se encuentran en pleno proceso de desove. Presentan una coloración de anaranjado pálido hasta un anaranjado intenso. Si se encuentran en la etapa de hidratación, previa al desove, son los más grandes en tamaño y volumen, ocupando gran parte de la cavidad abdominal, la vascularización es muy pronunciada. La pared del ovario es delgada y muy frágil (figura 17 A).

### **Características microscópicas**

Presentan ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados, maduros, hidratados y folículos post-ovulatorios, siendo estas dos últimos las principales estructuras que caracterizan esta fase. La pared del ovario se encuentra engrosada (figura 17 B).



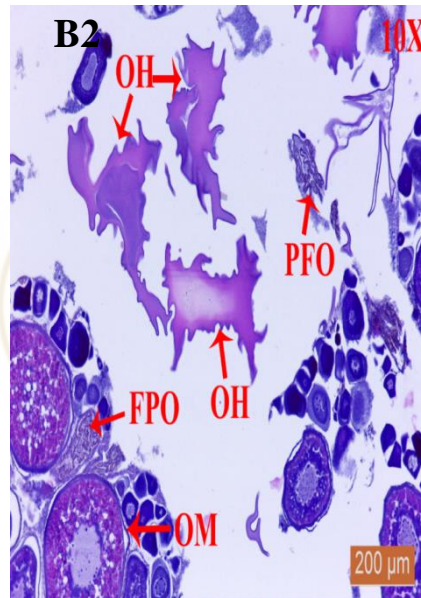
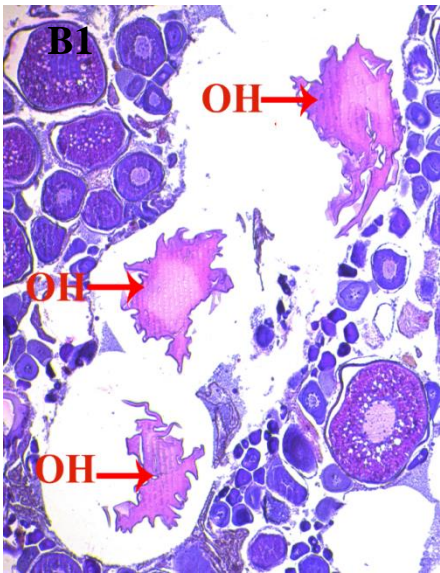


Figura 17.- A1) Hidratado, A2) Proceso de desove, A3) Desovante y B1) Hidratado, B2) Hidratado y folículos post-ovulorio, B3) Folículo post-ovulorio de *P. peruanus* en fase desovante IV. Ovocito Maduro (OM), Ovocito Hidratado (OH), Folículo post-ovulorio (FPO).

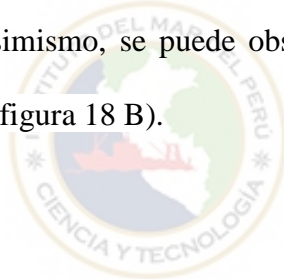
## **RECUPERACIÓN (FASE V)**

### **Características macroscópicas**

Los ovarios tienen un gran parecido a los que se encuentran en reposo; sin embargo, lo que los diferencia es la coloración. Esta varía de rojo vino hasta un rojizo oscuro, con zonas sanguinolentas por el desove. Son flácidos y sin turgencia, se pueden visualizar ovocitos atrésicos como puntos marrillos pequeños en el ovario (figura 18 A).

### **Características microscópicas**

Pueden presentar ovocitos atrésicos que son característicos de esta fase y están presentes en más del 50% del ovario. Asimismo, se puede observar los otros tipos de ovocitos presentes en este tipo de ovario (figura 18 B).





A



B

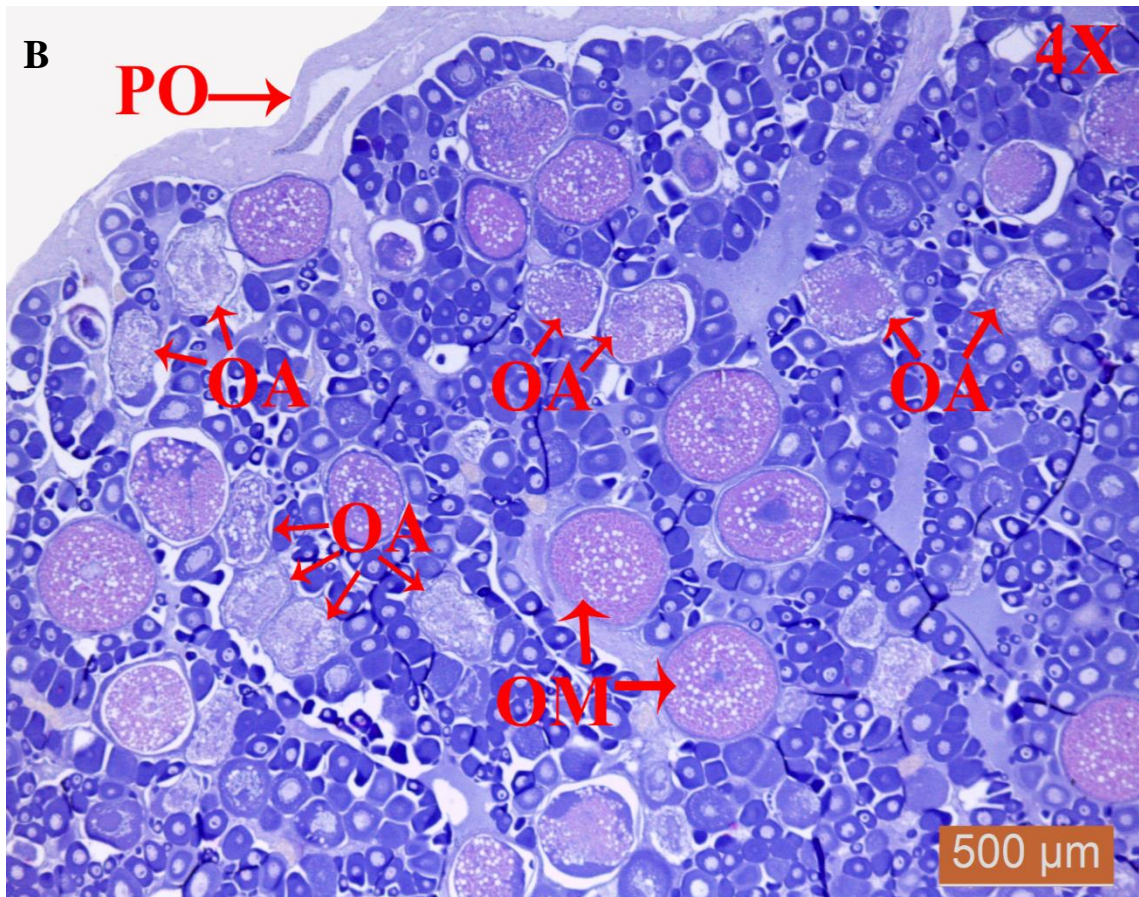


Figura 18.- A) Fotografía y B) Microfotografía Fotografía macroscópica y microscópica del ovario de *P. peruanus* en fase de recuperación V. Pared del ovario (PO), Ovocito maduro (OM), Ovocito atrésico (OA).

## **MACHOS**

### **VIRGINAL (FASE 0)**

#### **Características macroscópicas**

Los testículos tienen una coloración anaranjada rojiza, de pequeño tamaño, delgados, aplanados, translúcidos y flácidos al tacto. No hay presencia de vascularización (figura 19 A).

#### **Características microscópicas**

Las células características de esta fase son las espermatogonias y/o espermatozoides, los primeros son los más grandes con una coloración eosinófila; mientras que, los otros son más pequeños con una coloración basófila. Estos dos se encuentran adheridos en la pared de los túbulos seminíferos, los cuales son ordenados; mientras que, el túbulo de colección común se encuentra vacío, con bastante tejido conectivo a su alrededor. La pared testicular es delgada y no engrosada (figura 19 B).



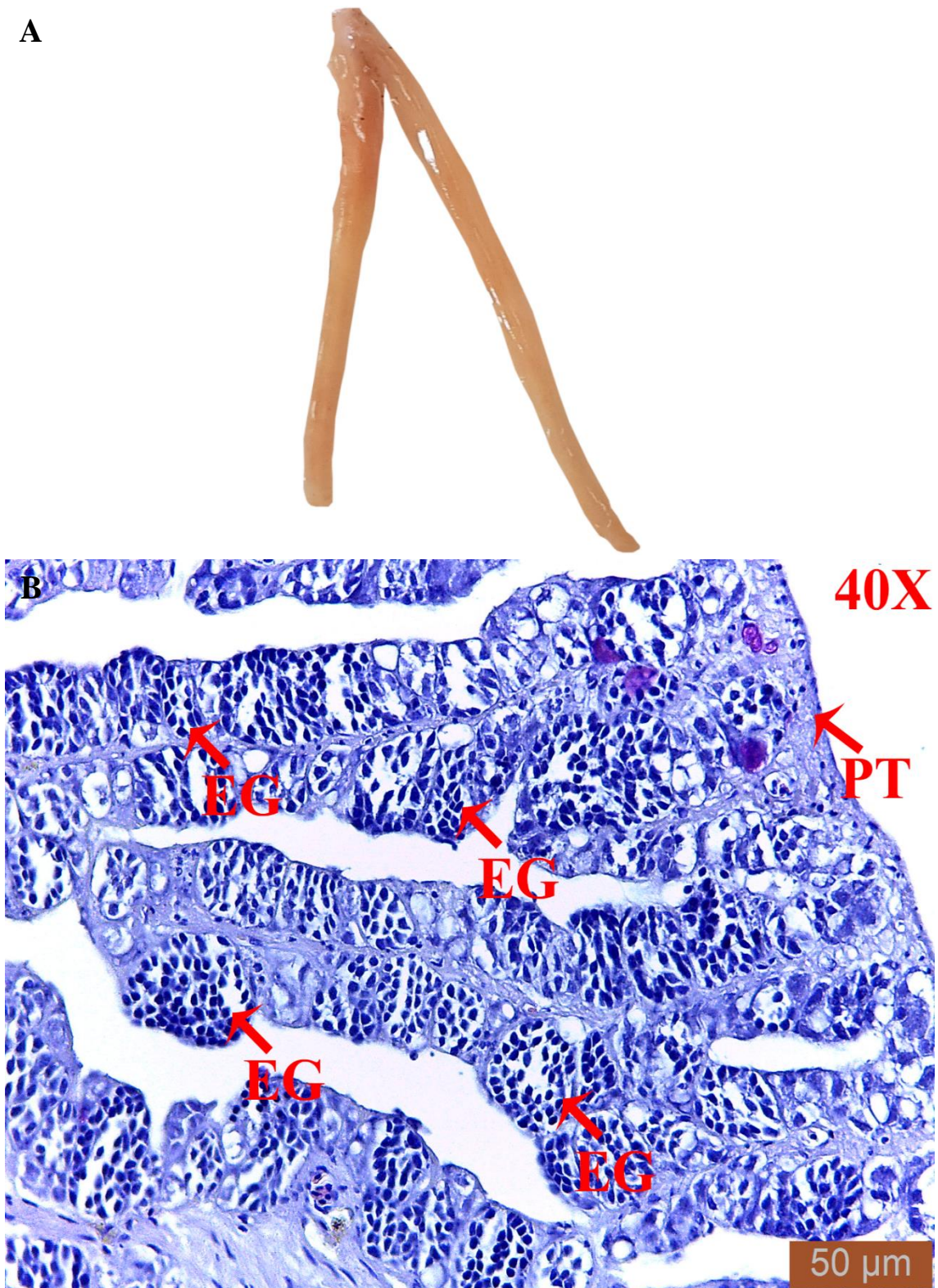


Figura 19.- A) Fotografía y B) Microfotografía del testículo de *P. peruanus* en fase de virginal 0. Pared testicular (PT), espermatogonias (EG).

## **REPOSO (FASE I)**

### **Características macroscópicas**

En esta fase los ejemplares tuvieron una maduración previa, al menos una vez. Los testículos son delgados, alargados y de color rojizo, con secciones sanguinolentas. La pared de la gónada es gruesa y poca turgente (figura 20 A).

### **Características microscópicas**

Se observa la presencia de espermatogonias relleno el interior de cada túbulo seminífero, restos de espermatocitos y tejido conectivo desarrollado en los túbulos. El túbulo de colección común se encuentra con abundante tejido conectivo, con escasa o nula presencia de restos de espermatozoides y la pared del testículo es gruesa (figura 20 B).



A



B

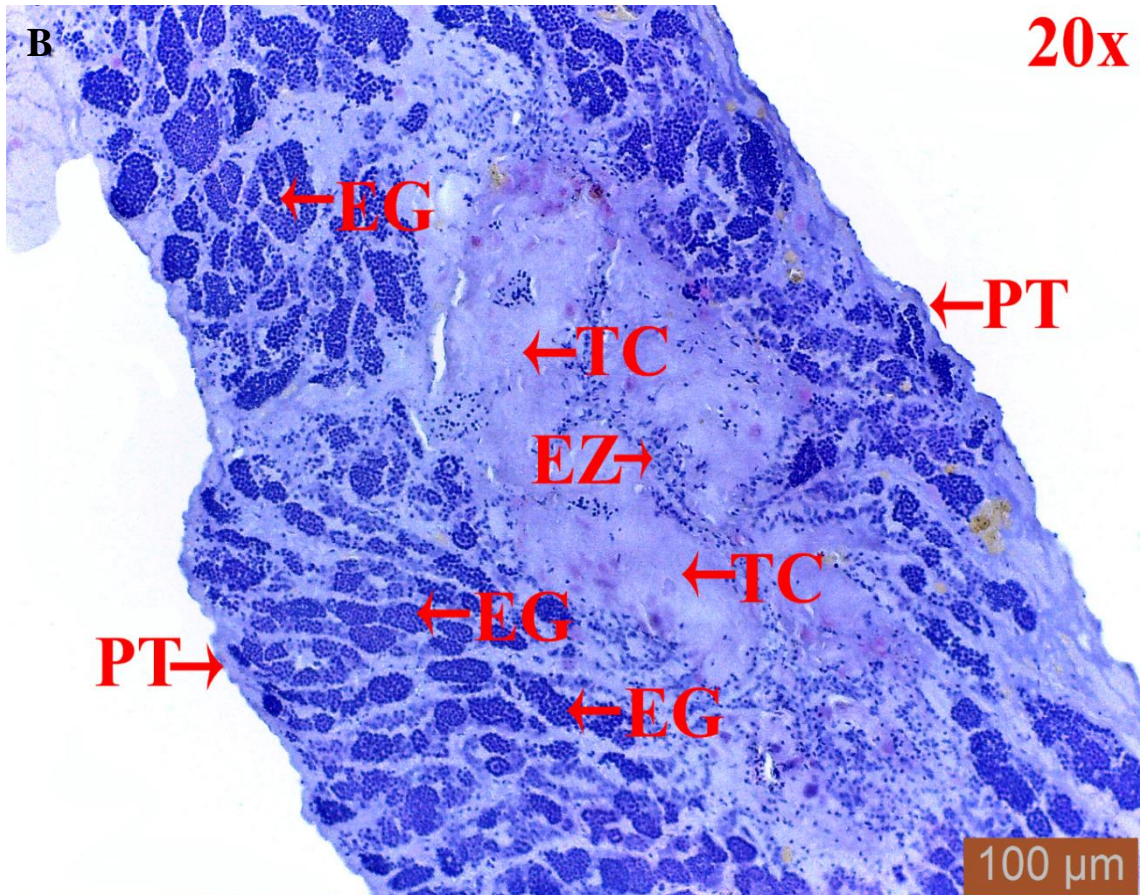


Figura 20.- A) Fotografía y B) Microfotografía del testículo de *P. peruanus* en fase de reposo I. Pared testicular (PT), espermatogonias (EG), tejido conectivo (TC), espermatozoides (EZ).



## EN MADURACIÓN (FASE II)

### **Características macroscópicas**

El testículo tiene una coloración rojiza cremosa, al tacto son flácidos, poco turgentes y de forma alargada. Se puede observar ligeramente un pliegue a lo largo de cada testículo que le da una forma tubular (figura 21 A).

### **Características microscópicas**

Su principal característica es la histarquitectura ordenada. Presentan espermatogonias, espermatocitos, espermatidas y escasos espermatozoides liberados en los túbulos seminíferos. El túbulo de colección común se encuentra vacío y con presencia de poco tejido conectivo a su alrededor (figura 21 B).



A



B

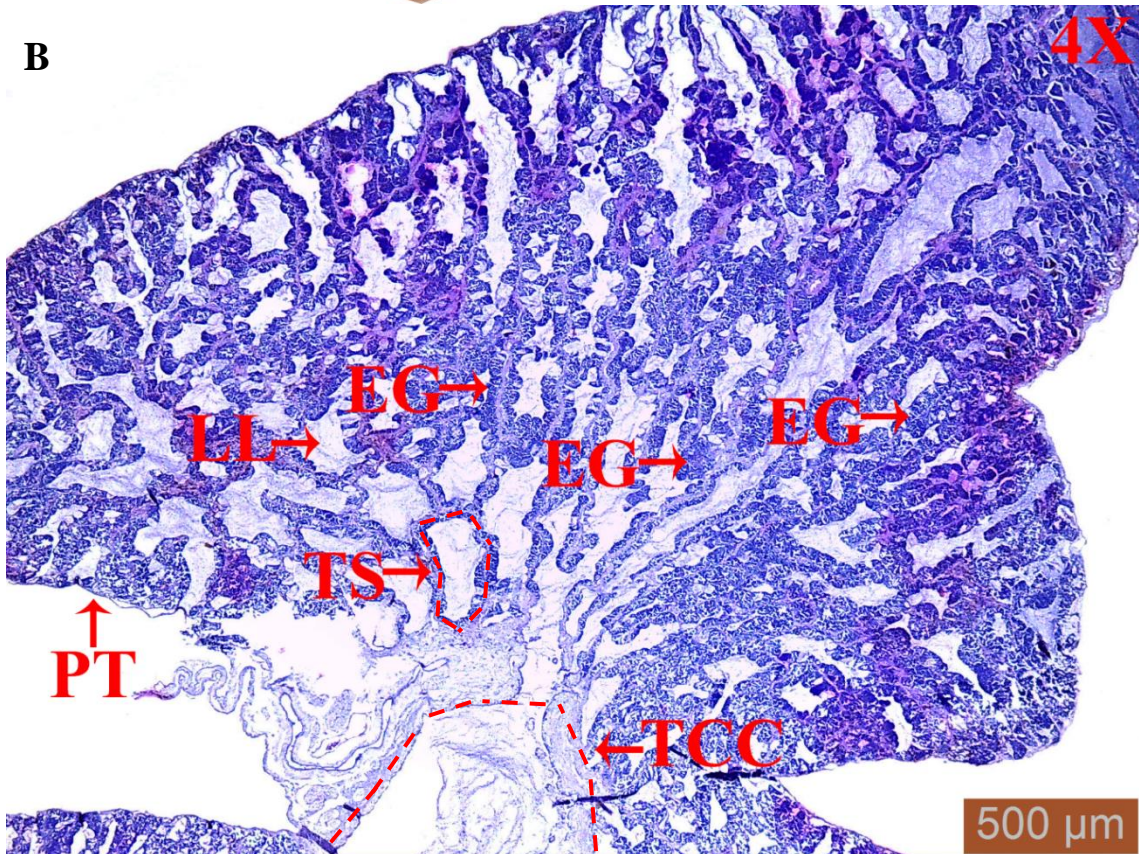


Figura 21.- A) Fotografía y B) Microfotografía del testículo de *P. peruanus* en fase en maduración II. Pared testicular (PT), espermatogonias (EG), tejido conectivo (TC), túbulo seminífero (TS), túbulo de colección común (TCC), luz del lumen (LL).

### **MADURO (FASE III)**

#### **Características macroscópicas**

El testículo tiene una coloración blanca cremosa a blanquecina. Son de mayor tamaño que la fase anterior. Al tacto son firmes, turgentes, a una presión moderada se puede observar la expulsión de semen. El pliegue longitudinal es más pronunciado debido a su desarrollo (figura 22 A).

#### **Características microscópicas**

Su principal característica es la llenura total de túbulo colector con espermatozoides, el túbulo seminífero se encuentra lleno de espermatocitos. (figura 22 B).





**A**

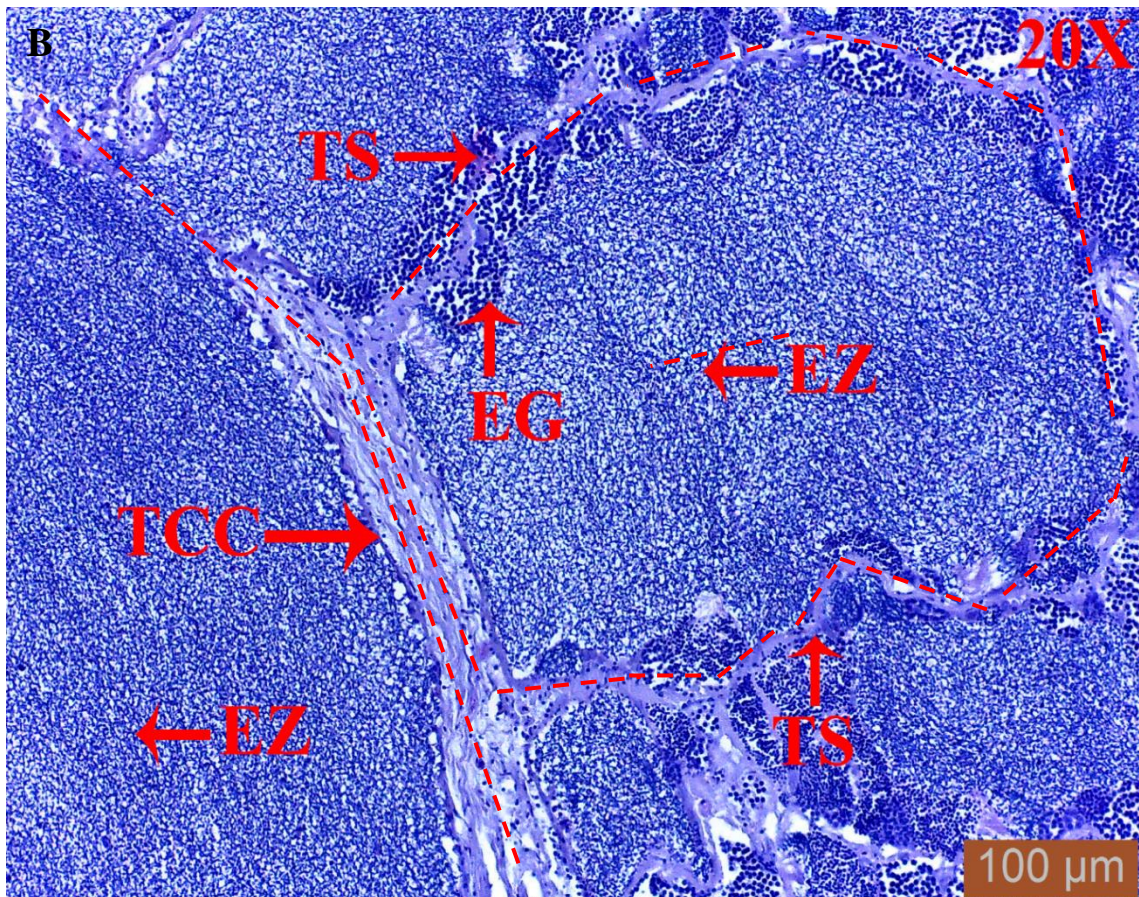


Figura 22.- A) Fotografía y B) Microfotografía del testículo de *P. peruanus* en fase maduro III. Espermatogonias (EG), túbulo seminífero (TS), túbulo de colección común (TCC), espermatozoides (EZ).

## **EXPULSANTE (FASE IV)**

### **Características macroscópicas**

Los testículos alcanzan su mayor tamaño en esta fase, toman un color desde blanco cremoso a blanco lechoso. Son flácidos y turgentes. Los pliegues longitudinales son muy pronunciados, a una leve presión del lóbulo se observa la expulsión de semen. Se puede observar zonas sanguinolentas por el proceso de expulsión (figura 23).

### **Características microscópicas**

El testículo presenta disminución de espermatozoides en el túbulo colector y los túbulos seminíferos se encuentran semivacíos producto de la expulsión. Hay escasa presencia de espermatogonias. La pared del testículo se encuentra engrosada producto de la expulsión (figura 23).





A

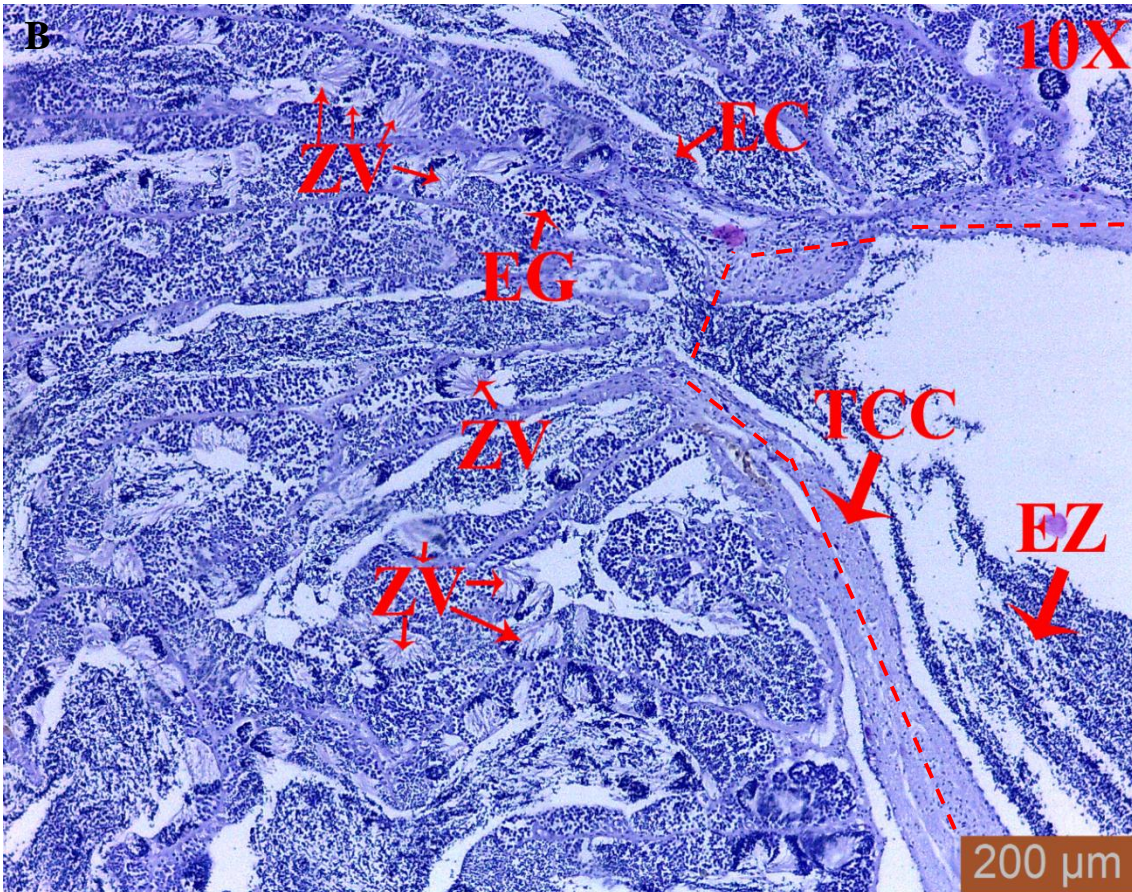


Figura 23.- A) Fotografía y B) Microfotografía del testículo de *P. peruanus* en fase expulsante IV. Espermatogonias (EG), espermatoцитos (EC), túbulo de colección común (TCC), espermatozoides (EZ), zonas vacías (ZV).



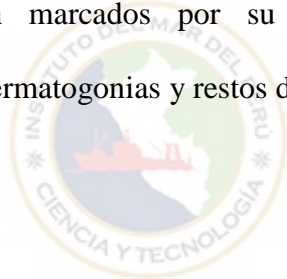
## **POST - EXPULSANTE (FASE V)**

### **Características macroscópicas**

Los testículos tienen un color rojizo oscuro con zonas sanguinolentas. Son bastante flácidos. Su volumen se reduce respecto a la fase anterior, pero siguen siendo largos y delgados. Son similares a la fase I. Los pliegues longitudinales han desaparecido casi en su totalidad (figura 24 A).

### **Características microscópicas**

Su principal característica es el abundante tejido conectivo, las zonas vacías en los túbulos seminíferos y el túbulo colector puede presentar restos de espermatozoides. Los túbulos seminíferos son bien marcados por su reducido tamaño y presentan espermatogonias, con pocas espermatogonias y restos de espermatozoides (figura 24 B).



A

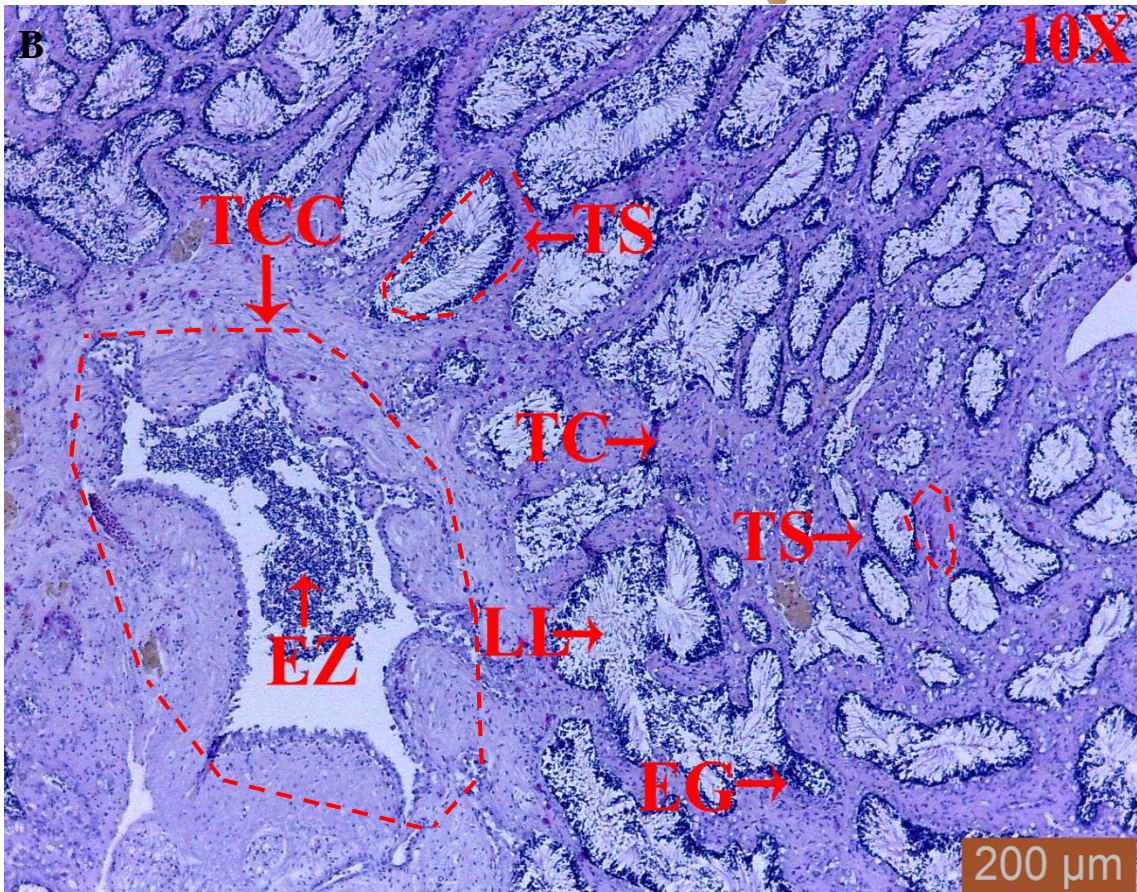


Figura 24.- A) Fotografía y B) Microfotografía del testículo de *P. peruanus* en fase Pos-expulsante V. Espermatogonias (EG), espermatocitos (EC), tubo de colección común (TCC), espermatozoides (EZ), zonas vacías (ZV).

## ESTRUCTURAS POR TALLAS

*P. peruanus* registró una estructura por tallas (figura 25) conformado por 2676 ejemplares de 18 a 47 cm con una longitud promedio de 29.6 cm, una moda de 28 cm y 89 % de juveniles (figura 26) que están por debajo de la talla mínima de captura 37 cm.

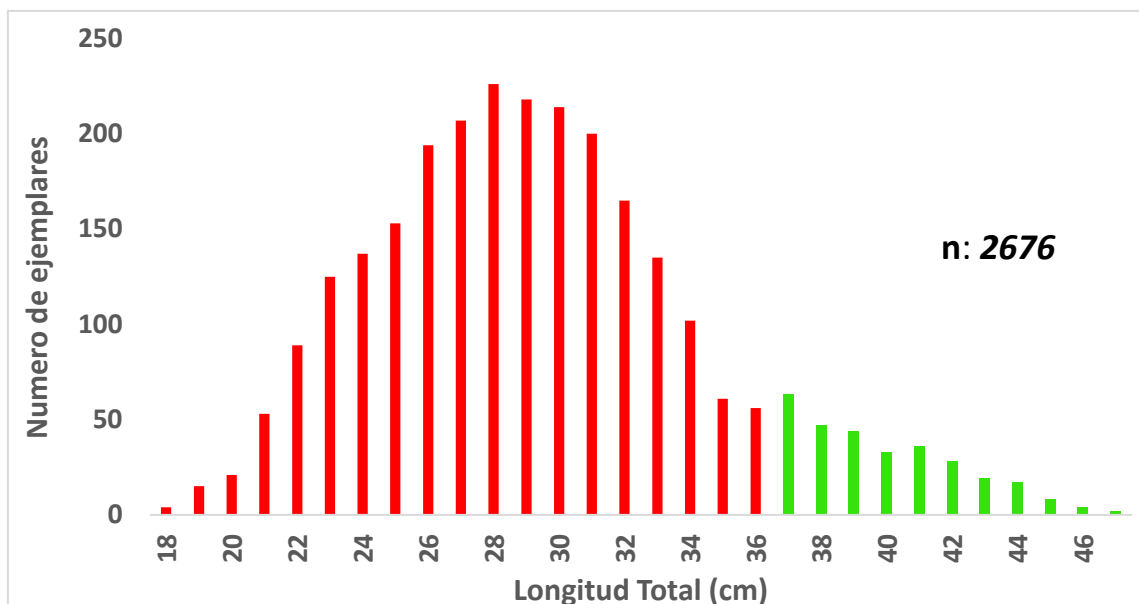


Figura 25.- Estructura por tallas de *P. peruanus* “suco” desembarcado en la Región La Libertad 2016 - 2017.

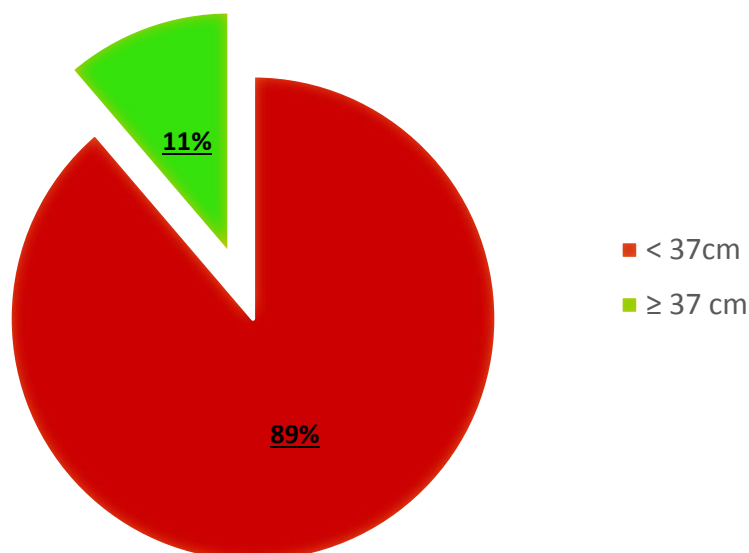


Figura 26.- Frecuencia porcentual de talla mínima de captura de *P. peruanus* “suco” desembarcado en la Región La Libertad 2016 -2017

## TALLA DE MADUREZ (TMG)

### HEMBRAS

Se determinó que la TMG ( $L_{50}$ ) para hembras de *P. peruanus* “suco”, es de 22.6 cm y su  $r^2$  de 0.53 (figura 27 B) y los límites de confianza entre 22.1 y 23.0 (figura 27 A).

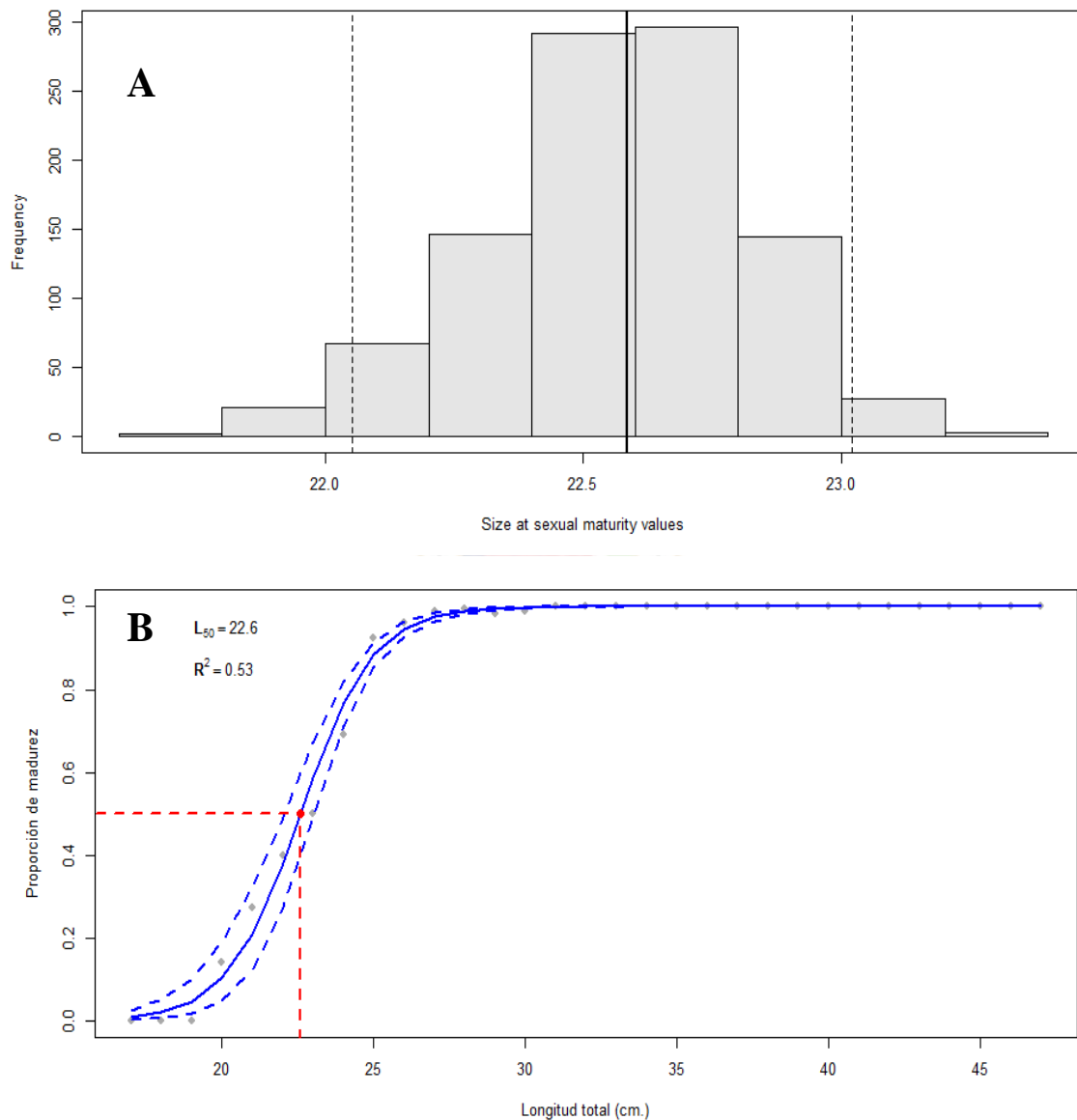


Figura 27.- A) Límites de confianza de la talla de madurez gonadal y B) Curva logística indicando la talla de madurez de hembras de *P. peruanus* “suco”, con muestras colectadas en la región La Libertad entre 2015 -2017.



## MACHOS

Se determinó que la TMG ( $L_{50}$ ) para machos de *P. peruanus* “suco”, es de 20.7 cm y su  $r^2$  de 0.39 (figura 28 B) y los límites de confianza entre 20.2 y 21.1 (figura 28 A).

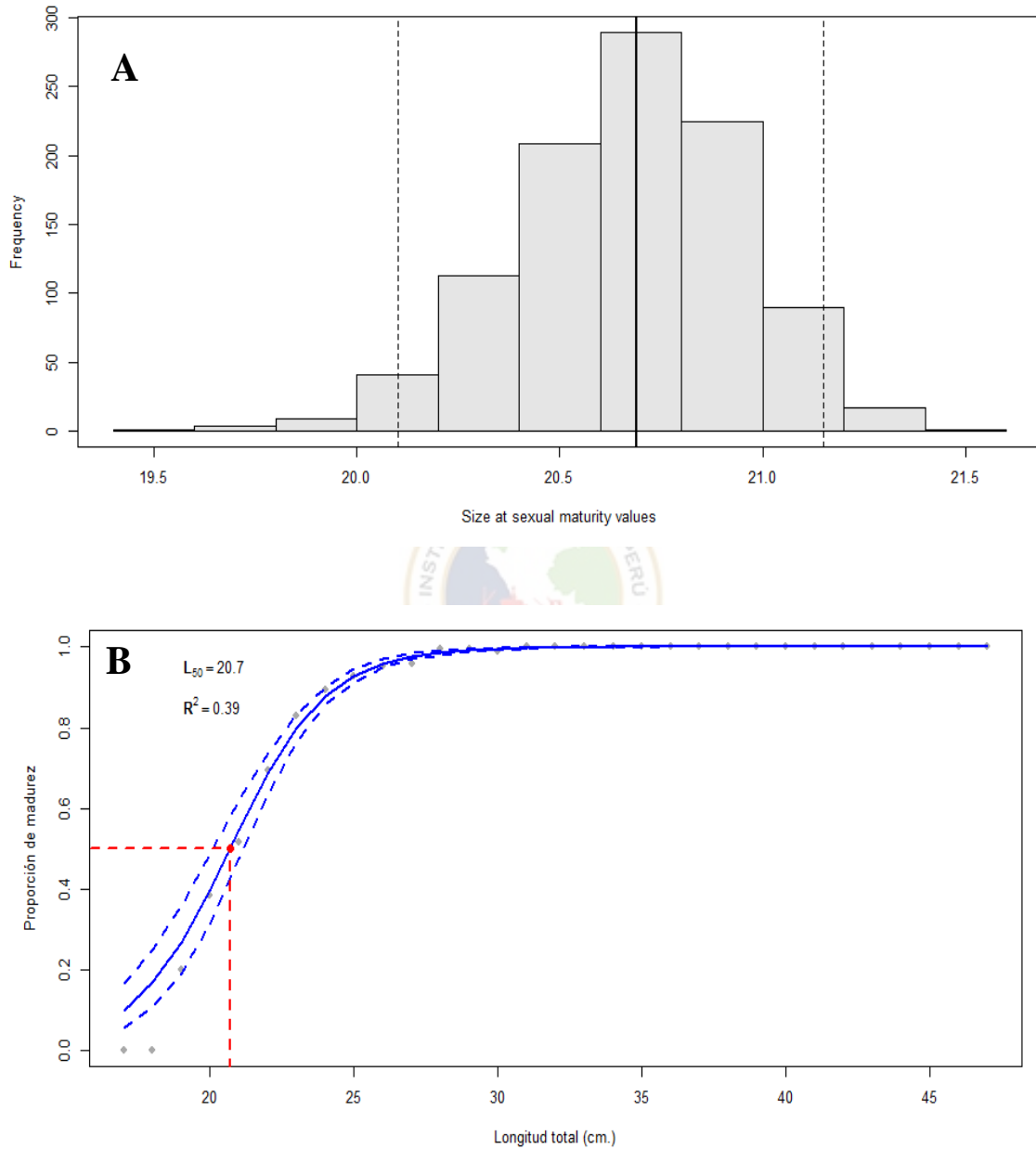


Figura 28.- Curva logística indicando la talla de madurez de machos de *P. peruanus* “suco”, con muestras colectadas en la región La Libertad entre 2015 -2017.

## CICLO DE MADUREZ GONADAL

La determinación de la escala de madurez gonadal, a través de las observaciones microscópicas de las gónadas, permitió definir la dinámica de la maduración gonadal de *P. peruanus*, la cual es la típica de un pez con desove tipo parcial (figura 29).

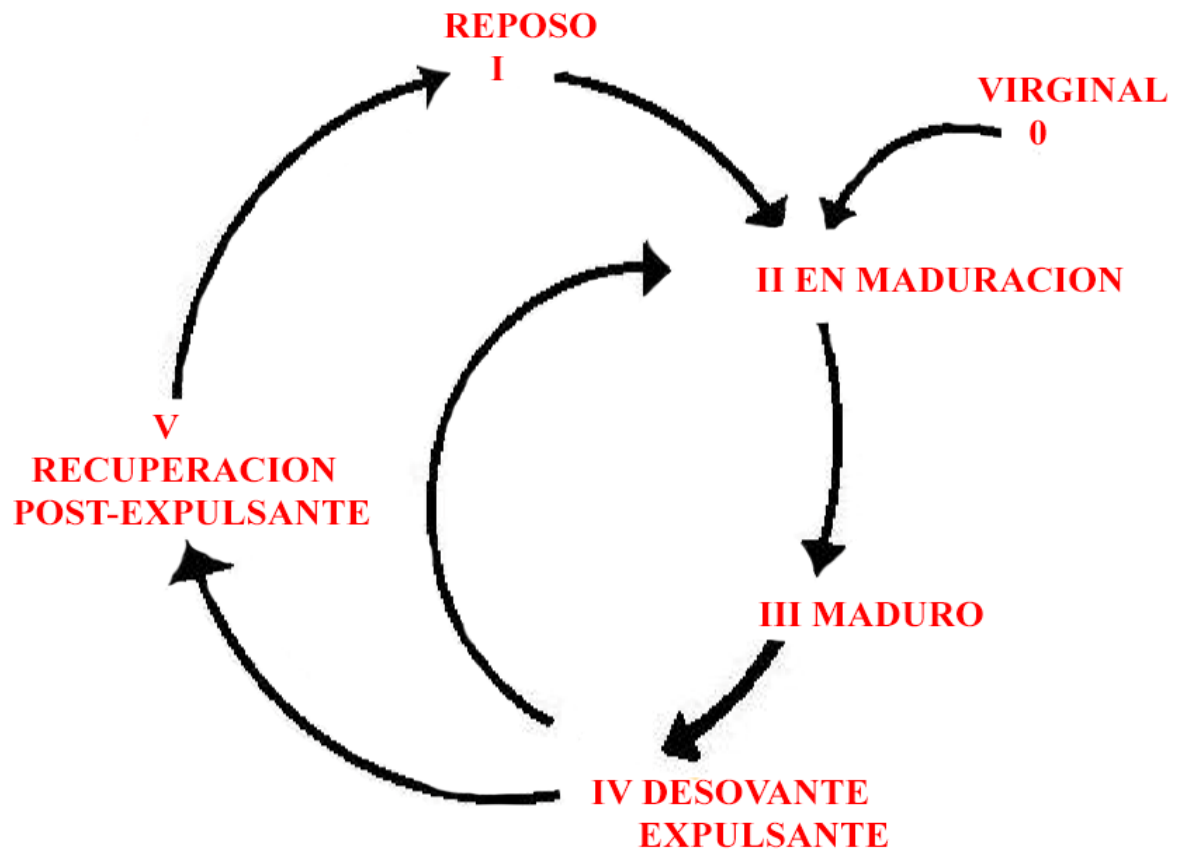


Figura 29.- Dinámica del ciclo de madurez gonadal de *Paralonchurus peruanus* “suco” en la región La Libertad, enero a diciembre del 2017.

## DISCUSIÓN

La pesca artesanal de *P. peruanus*, tiene un importante impacto en la economía de los pescadores en los diferentes puertos de La Libertad, ya que es uno de los principales recursos extraídos<sup>21</sup>, por ende, es importante promover la pesca sostenible de este recurso. A pesar de ello, existen pocas investigaciones sobre la biología y reproducción de esta especie. En este sentido, el presente trabajo intenta ser un aporte, considerando que para el estudio de los aspectos reproductivos de cualquier especie se debe contar con una escala de madurez validada. De igual forma, la talla de madurez gonadal<sup>22</sup> es un parámetro poblacional importante y de gran utilidad como medida de regulación, como lo plantea los objetivos de esta investigación.

Para la clasificación de la madurez gonadal de esta especie se utilizó, como base, una escala macroscópica que consta de 8 fases adaptada para *P. peruanus*<sup>5</sup>, por el contrario, para *Paralichthys brasiliensis* se utiliza una escala macroscópica de 4 fases que consta de inmaduro, en maduración, maduro y desovado o espermeado<sup>23</sup>. Esta escala tiene un menor número de fases y es más fácil de ser utilizada; sin embargo, no es confiable porque incluye características macroscópicas sin ninguna validación microscópica. En este sentido, hay que considerar que, para la elaboración de una escala de madurez gonadal de cualquier especie, es necesario clasificar las gónadas de acuerdo al tipo de gameto sexual que predomine<sup>24</sup>. La adecuada y precisa clasificación de la fase de madurez gonadal es de gran importancia en la estimación de los índices reproductivos y de la talla de madurez de *P. peruanus*<sup>25</sup>.

La presente investigación, propone una escala de seis fases que va desde el 0 hasta el V. Esta está basada en observaciones microscópicas que validan las observaciones macroscópicas de las gónadas; mientras la escala tenga la menor cantidad posible de fases, la clasificación e identificación será más fácil y correcta, al igual que las estimaciones de sus condiciones reproductivas<sup>10</sup>.

Las seis fases de madurez propuestos para *P. peruanus* son: Virginal (0), en reposo (I), en maduración (II), maduro (III), desovante para hembras, expulsante para machos (IV) y recuperación para hembras y post- expulsante para machos (V), al igual que, lo propuesto para *Engraulis ringens*<sup>19</sup>, *Anchoa nasus*<sup>26</sup>, *Sarda chiliensis chiliensis*<sup>27</sup>, *Cynoscion analis*<sup>28</sup>, *Scomber japonicus peruanus*<sup>29</sup>, *Paralabrax humeralis*<sup>30</sup>, *Merluccius gayi peruanus*<sup>31</sup>.

Por lo contrario, existen diferencias en las escalas de *Cilus gilberti* “corvina” que solo consideran cuatro fases después de un estudio histológico<sup>32</sup>; mientras que, *Vinciguerria lucetia*<sup>33</sup>, en machos no considera las fases de reposo (I) y post-expulsante, y en hembras no considera la fase de reposo (I). La cantidad de fases se propuso siguiendo los trabajos de investigación en otras especies y se optó por la escala de seis fases ya que éstas son precisas, fáciles y rápidas de ser identificadas por sus características macroscópicas notorias.

Para ambos sexos, la fase que se presenta una sola vez en todo su ciclo reproductivo, es la fase 0 (virginal), luego pasa a la fase II (en maduración), al llegar a la fase V (recuperación o post-expulsante) pasa a la fase I (reposo), siendo este el nuevo inicio del ciclo reproductivo de ejemplares que ya se reprodujeron.



*P. peruanus* presentó gónadas que variaron su tamaño, firmeza, coloración, translucidez, vascularización, conforme se va produciendo la maduración. Estos cambios se producen porque los teleósteos son reproductores cíclicos y las gónadas tienen mucha variación en su apariencia macroscópica en las diferentes etapas de su ciclo reproductivo<sup>34</sup>. La variación de la coloración en el proceso de maduración permite la fácil identificación macroscópica.

Las variaciones en la coloración de los ovarios de suco son bien marcados entre cada fase de madurez, ya que inicia con una tonalidad anaranjada clara hasta tonos oscuros. Otras características macroscópicas resaltantes, en los ovarios, son la presencia de ovocitos maduros que se aprecian fácilmente y los ovocitos atrésicos que resaltan en forma de puntos amarillentos. La vascularización de los ovarios es más notoria y pronunciada conforme va madurando, en cambio, en virginales la vascularización es escasa.

A diferencia de los ovarios, los testículos tienen poca variación de color y sin presencia de vascularización, lo resaltante de éstos son: el tamaño que va adquiriendo conforme se va desarrollando; es decir, el volumen que va ocupando la gónada en la cavidad del cuerpo; y un pliegue longitudinal que va pronunciándose conforme el testículo se va desarrollando. Esta última característica no es común en otras especies, pero sí, en *Cynoscion analis* “cachema” ya que ambos pertenecen a la familia Sciaenidae.

En algunas especies, es complicado diferenciar cuando el ovario se encuentra en recuperación (V) o reposo (I)<sup>35</sup>, hasta se podría cometer un error en la asignación de estas fases. Este problema se presentó en *P. peruanus*, debido a que las zonas sanguinolentas, vascularización y los puntos amarillentos de ovocitos atrésicos, se pueden observar en ambas fases.

Por eso, la coloración es lo que permite diferenciar estas fases, ya que la fase de reposo es más clara y la de recuperación es más oscura y opaca, por ende, una adecuada clasificación de las fases V y I, nos permite estimar de forma correcta la talla de madurez, y tener marcada la población activa e inactiva.

La fase V en hembras presenta ovocitos atrésicos y en machos, restos de espermatozoides que no lograron ser expulsados. Macroscópicamente, los ovarios resaltan por presentar puntos de color amarillento, mientras que, en macho, no se puede apreciar características macroscópicas, debido que, los espermatozoides tienen un tamaño muy inferior a los ovocitos. La atresia se presenta como un proceso estratégico establecido dentro del ciclo de desarrollo gonadal de diversas especies, el cual permite un reciclaje energético bajo condiciones adversas<sup>36</sup>, también es posible que, la atresia tenga influencia y regule la capacidad reproductiva de los peces<sup>37</sup>; sin embargo, se considera que la atresia no tiene influencia relevante en la reducción de la fecundidad de los peces<sup>38</sup>. Los ovocitos atrésicos de *P. peruanus* presentaron gran similitud a los analizados en diferentes especies de peces, también se determinó que estos se presentan con mayor frecuencia después que los ovarios desovan.

Para lograr un ordenamiento pesquero de *P. peruanus*, que es de gran interés comercial, es fundamental conocer los parámetros biológicos con el objetivo de mantener la sostenibilidad del recurso, para que la explotación no perjudique el desarrollo de sus poblaciones. Dentro de éstos parámetros, es importante la estimación de la talla mínima de captura, con la cual se intenta asegurar que la explotación no afecte la parte juvenil del stock. Uno de los insumos para la estimación de la talla mínima de captura es la talla de primera madurez. En este sentido, la talla de madurez gonadal estimada en esta

investigación, tanto para hembras como para machos, ha disminuido, lo cual podría ser efecto directo de la fuerte explotación pesquera que se ejerce sobre este recurso.

La estructura por tallas de *P. peruanus* tuvo un rango de 18 a 47 cm, semejante al rango entre 17 y 36 cm<sup>48</sup> reportado en el año 2000 e inferior al rango entre 18 y 51<sup>5</sup> reportado en el 2011. El porcentaje de juveniles (89%) superó el permitido (20%). En el 2010, se reportó 98.5% de juveniles<sup>50</sup> y en el 2011, un 88.5%<sup>49</sup> de juveniles. Esta extracción indiscriminada de juveniles, infringe la norma que fija una talla legal de captura y un porcentaje máximo de juveniles, ocasionando por ello una carencia de reproductores; en consecuencia, provoca una juvenación de la especie, que implica que los ejemplares más jóvenes inicien su reproducción de manera temprana. Esto ya ha sido reportado en el 2011, cuando se obtuvo una talla de madurez de 25.53 cm para macho y 26,79 para hembras<sup>49</sup>.

La talla de madurez gonadal estimada para *P. peruanus* está por debajo de lo establecido por PRODUCE, que indica 37 cm como talla mínima de captura<sup>39</sup>. Este rango de diferencia permite un adecuado manejo sostenible para el recurso, al igual que, *Sciaena deliciosa*, que presentó una talla de madurez en 15.5 cm<sup>41</sup>, pero PRODUCE indica una talla mínima de captura de 24 cm<sup>39</sup>, probablemente basado en el principio precautorio.

La talla de madurez gonadal para hembras es mayor que la de machos, 22.6 cm y 20.7 respectivamente, diferentes a lo reportado en el 2011<sup>49</sup>, y al de *Paralonchurus brasiliensis* que se estimó una talla de madurez gonadal de 17.5 cm para ambos sexos<sup>23</sup>, el desarrollo de la madurez de los peces es, aproximadamente, la misma para ambos sexos, pero los machos maduran a una edad más temprana y de menor tamaño; mientras que, la edad y la longitud al 50% de madurez es menos en machos que en hembras<sup>51</sup>.

Se debe tener en consideración que este trabajo se ha realizado solo con muestras de la región La Libertad y que el periodo de tiempo analizado para el cálculo de la TMG es acotado y sería poco representativo de todo el stock, ya que sólo se estaría tomando un punto de referencia en todo el litoral peruano, sabiendo que los factores ambientales son muy diferentes en las distintas regiones del Perú; sin embargo, es una buena referencia de las implicaciones de la presión pesquera sobre el recurso coco o suco en esta región del país. Por tal motivo, no sería recomendable usar la información de este trabajo como base para la toma de decisiones de manejo pesquero, ya que esto perjudicaría, en una proporción considerable la talla mínima de extracción del recurso. Por lo tanto, la talla de madurez gonadal debe ir de la mano con las artes de pesca utilizadas y el tamaño de coco empleado para su captura y selectividad. Las artes utilizadas son red de cerco, chinchorro, trasmallo y cortina, siendo este último el que tiene un mayor volumen de descarga<sup>5</sup>, con un tamaño de malla de 4", el cual ha sido propuesto por IMARPE; pero, este tamaño no es muy utilizado por los pescadores artesanales de los diferentes puertos, quienes utilizan un tamaño de coco entre 2 1/8" – 3 1/4"<sup>44</sup>. Por ende, esta podría ser una de las causas del alto porcentaje de pesca juvenil (89%) que se desembarca en la región. La extracción indistinta de ejemplares que no alcanza la talla mínima de captura, puede provocar una cadena de consecuencias en la estructura de la población, donde los resultados se convierten en una reducción del rendimiento pesquero, como una maduración temprana de la especie, presentar estados de sobre-explotación que modifican la relación stock - reclutamiento, logrando causar el colapso de la pesquería<sup>45</sup>.



Se ha demostrado que la maduración temprana puede desarrollarse bajo presiones selectivas que afectan la edad y el tamaño en la maduración, esfuerzo reproductivo, crecimiento y fecundidad<sup>52</sup>; pero también se ha demostrado que puede ser una respuesta a la variación de la temperatura del agua y la salinidad, son las variables más importantes que explican la variación en la maduración para ambos sexos<sup>53</sup>.

El manejo pesquero es de suma importancia para el desarrollo económico de la región, *P. peruanus* es uno de los recursos que tiene mayor extracción e importancia para la pesca artesanal. En la presente investigación, los objetivos propuestos son la base para poder desarrollar un manejo sostenible del recurso, la medida precautoria que tomó PRODUCE para la talla mínima de captura debería, por un lado, proteger al recurso y por otro lado, incentivar a realizar más investigación para reducir la incertidumbre<sup>46</sup>.

Por lo tanto, mientras que se tome en consideración el equilibrio de los intereses económicos y sociales ligados al recurso, está presente el riesgo que la pesquería supere el límite del rendimiento sostenible, o provoque un daño a largo plazo al ecosistema marino; por ende, el interés en los recursos naturales debe tener una mayor prioridad que las otras preocupaciones<sup>46</sup>.

En la región son escasos o inexistentes las investigaciones sobre zonas de extracción de la actividad artesanal; por ende, es prioridad conocerlas, para desarrollar e integrar técnicas extractivas adecuadas, que con lleven a sostener y aumentar la riqueza de los recursos y mantener su conservación y disponibilidad.

## CONCLUSIONES

-Se validó la escala de madurez gonadal en 6 fases: Virginal (0), En reposo (I), En maduración(II), Maduro (III), Desovante para hembras, Expulsante para machos (IV) y Recuperación para hembras y Post- expulsante para machos (V).

-Se determinó la talla de madurez gonadal para hembras en 22.6 cm y para machos 20.7 cm.



## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

1. INEI. 2012. Anuario de Estadísticas Ambientales 2012.Peru. 409 – 428.
2. Tresierra A; Z. Culquichicón y B. Veneros. 2002. Biología reproductiva en peces. Nuevo Norte. Trujillo-Perú. pp 171-233.
3. Tasso, C. 1998. Alimentación, edad, crecimiento y aspectos de la biología reproductiva de *Oreochromis niloticus* “tilapia” en la laguna Compín, Otuzco-La Libertad de abril a octubre. Tesis para obtener el título de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
4. Torres, G. 2000. Biología reproductiva, Hábitos alimentarios, relación peso \_ longitud de *Sciaena deliciosa*, *Paralanchurus peruanus* y *Stellifer minor* de la caleta Morín. De diciembre 1999\_ Julio 2000. Informe de prácticas pre- profesionales para optar el Título de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
5. Bringas A, Culquichicón Z, Atoche D. 2014. Biología y pesquería de *Paralanchurus peruanus* “suco” en la región La Libertad, mayo 2011 – abril 2012. *Sciendo* 17(1):120-134.
6. Moreira, J. Clístenes, A. 2011. Estudos Reprodutivos em espécies de peixes de importância comercial da Baía de Todos os Santos. Universidade Estadual de Feira de Santana. 89 -98pp.
7. Tresierra A; Z. Culquichicón y B. Veneros. 2002. Biología reproductiva en peces. Nuevo Norte. Trujillo-Perú.
8. Hunter JR, Macewicz BJ. 2003. Improving the accuracy and precision of reproductive information used in fisheries. *En*: Report of the working group on Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold- water fish and squids. Bergen: 57-68.

9. Ángeles, B. Y Mendo, J. 2005. Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecología Aplicada*, vol. 4, 105-112 pp.
10. Kjesbu OS, Hunter JR, Witthames PR. 2003. Report of the working group on modern approaches to assess maturity and fecundity of warm - and cold-water fish and squids. Institute of Marine Research
11. Stahl M. 2008. Reproductive physiology of shovelnose sturgeon from the middle Mississippi river in relation to seasonal variation in plasma sex steroids, vitellogenin, calcium, and oocyte diameters. Universidad del Sur de Illinois Carbondale. Estados Unidos.
12. Fajardo M, Suárez M, Del Valle A, Hernández A. 2008. Biología reproductiva del pepino de mar *Parastichopus parvimensis* (Echinodermata: Holothuroidea) de Isla Natividad y Bahía Tortugas, Baja California Sur, México. Mexico.
13. Johansen A.C. 1924. On the summer and autumn spawning herring of the North Sea. *Meddelelser fra Kommissionen for Havundersøgelser. Serie Fiskeri, Bind VII, Nr.5.*
14. Humason G. 1979. *Animal tissue techniques*. 4ta Ed. W.H Freeman and company. San Francisco.
15. Lynch M., Raphael S., Mellor L., P. Spare, & M. 1972. *Métodos de laboratorio*. 2da. Ed. Interamericana. México.
16. Hunter J, Macewicz B. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fishery Bulletin US* 83(2): 119-136.
17. Buitrón, B., E. Mecklenburg y A. Perea. 1998. Condición reproductiva y fecundidad de *Vinciguerria lucetia pacifici* durante el crucero BIC Humboldt 9808-09. *Inf. Inst. Mar Perú*. 141:34-42.



18. Montoya A, Tabares C, Echeverri A, Arboleda L, y Olivera M. 2006. Descripción Anatómica e Histológica de las Gónadas en Sabaleta (*Brycon henni*, Eigenmann 1913). Revista Colombiana de Ciencias Pecuarias. Colombia.
19. Buitrón B, Perea A, Mori J, Sánchez J, Roque C, Gálvez M A, Castillo J. 2015. Escala de madurez gonadal de anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842). Bol. Inst. Mar Perú. 30 (1-2) 10-19.
20. Sánchez J, Perea A, Buitrón B & Romero L. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* (Nichols 1920). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. Perú. Biol. 20(1): 035 – 044.
21. IMARPE. 2016. Anuario científico tecnológico IMARPE. Vol 16. Perú.
22. Einarsson H, Flores F, Miñano J. 1966. El ciclo de madurez de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.) 128- 135. En: I Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental. Univ. Nacional Mayor, San Marcos, Lima, Perú.
23. Robert M, Michels M & Chaves P. 2000. Biología de *Paralonchurus brasiliensis* (Steindachner) (Teleostei, Sciaenidae) no litoral sul do Estado do Paraná, Brasil. Universidad federal do Paraná.
24. Hunter j. y B. Macewicz. 1979. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: R. Lasker (ed.). An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: application to the north anchovy, *Engraulis mordax*.
25. Buitrón B, Perea A, Mori M, Sánchez J, Roque C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf. Inst. Mar Perú 38(4): 373-383.

26. Buitrón B, Mori J, Gálvez MA, Castillo J, Roque C. 2015. Escala de madurez gonadal de anchoveta blanca *Anchoa nasus* (Kner y Steindachner, 1867). Bol Inst Mar Perú. 30(1-2).
27. Gálvez M A, Castillo J. 2015. Escala de madurez gonadal de bonito *Sarda chiliensis chiliensis* (Cuvier, 1832). Bol. Inst. Mar 30(1-2).
28. Perea A, Sánchez J, Castillo J. 2015. Escala de madurez gonadal de cachema *Cynoscion analis* (Jenyns, 1842). Bol. Inst. Mar Perú. 30(1-2).
29. Castillo J, Gálvez MA, Sánchez J. 2015. Escala de madurez gonadal de caballa *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubbs, 1925). Bol. Inst. Mar Perú. 30(1-2).
30. Sánchez J, Gálvez MA. 2015. Escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828). Bol. Inst. Mar Perú. 30(1-2).
31. Perea A, Sánchez J, Buitrón B. 2015. Escala de madurez gonadal de merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* (Ginsburg, 1954). Bol. Inst. Mar Perú. 30(1-2).
32. Gonzales C, Cortes N, Chong J, Pinto A. 1999. Estudio biológico pesquero de la corvina en la zona centro-sur. Universidad de Concepción.
33. Perea A, Cure AC, Buitrón B. 2015. Escala de madurez gonadal de *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899). Bol Inst Mar Perú. 30(1-2).
34. Nagahama Y. 1983. The functional morphology of teleost gonads. En W. S. Hoar, D. J. Randall, y E. M. Donaldson (edit.) Fish physiology. Academic Press.
35. Dominguez P. 2007. Study of reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician Shelf. Doctoral Thesis. University of Vigo, Vigo. Spain.
36. Valdebenito I, Paiva L, Berland M. 2011. Atresia folicular en peces teleósteos: una revisión. Universidad Católica de Temuco. Chile.

37. Witthames PR, Greer WM. 1995. Determinacy of fecundity and oocyte atresia in sole (*Solea solea*) from the Channel, the North Sea and the Irish Sea. Aquatic Living Resources.
38. Miranda C, Rojas R. 1993. Prevalencia de patologías oportunistas en el cultivo experimental del lenguado *Paralichthys adspersus*. Analytical Microbiology.
39. Ministerio de la producción. 2011. Tallas mínimas de captura de los peces e invertebrados marinos. Perú.
40. Buitrón B, Perea A, Mori J, Sánchez J, Roque C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. Inf. Inst. Mar Perú.
41. Pérez M. 2013. Análisis biológico-pesquero del recurso lorna (*Sciaena deliciosa*) en el puerto de Huacho, período 2000-2011. Universidad Nacional Agraria La Molina. Perú.
42. Sarasquete, C; González C; Rendón, C; Mañanós, E; Rodríguez, F; Pascual, E. 2002. Histochemical characteristics of the vitellogenic oocytes of the bluefin tuna, *Thunnus thynnus*. Ciencias Marinas. Universidad Autónoma de Baja California Ensenada. México.
43. Hilborn, R. & M. Mangel. 1997. The ecological detective: confronting models with data. Princeton University Press, 315 pp.
44. Salazar C, Chacón N, Ganoza Ch, Alarcón V, Marin S. 2014. Evaluación del tamaño de malla en las redes de enmalle (cortina) de las principales pesquerías costeras del litoral peruano. Inf. Inst. Mar Perú
45. Veneros B. 2008. Caracterización de las bases biológicas-pesqueras para el manejo sustentable de los principales recursos que soportan la pesca artesanal en la zona costera de la Región La Libertad, Perú. Tesis para optar el grado de doctor en Ciencias Biológicas. Escuela de Postgrado. Universidad Nacional de Trujillo.

46. Winter G. 2009. Sugerencias de medidas legales para mejorar el manejo pesquero. Bol Inst Mar Perú. Vol XXIV, 2009.
47. Bocanegra C. 1991. Caleta de Huanchaco (Perú): un modelo de utilización sostenida de recursos litorales. Resúmenes del III seminario Latinoamericano de pesca Artesanal y III Reunión Regional desarrollo costero Integrado. Perú.
48. Torres G. 2000. Biología reproductiva, Hábitos alimentarios, relación peso \_longitud de *Sciaena deliciosa*, *Paralonchurus peruanus* y *Stellifer minor* de la caleta Morín. De diciembre 1999\_ Julio 2000. Informe de prácticas pre-profesionales para optar el Título de Biólogo Pesquero. Universidad Nacional de Trujillo.
49. Culquichicón Z, Tresierra A, Solano A, Atoche D. 2011. Juvenación de *Paralonchurus peruanus*, *Mugil cephalus*, *Sciaena deliciosa*, *Ethimidium maculatum* en la región La Libertad, durante el 2011.
50. IMARPE. 2010. Seguimiento de la pesquería demersal y costera en la Región La Libertad 2011. Informe anual. IMARPE. Sede Huanchaco.
51. Ajiad A, Tore J, Odd N. 1999. Sexual Difference in Maturation of Northeast Arctic Cod. Institute of Marine Research.
52. Rijnsdorp D. 1993. Relationship between juvenile growth and the onset of sexual maturity of female North Sea plaice, *Pleuronectes platessa*. Can. J. Fish. Aquat. Sci.
53. Devinea J, Heino M. 2009. Investigating the drivers of maturation dynamics in Barents Sea haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). Institute of Marine Research. Austria.



# ANEXOS



ANEXO 1

HOJA DE MUESTREO BIOLÓGICO DE PECES INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ESPECIE:

FECHA:

ZONA DE PESCA:

CAPTURA

LATITUD:

LONGITUD:

Nº	LONG. (cm)	PESO TOTAL (g)	PESO EVISCE. (g)	SEXO	MADUREZ	PESO GONADA (g)	PESO HIGADO (g)	PESO ESTOMADO (g)
1								
2								
3								
4								
5								
6								
7								
8								
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								



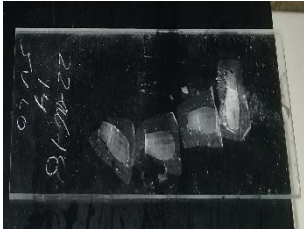
**PREPARACION DE TEJIDO**  
(corte 0.5 cm aprox)



**DESHIDRATACION, ACLARACION  
E INFILTRACION EN PARAFINA**



**INBIBICION EN PARAFINA**



**RECOJO DE SECCIONES  
DE TEJIDO**



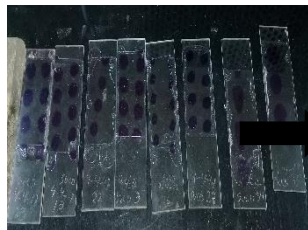
**SECCIONAMIENTO**



**CORTE DE BLOQUES  
DE PARAFINA**



**COLORACION**



**MONTAJE**



**ANALISIS MICROSCOPICO**

Figura 30: flujograma de la técnica de infiltración en parafina.