

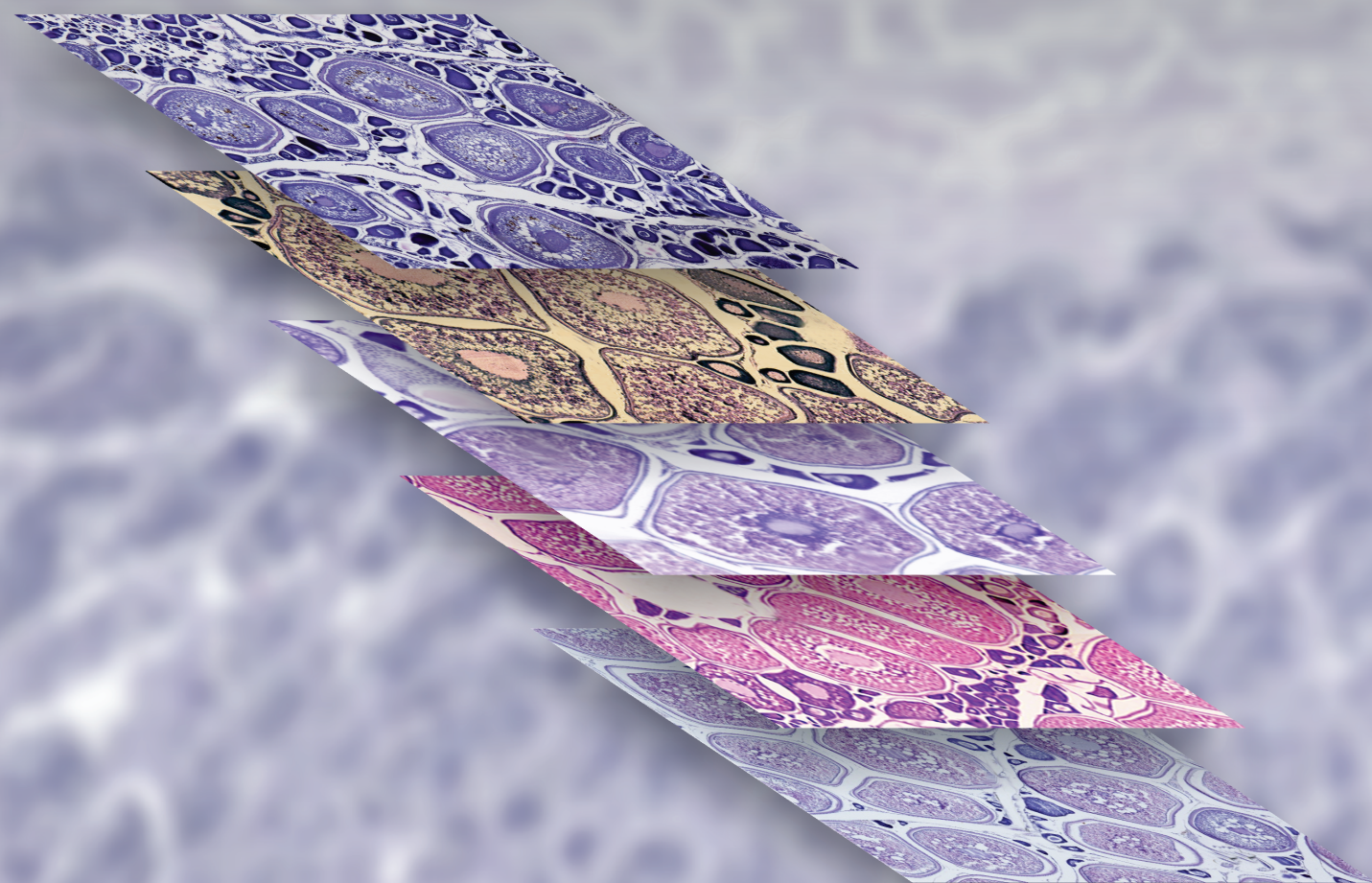


BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 30, Números 1-2



Enero - Diciembre 2015
Callao, Perú

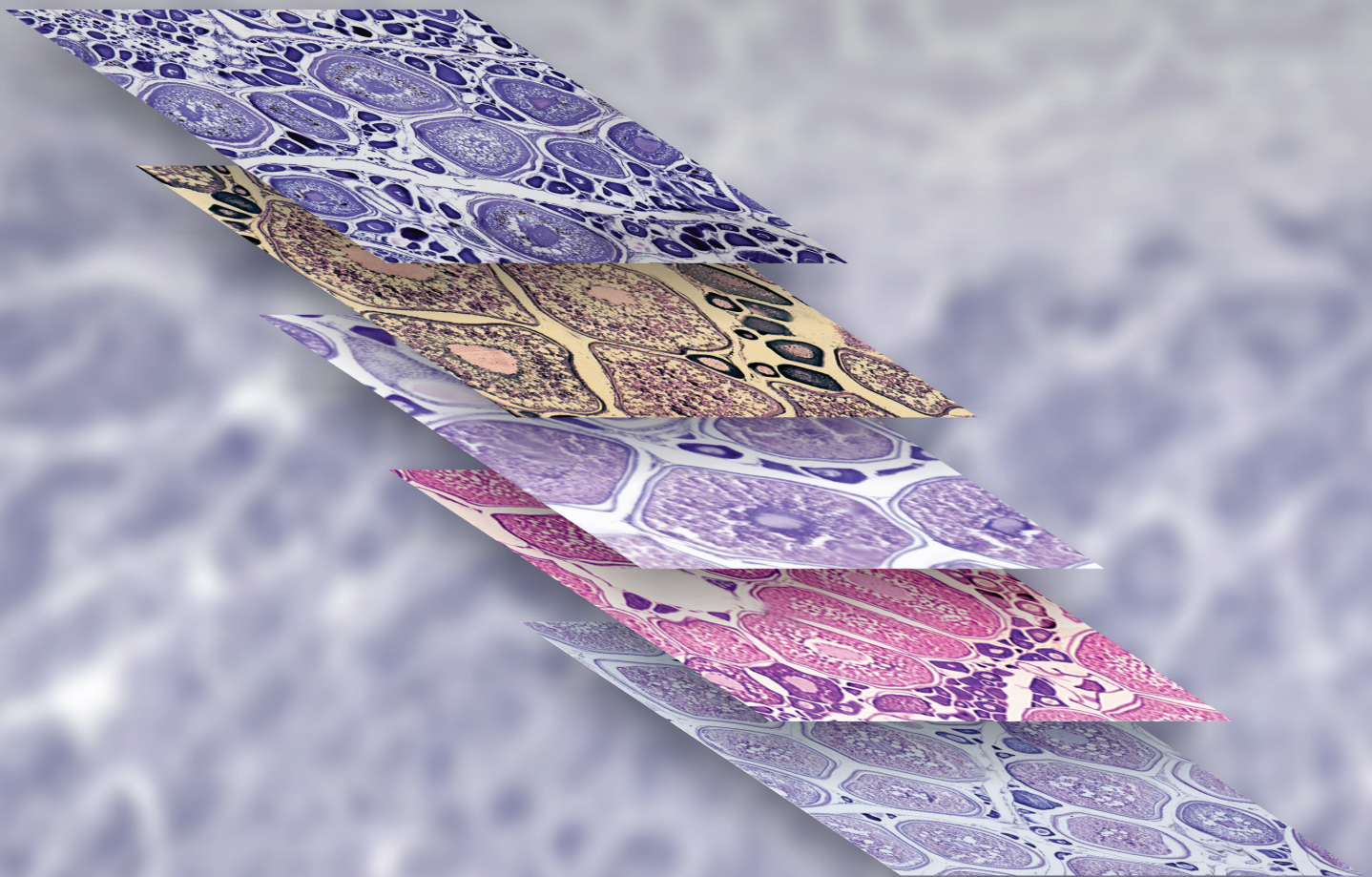


BOLETÍN

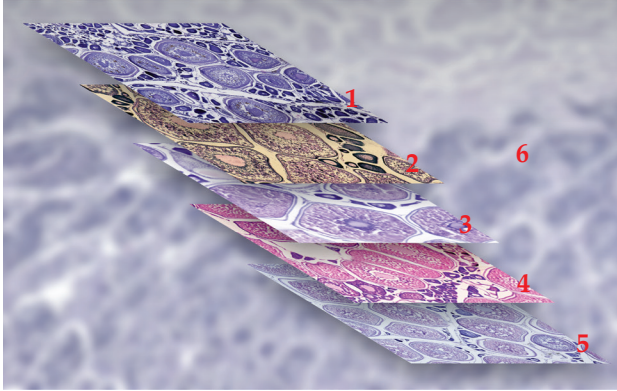
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 30, Números 1-2



Enero - Diciembre 2015
Callao, Perú



PORTADA: Cortes histológicos de especies ícticas marinas

1 Bonito (*Sarda chiliensis chiliensis*), 2 merluza (*Merluccius gayi peruanus*), 3 anchoveta (*Engraulis ringens*), 4 cachema (*Cynoscion analis*), 5 caballa (*Scomber japonicus peruanus*), 6 lenguado (*Paralichthys adspersus*)
Fotos: Blga. Violeta Flores
Ilustración: Ismael Zárate Miranda

© 2015 Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Esquina Gamarra y General Valle s/n
Casilla postal 22. Callao, Perú
Teléfono 625.0800
Fax: 429.9811
C. electrónico: imarpe@imarpe.gob.pe

Consejo Directivo IMARPE 2015

PRESIDENTE

Calm. AP (r) GERMÁN A. VÁSQUEZ SOLÍS T.

DIRECTOR EJECUTIVO CIENTÍFICO

Blgo. ANDRÉS CHIPOLLINI MONTENEGRO (hasta febrero 2015)

Ms Sc CARLA PATRICIA AGUILAR SAMANAMUD (desde febrero 2015)

COMITÉ EDITORIAL

Coordinadora

BLGA. EMIRA ANTONIETTI VILLALOBOS

Editora

VIOLETA VALDIVIESO MILLA

Co-Editor

JUAN JOSÉ VÉLEZ DIÉGUEZ

Diagramación

ARTURO SANDOVAL NAVARRO

Indizada en Aquatic Science Fisheries Abstracts (ASFA)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2015 -04965

Reservados todos los derechos de reproducción, publicación total o parcial, los de traducción y de la página Web.

Tiraje: 300 ejemplares

Terminado de imprimir: 2015

Distribución: canje, suscripción o compra

Finishing S.A.C.

Jr. La Maquinaria 160 - Urbanización La Villa - Chorrillos - Lima
Telf. 251-7191

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleados en esta publicación científica son referenciales, no tienen valor oficial, y son de completa responsabilidad de los autores.

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

BOLETÍN

ISSN 0458-7766

Volumen 30, Números 1-2, Enero-Diciembre 2015

[Bol Inst Mar Perú 30 (1-2)]

CONTENIDO

- 1. Madurez gonadal de algunos peces de importancia comercial: Escalas macroscópicas validadas microscópicamente**
Validation of macroscopic maturity scales of some fishes according to microscopic analysis
BETSY BUITRÓN, ANGEL PEREA, JULIO MORI, JAVIER SÁNCHEZ, CECILIA ROQUE
JAVIER CASTILLO, MARIE ANNE GÁLVEZ 3
- 2. Escala de madurez gonadal de anchoveta peruana *Engraulis ringens* (JENYNS, 1842)**
*Gonadal maturity scale of Peruvian anchovy *Engraulis ringens* (JENYNS, 1842)*
BETSY BUITRÓN, ANGEL PEREA, JULIO MORI, JAVIER SÁNCHEZ, CECILIA ROQUE
MARIE ANNE GÁLVEZ, JAVIER CASTILLO 10
- 3. Escala de madurez gonadal de merluza peruana *Merluccius gayi peruanus* (GINSBURG, 1954)**
*Gonadal maturity scale of South Pacific hake *Merluccius gayi peruanus* (GINSBURG, 1954)*
ANGEL PEREA, JAVIER SÁNCHEZ, BETSY BUITRÓN..... 20
- 4. Escala de madurez gonadal de bonito *Sarda chiliensis chiliensis* (CUVIER, 1832)**
*Gonadal maturity scale of Eastern Pacific bonito *Sarda chiliensis chiliensis* (CUVIER, 1832)*
MARIE ANNE GÁLVEZ, JAVIER CASTILLO 29
- 5. Escala de madurez gonadal de caballa *Scomber japonicus peruanus* (JORDAN y HUBBS, 1925)**
*Gonadal maturity scale of chub mackerel *Scomber japonicus peruanus* (JORDAN y HUBBS, 1925)*
JAVIER CASTILLO, MARIE ANNE GÁLVEZ, JAVIER SÁNCHEZ..... 40
- 6. Escala de madurez gonadal de anchoveta blanca *Anchoa nasus* (KNER y STEINDACHNER, 1867)**
*Gonadal maturity scale of long nose anchovy *Anchoa nasus* (KNER y STEINDACHNER, 1867)*
BETSY BUITRÓN, JULIO MORI, MARIE ANNE GÁLVEZ, JAVIER CASTILLO, CECILIA ROQUE 50
- 7. Escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax humeralis* (VALENCIENNES, 1828)**
*Gonadal maturity scale of Peruvian rock seabass *Paralabrax humeralis* (VALENCIENNES, 1828)*
JAVIER SÁNCHEZ, MARIE ANNE GÁLVEZ 58

8. Escala de madurez gonadal del lenguado *Paralichthys adspersus* (STEINDACHNER, 1867)
Gonadal maturity scale of fine flounder Paralichthys adspersus (STEINDACHNER, 1867)

ANGEL PEREA, NOEMI COTA, CECILIA ROQUE 66

9. Escala de madurez gonadal de cachema *Cynoscion analis* (JENYNS, 1842)
Gonadal maturity scale of Peruvian weakfish Cynoscion analis (JENYNS, 1842)

ANGEL PEREA, JAVIER SÁNCHEZ, JAVIER CASTILLO 79

10. Escala de madurez gonadal de hembras de lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops* (STEINDACHNER, 1876)
Gonadal maturity scale of big eye flounder Hippoglossina macrops (STEINDACHNER, 1876)

ANGEL PEREA, LUIS TITO, BETSY BUITRÓN 87

11. Escala de madurez gonadal de *Vinciguerria lucetia* (GARMAN, 1899)
Gonadal maturity scale of Vinciguerria lucetia (GARMAN, 1899)

ANGEL PEREA, ANA CECILIA CURE, BETSY BUITRÓN 93

Glosario 100

Instrucciones para los autores..... 101

MADUREZ GONADAL DE ALGUNOS PECES DE IMPORTANCIA COMERCIAL: ESCALAS MACROSCÓPICAS VALIDADAS MICROSCÓPICAMENTE

VALIDATION OF MACROSCOPIC MATURITY SCALES OF SOME FISHES ACCORDING TO MICROSCOPIC ANALYSIS

Betsy Buitrón

Angel Perea

Julio Mori

Javier Sánchez

Cecilia Roque

Javier Castillo

Marie Anne Gálvez

RESUMEN

BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C, CASTILLO J, GÁLVEZ M A. 2015. Madurez gonadal de algunos peces de importancia comercial: Escalas macroscópicas validadas microscópicamente. *Bol Inst Mar Perú* 30(1-2): 3-9.- En este Boletín, se describen las escalas de madurez gonadal macroscópicas, validadas mediante análisis microscópicos, de diez especies de peces: *Engraulis ringens* anchoveta peruana, *Merluccius gayi peruanus* merluza, *Sarda chiliensis chiliensis* bonito, *Scomber japonicus peruanus* caballa, *Anchoa nasus* anchoveta blanca, *Paralabrax humeralis* cabrilla, *Paralichthys adspersus* lenguado, *Cynoscion analis* cachema, *Hippoglossina macrops* lenguado de ojo grande y *Vinciguerria lucetia*. Todas las escalas tienen seis estadios de madurez para hembras y machos: 0 (virginal), I (reposo), II (en maduración), III (maduro), IV (desovante/expulsante), V (recuperación/post expulsante). Se describen características y criterios claros para diferenciación entre estadios de madurez por especie y se discute la importancia de la validación y sus múltiples aplicaciones.

PALABRAS CLAVE: Madurez gonadal, estadios de madurez, escala de madurez, peces peruanos

ABSTRACT

BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C, CASTILLO J, GÁLVEZ M A. 2015. Validation of macroscopic maturity scales of some fishes according to microscopic analysis. *Bol Inst Mar Perú* 30(1-2): 3-9.- In this paper we describe macroscopic gonad grading key, validated by microscopic analysis, of ten species: *Engraulis ringens* Peruvian anchovy, *Merluccius gayi peruanus* South Pacific hake, *Sarda chiliensis chiliensis* Eastern Pacific bonito, *Scomber japonicus peruanus* chub mackerel, *Anchoa nasus* long nose anchovy, *Paralabrax humeralis* Peruvian rock seabass, *Paralichthys adspersus* fine flounder, *Cynoscion analis* Peruvian weakfish, *Hippoglossina macrops* big eye flounder and *Vinciguerria lucetia*. All the maturity grading key have six stages of maturity for females and males which are: 0 (virgin), I (resting), II (maturing), III (mature), IV (spawning/running milt), V (recovery/spent). Features and clear criteria for differences between maturity stages of each species are described, discussing the importance of validation and its many applications.

KEYWORDS: Maturity stage, maturity scale, Peruvian fish

1. INTRODUCCIÓN

El mar peruano tiene el nivel de productividad primaria más importante del mundo, favoreciendo y sosteniendo grandes volúmenes de recursos pesqueros (BAKUN y WEEKS 2008). Dentro de éstos, los grupos de mayor importancia comercial son los peces pelágicos, demersales y costeros; así como diversos grupos de invertebrados, destacando especies de crustáceos y moluscos (PRODUCE 2012).

La extracción de las principales especies de estos grupos, dirigidas tanto para consumo directo como indirecto, tiene implicancias económicas y sociales para el país, lo que impulsa al 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 (TRESIERRA et al. 2002).

La determinación de los estadios de madurez gonadal, es la base para el estudio de variables y aspectos reproductivos como talla de primera madurez, potencial reproductivo, periodos de actividad reproductiva y desove. En el Perú, desde el inicio de las grandes pesquerías en la década de los años sesenta, se adaptó la escala empírica de JOHANSEN (1919) (utilizada en el arenque europeo) para todas las especies peruanas, excepto para anchoveta; posteriormente, EINARSSON et al. (1966) elaboraron una escala empírica solo para esta especie. En esta publicación se da a conocer escalas macroscópicas para diez especies peruanas que se han validado con estudios histológicos, que redundarán en la precisión de los estimados de índices

reproductivos orientados al manejo pesquero. Mantener esta información actualizada favorece la efectividad de las medidas de protección como vedas reproductivas y tallas mínimas de captura (TOMKIEWICZ et al. 2003).

El método más utilizado para la determinación de los estadios de madurez gonadal, es el examen visual de las gónadas, en el que se aplican criterios macroscópicos. Debido a que ciertos estados reproductivos al no presentar características visuales claras, no pueden ser identificados de manera confiable por métodos macroscópicos (HUNTER y MACEWICZ 2003), es necesario clasificar la condición gonadal mediante exámenes de cortes histológicos de tejido ovárico en donde se revele a detalle el desarrollo de los ovocitos (STAHL 2008). Es por esto que se sugiere la elaboración de escalas macroscópicas que cuenten con sustento histológico y criterios que permitan la identificación de los estadios de manera simplificada (KJESBU et al. 2003).

Las especies de interés comercial que se han investigado son: anchoveta peruana *Engraulis ringens*, bonito *Sarda chiliensis chiliensis*, caballa *Scomber japonicus peruanus*, anchoveta blanca *Anchoa nasus*, cabrilla *Paralabrax humeralis*, cachema *Cynoscion analis*, lenguado *Paralichthys adspersus*, merluza *Merluccius gayi peruanus*, también se consideraron a dos especies de peces de explotación potencial como son el lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops* y la vinciguerría *Vinciguerria lucetia*.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En cada especie estudiada se detalla la localidad de muestreo y tamaño de muestra utilizado para la determinación de la escala de madurez gonadal. La colecta y posterior trabajo de laboratorio para cada especie fue similar.

Para la descripción macroscópica de las gónadas se realizó la observación en fresco, tomándose en cuenta aspectos como coloración, turgencia, vascularización, textura, grosor de la pared gonadal, ovocitos visibles y semen fluyente como las descritas por FERRERI et al. (2009) y SÁNCHEZ et al. (2013). Las gónadas fueron fotografiadas y fijadas en formol al 10% para luego ser procesadas histológicamente en el laboratorio.

El procesamiento histológico se realizó mediante el método de infiltración con parafina (HUMASON 1979) y los cortes fueron hechos a 7 μm de grosor para ovarios y 5 μm para testículos con el uso de un micrótopo de rotación. Las secciones histológicas obtenidas se colorearon con hematoxilina – eosina, haciendo uso de un colorador automático de tejidos y como medio de montaje se utilizó Entellán. Se tomaron fotos representativas de cada estadio, los aumentos fueron a 40x, 100x y 200x.

Se definieron los tipos de ovocitos, para todas las especies, según su afinidad con la eosina–hematoxilina, tamaño, presencia de granulos corticales, gotas oleosas, granulos de vitelo, ubicación del núcleo y condición del citoplasma (Tabla 1). En el caso de los gametos masculinos, se tomó en cuenta su afinidad con la eosina–hematoxilina, tamaño, forma y ubicación de la célula en el testículo (Tabla 2).

La descripción de la histoarquitectura ovárica y testicular, que sirvió de base para la determinación de los estadios de madurez gonadal se realizó en las hembras mediante la identificación de los tipos de ovocitos, presencia o ausencia de folículos post–ovulatorios y proporción de ovocitos atrésicos, en los machos fue el desarrollo espermatogénico de los túbulos seminíferos, su grado de llenura y el grado de llenura del tubo colector. Para ello se utilizaron, como base los trabajos realizados en diferentes especies de peces de HUNTER y MACEWICZ (1985) y SÁNCHEZ et al. (2013). Las características macroscópicas fueron asociadas a las observaciones microscópicas, determinándose los estadios de desarrollo gonadal, tanto de hembras como machos (Fig. 1).

3. DISCUSIÓN

La investigación sobre la reproducción de peces es un proceso clave en la evolución de la ciencia pesquera, ya que los parámetros que se consideran sirven como insumo en la estimación de modelos de evaluación de poblaciones (KJESBU et al. 2003, WILLIAMS 2007) y forman parte de la base técnica que permite el adecuado manejo pesquero, con miras a mantener la sostenibilidad de los recursos pesqueros. El uso de escalas de madurez gonadal macroscópicas tiene la ventaja de proporcionar lecturas rápidas, a bajo costo generando datos sobre el estado reproductivo de los recursos, por lo cual es la metodología más utilizada (BROMLEY 2003, KJESBU et al. 2003, HUNTER y MACEWICZ 2003). Debido a la imprecisión provocada por el subjetivismo inherente en este tipo de escalas (WEST 1990, STAHL y KRUSE 2008, MACPHERSON et al. 2011), muchas veces la confiabilidad de su uso ha sido cuestionada (MCQUINN 1989, WEST 1990, SABORIDO-REY y JUNQUERA 1998, BROMLEY 2003, HUNTER y MACEWICZ 2003, LA MESA et al. 2003). Las escalas de madurez gonadal que se presentan en este documento, han sido validadas en base a las observaciones histológicas, teniendo en cuenta que esta técnica es la herramienta más precisa en la estimación de la condición reproductiva (RIDEOUT 2005, STAHL y KRUSE 2008) y que agrega confiabilidad al relacionar las características macroscópicas y microscópicas.

Una escala de madurez gonadal debe contener una descripción detallada de cada estadio de madurez, incluir fotografías con alta resolución, que permita la correcta asignación de cada fase del proceso de maduración de un pez y que, en lo posible, minimice el error (BROMLEY 2003, BROMLEY y CASEY 2003). Además, se recomienda que las escalas no tengan demasiados estadios, sino el número adecuado que permita la identificación de las principales fases de maduración de las gónadas, para diferenciar el estadio virginal del reposo, discriminando juveniles de adultos, para reconocer la etapa de hidratación y de desove propiamente dicho en el caso de las hembras y de expulsión en los machos (KJESBU et al. 2003, HUNTER y MACEWICZ 2003, STAHL y KRUSE 2008). En este sentido, la coloración de las gónadas no debe considerarse como una característica macroscópica determinante en la asignación de un estadio gonadal ya que, en la mayoría de especies, el color se presenta en un espectro amplio de tonalidades (sobre todo en el estadio maduro), por lo que es recomendable no basarse exclusivamente en la coloración al realizar la catalogación, sino considerar todas las otras cualidades que presentan las gónadas como tamaño, textura y grado de vascularización, presencia de ovocitos y, en algunos casos, como en la merluza, es necesario hacer cortes a los ovarios para verificar macroscópicamente el estadio desovante o el de recuperación (PEREA com. pers.).

Las escalas de madurez gonadal que se presentan se basan en el ciclo de seis estadios (Fig. 1), que considera un estadio virginal (0) y cinco para adultos (I-V). Formatos semejantes se han observado en las escalas de madurez de NIKOLSKY (1963), DICKERSON et al. (1992), GÓMEZ (2004) y SÁNCHEZ et al. (2013). Otras como la de JOHANSEN (1919) o de KESTEVEN (1960) tienen un mayor número de estadios, caracterizándose por separar el estadio maduro en varias etapas.

Un estadio que es importante distinguir es el estadio hidratado, el cual es el más utilizado para la estimación de la fecundidad de peces con desove parcial (HUNTER y MACEWICZ 1980, WITTHAMES et al. 2009, NUÑEZ y DUPONCHELLE 2009). En este trabajo, todas las escalas incluyen el estadio hidratado dentro del grupo desovante porque se considera la hidratación como un desove inminente. Agruparlo de esta manera hace que sean más prácticos los cálculos que se derivan de las catalogaciones, por lo que en las escalas que se presentan se notará que el estadio desovante tiene dos aspectos: hidratado y desovante propiamente dicho.

Se caracterizaron 6 tipos de ovocitos: Ovogonia, inmaduro, pre-vitelogenado, vitelogenado, maduro e hidratado, de acuerdo a la descripción realizada por

HUNTER y MACEWICZ (1985). Uno de los criterios utilizados para clasificar a los ovarios es la presencia del tipo de ovocito más avanzado (WEST 1990), por lo que, para el desarrollo de las escalas, se tomó en cuenta tanto la presencia como la predominancia de este tipo de ovocito y el contexto de todo el estroma ovárico.

Según la literatura, hay tres tipos de materiales que se acumulan en los ovocitos de acuerdo a su desarrollo en la vitelogénesis primaria y secundaria: vesículas corticales, gotas de aceite o lípidos y gránulos o glóbulos de vitelo (BAZZOLI y RIZZO 1990, WEST 1990 y NAGAHAMA 1983). La característica distintiva en los ovocitos pre vitelogenados, es la visualización de los gránulos o vesículas corticales que se distinguen por su ubicación en la periferia del núcleo o en la periferia interna del ovocito; sin embargo, la diferenciación precisa requiere de otro tipo de coloraciones. En los teleósteos, particularmente en especies marinas, las gotas de aceite comienzan a acumularse en el citoplasma, casi al mismo tiempo que las vesículas corticales. El contenido de estas dos estructuras se disuelve durante la deshidratación con los alcoholes y aparecen vacíos en la coloración con hematoxilina-eosina (WEST 1990). Los gránulos de vitelo se observaron a partir de los ovocitos vitelogenados, caracterizados por la coloración rosada (afinidad cromática eosinófila) de su citoplasma. VAZZOLER (1996) resalta que la formación y acumulación de vitelo es uno de los eventos más importantes en la maduración de los ovocitos. BAZZOLI y RIZZO (1990) mencionan que el vitelo es parcialmente sintetizado en el citoplasma por varias organelas (vitelogénesis endógena) y el resto es sintetizado fuera del ovario (vitelogénesis exógena), transportado luego por la circulación e incluida en el ovocito por micropinocitosis.

En el caso de los machos, existe una limitación para la asignación de los estadios de madurez. La sola identificación de las células sexuales masculinas no es suficiente para determinar el estado de madurez de un individuo. Se requiere observar el estroma testicular y el grado de llenura de los túbulos seminíferos y tubo colector común.

Se caracterizaron 4 tipos de células sexuales en los testículos: Espermatogonia, espermatocito, espermátida y espermatozoide. La terminología y la descripción del desarrollo espermatogénico es similar al descrito en otros teleósteos (WEST 1990). Hay clasificaciones más detalladas donde dividen las espermatogonias en dos tipos A y B, según se observen antes o después de la mitosis y espermatozoides en I y II (GARCÍA-LÓPEZ et al. 2005). La técnica utilizada en esta investigación no permite hacer una discriminación de este tipo.

Tabla 1.- Descripción de principales tipos de células sexuales femeninas.
Especie: *Scomber japonicus peruanus*, caballa

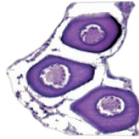
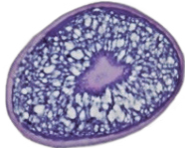
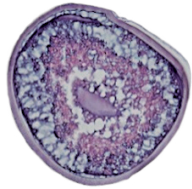
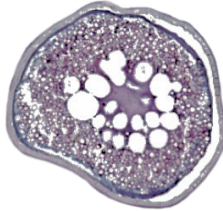
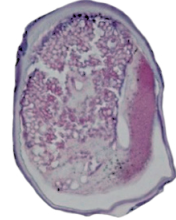
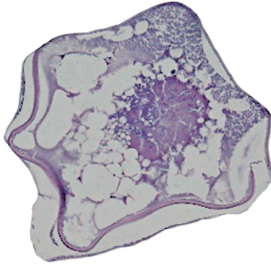
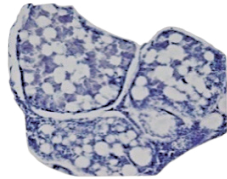
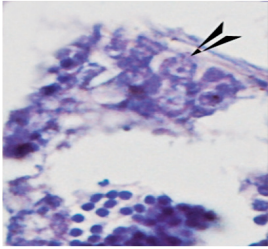
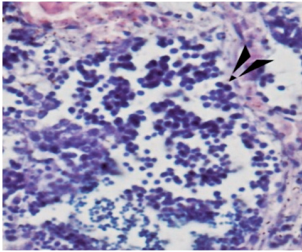
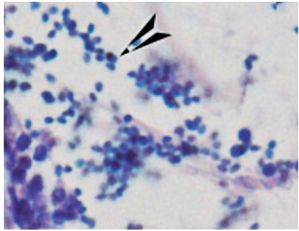
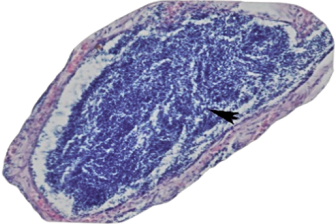
OVOCITOS	DESCRIPCIÓN	FOTO
Inmaduro OI	Células muy pequeñas y polimórficas, con núcleo desarrollado y de mayor tamaño respecto al citoplasma. Son basófilos. Aumento: 200x	
Pre-vitelogenado OPV	Células de forma esférica. Presentan gránulos corticales y, en ocasiones, pequeñas gotas oleosas. Son basófilos. Aumento: 200x	
Vitelogenado OV	Células de forma esférica. Presentan gránulos corticales, gotas oleosas y pocos gránulos de vitelo. Con zonas basófilas y eosinófilas. Aumento: 200x	
Maduro OM	Células de forma esférica. Abundante presencia de gránulos de vitelo. Núcleo ubicado en el centro rodeado de gotas oleosas de gran tamaño. Son eosinófilos. Aumento: 200x	
Con núcleo migratorio ONM	Células de forma esférica. Presentan las características de las células maduras, pero el núcleo ha migrado hacia la periferia del citoplasma. Aumento: 200x	
Hidratado OH	Células de mayor tamaño. De forma ovalada, que debido al procesamiento histológico adquieren forma variable. Citoplasma en forma de placas que puede presentar gotas oleosas. Aumento: 200x	
Atrésico OA	Células en proceso de reabsorción con folículo deteriorado y citoplasma irregular fragmentado con diferentes grados de degradación. Aumento: 200x	

Tabla 2.- Descripción de principales tipos de células sexuales masculinas.
Especie: *Scomber japonicus peruanus*, caballa

CÉLULAS	DESCRIPCIÓN	FOTO
Espermatogonios Eg	Células inmaduras de gran tamaño que se desarrollan alineadas y adosadas a la pared del túbulo seminífero. Están orientadas a la luz del lumen. Aumento: 200x	
Espermatocitos Ec	Células que nacen a partir de los espermatogonios y que se dirigen al centro del túbulo seminífero. Aumento: 200x	
Espermátides Et	Se encuentran adyacentes a los espermatocitos y se diferencian de éstos por presentar un menor tamaño y una posición central dentro del túbulo seminífero. Aumento: 200x	
Espermatozoides Ez	Se encuentran en el tubo colector y túbulos seminíferos, formando franjas y correderas que pueden ser desordenadas. Aumento: 200x	

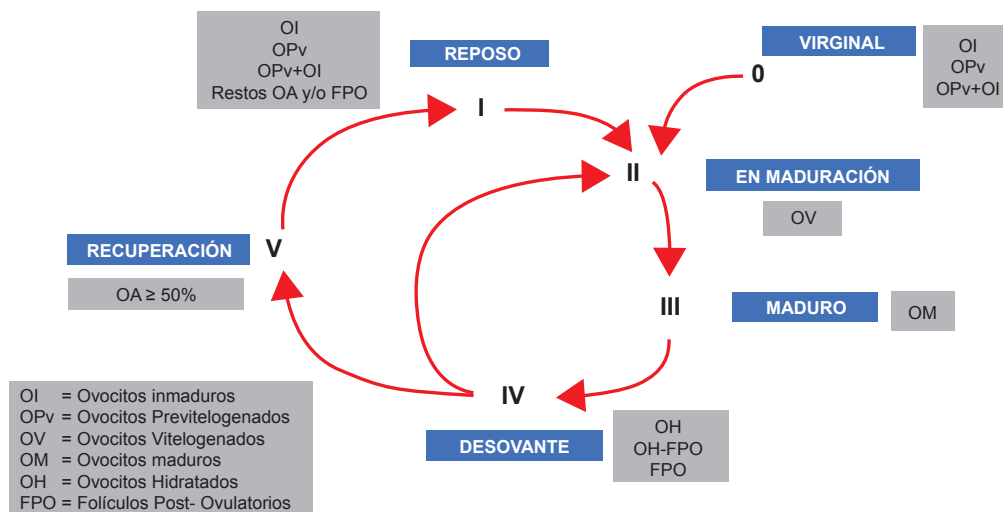


Figura 1.- Ciclo de madurez gonadal en peces hembra con reproducción asincrónica. OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre-vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, OH: Ovocito hidratado, OA: Ovocito atrésico, FPO: Folículo post-ovulatorio. Modificado de SÁNCHEZ et al. (2013)

Con el objetivo de realizar una adecuada catalogación de los estadios de madurez gonadal de peces, es necesario que las gónadas se encuentren en las mejores condiciones. En este sentido, coincidimos con FERRERI et al. (2009) en que las gónadas no deberían preservarse ni congelarse antes de la catalogación, ya que ello altera las características visuales (coloración, textura, vascularización) que permiten la adecuada asignación del estadio de madurez gonadal.

El uso de las escalas de madurez gonadal en la estimación de la condición reproductiva de peces, debe complementarse con el uso de índices reproductivos (como el índice gonadosomático) o de condición (contenido graso y factor de condición) (KJESBU et al. 2003, STAHL y CRUSE 2008), así como con las mediciones del diámetro de ovocitos (RAMSAY y WITTHAMES 1996) o los niveles de hormonas en sangre (MERATI 1993).

Los errores de clasificación que más influyen en la estimación del estadio de madurez gonadal radican, sobre todo en los límites entre un estadio y otro (WILLIAMS 2007), un error de este tipo podría ocasionar sesgos si la escala utilizada no permite discriminar con certeza entre el estadio maduro y el desove o el virginal y el inicio de maduración. En cualquier caso, una buena práctica y entrenamiento en el uso de cada una de estas escalas es necesario para asignar los estadios de madurez gonadal correctamente. Por ello, es recomendable que el personal que realiza las catalogaciones, realice intercalibraciones periódicas para mejorar la precisión (ALFONSO-DIAS et al. 2008).

Finalmente, para estimaciones precisas como el índice de atresia y fracción desovante por la presencia de folículos post ovulatorios, es necesario utilizar el análisis histológico de gónadas.

4. AGRADECIMIENTOS

Los autores deseamos expresar nuestro sincero agradecimiento al personal de muestreo de las diversas Sedes regionales y central del IMARPE, así como al personal de los grupos de biología durante los cruces de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos, de Estimación de Biomasa Desovante y de Evaluación de Recursos Demersales, por el apoyo en la obtención de las muestras; a la Dra. Gladys Cárdenas y a la Mag. Marilu Bouchon por la revisión del manuscrito y a la Blga. Violeta Flores por el apoyo en la toma de las microfotografías.

5. REFERENCIAS

ALFONSO-DIAS I, AMORIM P, SILVA A. 2008. Problems with assigning the ovaries of sardine *Sardina pilchardus* to

the appropriate macroscopic maturity stage. *JMBA2 Biodiversity Records*.1: 1-7.

BAKUN A, WEEKS S. 2008. The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography* 79:290 – 299.

BAZZOLI N, RIZZO E. 1990. A comparative cytological and cytochemical study of the oogenesis in ten Brazilian fish species. *European Archives of Biology*. 101: 399-410.

BROMLEY PJ. 2003. Progress towards a common gonad grading key for estimating the maturity of North Sea place. En: Report of the working group on Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold- water fish and squids. 12:19-24.

BROMLEY PJ, CASEY J. 2003. An attempt to ascertain the spawning fraction of female North Sea whiting based on visual staging of maturity. En: Report of the working group on Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold- water fish and squids. 12:25-28.

DICKERSON TL, MACEWICZ BJ, HUNTER RJ. 1992. Spawning frequency and batch spawning of chub mackerel *Scomber japonicus* during 1985. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 33:133-140.

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.

FERRERI R, BASILONE G, D'ELIA M, TRAINA A, SABORIDO F, MAZZOLA S. 2009. Validation of macroscopic maturity stages according to microscopic histological examination for European anchovy. *Marine Ecology* 30: 181-187.

GARCIA-LOPEZ A, MARTINEZ-RODRIGUEZ G, SARASQUETE C. 2005. Male reproductive system in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup): Anatomy, histology and histochemistry. *Histology and Histopathology*. 20: 1179-1189.

GÓMEZ C. 2004. Aspectos reproductivos de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) (Humboldt, 1821) en la zona de Pisco en el periodo 1996-1997 y mayo – julio del 2002. Tesis para optar el título de biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 95 pp.

HUMASON G. 1979. Animal tissue techniques. W. Freeman Eds. 4ta Ed. 661 pp.

HUNTER JR, MACEWICZ BJ. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax* during the 1979 spawning season. *Calif. Coop. Oceanic Fish. Invest. Rep.* 21:139-149.

HUNTER JR, MACEWICZ 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. In: An egg production method for estimating spawning biomass of pelagic fish: Application to the northern anchovy, *Engraulis mordax*, R. Lasker, ed. NOAA Tech. Rep. NMFS 36: 79-94.

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 (4-7-September 2001):57-68.

- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring-spawning sea-herring (*Clupea harengus l.*) in the north-west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- KESTEVEN GL (Ed). 1960. Manual of field methods in fisheries biology. FAO Manuals in Fisheries Science. N°1. FAO Rome. 152 pp.
- 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. Fisken og Havet. 12: 7-9.
- LA MESA M, CAPUTO V, RAMPÀ R, VACCHI M. 2003. Macroscopic and histological analyses of gonads during the spawning season of *Chionodraco hamatus* (Pisces, Channichthyidae) of Terra Nova Bay, Ross Sea Southern Ocean. Polar Biology. 26: 621-628.
- MACPHERSON LR, GANIAS K, MARSHALL T. 2011. Inaccuracies in routinely collected Atlantic herring (*Clupea harengus*) maturity data and correction using a gonadosomatic index model. J. Mar. Biol. Assoc. U.K. 91: 1477-1487.
- MCQUINN IH. 1989. Identification of spring and autumn spawning herring (*Clupea harengus harengus*) using maturity stages assigned from gonadosomatic index model. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 46: 969-980.
- MERATI N. 1993. Spawning dynamics of walleye pollock *Theragra chalcogramma* in the Shelikof Strait, Gulf of Alaska. Master's Thesis. University of Washington Seattle. 134 pp.
- NAGAHAMA Y. 1983. The functional morphology of teleost gonads. En: WS HOAR, DJ Randall, y E M Donaldson (edit.). Fish Physiology. Academic Press. 9(part A): 223-275.
- NIKOLSKY GV. 1963. The ecology of fishes. Academic Press. London and New York. 352 pp.
- NUÑEZ J, DUPONCHELLE F. 2009. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. Fish Physiol Biochem. 35: 167-180.
- PRODUCE. 2012. Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola. Ministerio de la Producción. 180 pp.
- RAMSAY K, WITTHAMES P. 1996. Using oocyte size to assess seasonal ovarian development in *Solea solea* (L.). Journal of Sea Research. 36(3-4): 275-283.
- RIDEOUT RM, ROSE GA, BURTON MPM. 2005. Skipped spawning in iteroparous spawning fishes. Fish and fisheries. 6:50-72.
- SABORIDO-REY F, JUNQUERA S. 1998. Histological assessment of variations in sexual maturity of cod (*Gadus morhua*) at the Flemish Cap (North-West Atlantic). ICES Journal of Marine Research. 55: 515-521.
- SÁNCHEZ J, PEREA A, BUITRÓN B, ROMERO L. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. Rev. Perú. Biol. Lima. 20(1): 35-44.
- 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. Thesis submitted in partial fulfillment of the requirements for the Master of Science degree University Carbondale. Illinois.
- STAHL JP, KRUSE GH. 2008. Classification of ovarian stages of walleye pollock *Theragra chalcogramma*. Resiliency of gadid stocks to fishing and climate change Alaska Sea Grant College Programme. AK-SG-08-01: 1-20.
- TOMKIEWICZ J, TYBJERG L, JESPERSEN A. 2003. Micro and macroscopic characteristics to state gonadal maturation of female Baltic cod. Journal of Fish Biology, 62: 253-275.
- TRESIERRA A, CULQUICHICON Z, VENEROS B. 2002. Biología reproductiva en peces. Nuevo Norte. Trujillo-Perú. 233 pp.
- VAZZOLER AE. 1996. Biología da reproducao de peixes teleosteos teoría e prática. Maringá EDUEM.
- WEST G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes – a review. Australian Journal of Marine and Freshwater Research. 41(2): 199-222.
- WILLIAMS K. 2007. Evaluation of the macroscopic staging method for determining maturity of female walleye Pollock *Theragra chalcogramma* in Shelikof Strait, Alaska. Alaska Fishery Research Bulletin 12(2): 252-263.
- WITTHAMES PR, THORSEN, A, GREENWOOD LN, SABORIDO-REY F, DOMINGUEN R, MURUA H, KORTA M, KJESBU O. 2009. Advances in methods for determining fecundity: Application of the new methods to some marine fishes. Fish. Bull. 107:148-164.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE ANCHOVETA PERUANA

Engraulis ringens (JENYNS, 1842)

GONADAL MATURITY SCALE OF PERUVIAN ANCHOVY

Engraulis ringens (JENYNS, 1842)

Betsy Buitrón

Angel Perea

Julio Mori

Javier Sánchez

Cecilia Roque

Marie Anne Gálvez

Javier Castillo

RESUMEN

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.- En este trabajo, se describe la escala de madurez gonadal macroscópica, validada microscópicamente, de anchoveta peruana *Engraulis ringens*. Se analizó 1970 gónadas (1251 ovarios, 719 testículos), procedentes del seguimiento de la pesquería pelágica del 2006, 2008, 2009 y 2012 y de cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos del 2006, 2009 y 2012. La escala establece seis estadios de madurez para hembras y machos: 0 (virginal), I (reposo), II (en maduración), III (maduro), IV (desovante/expulsante), V (recuperación/post expulsante).

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, histología, ovocitos, espermatoцитos

ABSTRACT

BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C, GÁLVEZ M A, CASTILLO J. 2015. Gonadal maturity of Peruvian anchovy *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2) 10-19.- In this paper, we describe the macroscopic and microscopic gonad maturity scale of Peruvian anchovy *Engraulis ringens* based on the analysis of 1970 gonads (1251 ovaries and 719 testicles), from the Pelagic Fishery Monitoring System during 2006, 2008, 2009 2012 and the Pelagic Research Survey of 2006, 2009 and 2012. This maturity scale identifies six stages of maturity for females and males which are: 0 (virgin), I (resting), II (maturing) III (mature), IV (spawning/expulsion), V (recovery/post expulsion).

KEYWORDS: Stages of maturity, histology, oocytes, spermatoцитes

1. INTRODUCCIÓN

La anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) es la especie pelágica de mayor importancia en la economía del Perú, cuyos niveles de biomasa son fluctuantes debido al comportamiento oscilatorio del reclutamiento, por lo que resulta fundamental restablecer la población a niveles más altos de reproductores que supriman o minimicen los riesgos de generar un colapso en esta pesquería (JORDÁN et al. 1978). Diferentes aspectos de su reproducción tales como su ciclo reproductivo y la variación del desove han sido ampliamente estudiados en su ambiente natural (JORDÁN 1959, JORDÁN y CHIRINOS DE VILDOSO 1965, EINARSSON et al. 1966, OCHOA 1966, SCHAEFER 1967, MIÑANO 1968, LAM 1968, CHIRINOS DE VILDOSO y ALEGRE 1969, JORDÁN 1974, SANTANDER y FLORES 1983, PEREA y BUITRÓN 1996, BUITRÓN y PEREA 2003, MORI et al. 2011, PEREA et al. 2011) y en cautiverio (ESPINOZA et al. 2009, ESPINOZA et al. 2010, CATCOPARCO et al. 2010). Los estudios se efectuaron en base a diferentes

metodologías, tanto directas (análisis microscópico de ovarios, catalogación de gónadas basada en características macroscópicas) como indirectas (índice gonadosomático). Por muchos años se ha utilizado una escala de madurez para *E. ringens* basada en características macroscópicas (EINARSSON et al. 1966).

En el 2001 se acordó, durante una plenaria de especialistas en reproducción de peces en Bergen - Noruega, que toda escala de madurez debe ser fácil de usar y presentar un mínimo sesgo en sus resultados, para lo que se recomienda validarla histológicamente (KJESBU et al. 2003).

Se presenta una escala de madurez gonadal, basada en características macroscópicas validadas mediante cortes histológicos, determinándose seis estadios de madurez gonadal para ambos sexos, los cuales reducirán el sesgo y la incertidumbre en la determinación del estadio de madurez del individuo.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras fueron obtenidas en los muestreos biológicos realizados como parte del seguimiento de la pesquería pelágica del 2006, 2008, 2009 y 2012, en los cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos del 2006, 2009 y 2012 y en el crucero de Evaluación de Biomasa Desovante de anchoveta 2008. Se analizaron en total 1970 gónadas de anchoveta

peruana, de las cuales 1251 fueron ovarios y 719 testículos (Tabla 1).

Para la descripción de cada estadio de madurez gonadal, se utilizó como base la escala para anchoveta peruana de EINARSSON et al. (1966) y la descripción microscópica en base a la descripción del desarrollo ovocitario para la anchoveta de California *Engraulis mordax*, realizada por HUNTER y MACEWICZ (1980) y la realizada para la propia anchoveta peruana (BUITRÓN et al. 1997).

Tabla 1.- Procedencia de las muestras de gónadas de hembras y machos de *Engraulis ringens*, para la determinación de la escala de madurez gonadal. Donde: H: Hembras; M: Machos

Procedencia	Sexo	Rango de talla (cm) LT	N° muestras	Procedencia	Sexo	Rango de talla (cm) LT	N° muestras
Seguimiento 2006	H	10,5 – 17,5	119	Crucero 0608-09	H	11,5 – 15,0	25
Seguimiento 2006	M	10,5 – 17,0	40	Crucero 0608-09	M	10,05 – 15,5	23
Seguimiento 2008	H	11,0 – 17,5	256	Crucero 0611-12	H	12,0 – 17,5	242
Seguimiento 2008	M	10,5 – 17,0	93	Crucero 0611-12	M	11,5 – 17,0	49
Seguimiento 2009	H	11,0 – 17,5	171	Crucero 0902-04	H	10,5 – 17,5	39
Seguimiento 2009	M	10,5 – 17,0	63	Crucero 0902-04	M	10,0 – 17,0	112
Seguimiento 2012	H	10,0 – 17,5	135	Crucero 1202-04	H	10,5 – 17,0	57
Seguimiento 2012	M	10,5 – 17,5	78	Crucero 1202-04	M	10,0 – 17,0	221
Crucero 0602-04	H	11,5 – 17,0	207				
Crucero 0602-04	M	10,0 – 17,0	40				
TOTAL							1970

3. RESULTADOS

HEMBRAS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: La gónada es muy delgada y transparente, de color blanco a amarillo pálido. No se observa vascularización externa desarrollada ni ovocitos (Fig. 1-A).

Características microscópicas: La pared del ovario es delgada. El ovario está conformado por células germinativas jóvenes menores a 0,04 mm, que aparecen agrupadas formando nidos distribuidos en las lamelas. Su citoplasma constituye una pequeña banda en torno al núcleo, que es redondeado y basófilo. Normalmente, existe un nucléolo de posición central que presenta gran afinidad con la hematoxilina. Se observan tanto las ovogonias como ovocitos inmaduros (OI) y pre-vitelogenados (OPV) (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Ovarios translúcidos con tonalidad rojiza. Pared del ovario gruesa al tacto.

Puede observarse un leve desarrollo vascular externo. Aspecto no turgente o medianamente turgente (Fig. 1-C).

Características microscópicas: La pared del ovario es gruesa. El estroma ovárico está conformado por células germinativas jóvenes en menor cantidad que en los ovarios virginales, que aparecen agrupadas formando nidos distribuidos en las lamelas. Además, los ovocitos inmaduros miden entre 0,04 y 0,15 mm y se caracterizan por tener citoplasma bien definido y ligeramente menos basófilo que la etapa anterior. El núcleo presenta varios nucléolos situados en la periferia. Las células son redondeadas, pero al estar presionadas unas contra otras, aparecen de forma poliédrica. Los ovocitos en esta fase de desarrollo son llamados de “stock de reserva”. También pueden observarse ovocitos pre-vitelogenados, los cuales se caracterizan por presentar pequeñas vacuolas en la periferia de las células que contienen lípidos, los nucléolos están localizados en la periferia del núcleo. En esta etapa las células no se observan ordenadas en el parénquima ovárico. Frecuentemente se observan algunos vasos sanguíneos definidos y en algunas ocasiones ovocitos inmaduros atrésicos (Fig. 1-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Gónadas de mediana turgencia. Se pueden observar ovocitos a simple vista. Coloración anaranjada rojiza pudiendo presentar algunas zonas cristalinas debido al grado de madurez. Puede observarse desarrollo vascular (Fig. 1-E).

Características microscópicas: Presencia de ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados y vitelogenados, que tienen por característica iniciar la vitelogenénesis exógena y acumular sustancias de reserva que constituyen el vitelo. La afinidad cromática de su citoplasma disminuye debido a la incorporación de gránulos de vitelo que tienen afinidad acidófila, los cuales van aumentando en número y tamaño en el interior del ovocito (Fig. 1-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Ovarios de mayor tamaño, con marcada turgencia. Se observa claramente la vascularización debido al aumento de la irrigación sanguínea. Su color varía desde anaranjado pálido hasta anaranjado rojizo. Cuando están en la etapa de migración nuclear son fácilmente reconocibles por su gran tamaño (Fig. 2-G).

Características microscópicas: En este estadio los ovarios presentan ovocitos inmaduros, previtelogenados, vitelogenados y maduros, los cuales se caracterizan por ser ovocitos de mayor tamaño que los anteriores (desde 0,45 hasta 0,8 mm), debido a que la vitelogenénesis se ha completado, caracterizándose por el gran número de gránulos de vitelo que llena el citoplasma y que es altamente acidófilo (Fig. 2-H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Se observan dos momentos característicos en este estadio. Los ovarios con presencia de ovocitos hidratados, que son muy fáciles de reconocer debido a su mayor tamaño y condición hialina; y los ovarios en condición desovante propiamente dicha, que son aquellos que han desovado recientemente y se distinguen por su aspecto sanguinolento y flácido (Fig. 2-I).

Características microscópicas: En este estadio se pueden observar ovocitos inmaduros, previtelogenados, vitelogenados, maduros y dependiendo del momento en que se encuentren con respecto al desove, se pueden observar ovocitos hidratados (si están a punto de desovar), ovocitos hidratados y folículos post-ovulatorios (si están desovando) y folículos post-ovulatorios del día 0 ó 1 (si han desovado recientemente) (Fig. 2-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: La característica ovocitaria de este tipo de ovarios es la presencia mayoritaria ($\geq 50\%$) de ovocitos atrésicos en el ovario; que indica que estos individuos ya no realizarán otra tanda de desove, sino por el contrario, empezaron el proceso degenerativo de los ovocitos vitelogenados que terminará con la reabsorción de éstos. Son gónadas de aspecto sanguinolento y de coloración rojo vino. En algunos casos, puede observarse la presencia de algunos ovocitos atrésicos a manera de puntos amarillos muy pequeños. Estos ovarios pueden estar acompañados de un aspecto flácido o muy poco turgente (Fig. 2-K).

Características microscópicas: Este estadio se caracteriza por presentar ovocitos inmaduros, puede tener restos de folículos post-ovulatorios y gran presencia de ovocitos atrésicos ($\geq 50\%$ en el estroma ovárico). La atresia puede presentarse en ovocitos con vitelo o sin vitelo y en diferentes etapas (α , β , γ y δ) de acuerdo al grado de reabsorción (Fig. 2-L).

MACHOS**VIRGINAL (ESTADIO 0)**

Características macroscópicas: Testículos translúcidos de tamaño reducido. Coloración rosada y poca vascularización (Fig. 3-A).

Características microscópicas: En una etapa inicial se observan espermatogonias agrupadas, reconocidas por su gran tamaño y coloración eosinófila. Cuando existe la transición entre este estadio y el estadio I, se observan espermatocitos adyacentes a las espermatogonias, reconocidos por su coloración basófila y menor tamaño (Fig. 3-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Los testículos se caracterizan por ser poco turgentes y presentar tonalidades opacas de rojo. Pueden presentar secciones sanguinolentas producto de una expulsión anterior (Fig. 3-C).

Características microscópicas: Reconocidos por la presencia de tejido conectivo y espermatogonias seguidas de restos de espermatocitos. Dependiendo de la etapa en la que se encuentren, pueden presentar restos de espermatozoides. Tubo colector se encuentra vacío (Fig. 3-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Testículos medianamente turgentes de color rosado blanquecino, apariencia homogénea y leve vascularización (Fig. 3-E).

Características microscópicas: La histoarquitectura es más ordenada, presentando espermatogonias seguidas de espermatoцитos, sin llenar por completo los túbulos seminíferos. Pueden presentar espermatozoides en reducidas cantidades, tanto en los tubos seminíferos como en el tubo colector (Fig. 3-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Testículos con marcada turgencia. Los bordes de los lóbulos testiculares se tornan más gruesos. Coloración blanco humo a blanco lechoso, con vascularización desarrollada (Fig. 4-G).

Características microscópicas: Se observan túbulos seminíferos completamente llenos de espermatoцитos, por lo que el corte histológico es totalmente basófilo. Además, se visualiza abundante cantidad de espermatozoides adyacentes a los espermatoцитos, reconocidos como líneas eosinófilas de apariencia transparente (Fig. 4-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Según la etapa de madurez en la que se encuentren los testículos pueden caracterizarse de diferente forma. Al encontrarse en el nivel máximo de expulsión, pueden ser muy turgentes de color blanco lechoso, cuyo líquido espermático fluye fácilmente al ejercer una leve presión. En una etapa avanzada, la turgencia disminuye y la coloración es blanquecina con algunas zonas rosadas o rojizas, presentando leve flacidez (Fig. 4-I).

Características microscópicas: Se diferencia del estadio III por las zonas vacías dentro de los túbulos seminíferos, producto de la expulsión. Se puede observar espermatogonias en menor cantidad, seguidas de espermatoцитos, espermátides y espermatozoides. En el tubo colector se puede observar espermatozoides (Fig. 4-J).

POST EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Testículos caracterizados por su reducida turgencia y marcada flacidez. Coloración rojiza con zonas sanguinolentas (Fig. 4-K).

Características microscópicas: Se aprecian zonas vacías dentro de los túbulos seminíferos, los cuales muestran un diámetro reducido, a diferencia del estadio IV. Existe una mayor cantidad de espermatogonias, seguidas de una reducida cantidad de espermatoцитos y restos de espermatozoides (Fig. 4-L).

4. DISCUSIÓN

La pesquería de anchoveta peruana se inició en los años cincuenta y las investigaciones sobre la biología de este recurso pocos años después. Para realizar la asignación de estadios de madurez gonadal, que es el primer paso cuando se inicia estudios sobre reproducción de un recurso, EINARSSON et al. (1966) elaboraron una escala de madurez gonadal empírica que consta de seis estadios, al igual que en esta publicación, pero cuyo contenido y criterios de catalogación son diferentes. La escala de madurez gonadal de anchoveta, que es presentada aquí, tiene un número mayor de etapas que la escala "universal" que tiene cuatro estadios (BROMLEY 2003) y es diferente a otra escala "universal" propuesta que tiene 6 estadios para hembras y 4 para machos, que no considera el estadio recuperación (NUÑEZ y DUPONCHELLE 2009). La escala de EINARSSON et al. (1966) se basa en una caracterización macroscópica de las gónadas de anchoveta, considerando coloración, turgencia, vasos sanguíneos y tamaño de la gónada, recalando que existía dificultad para distinguir los estadios II (madurante inicial) y VI (recuperación), por sus características externas, sesgo que ha sido reportado en otras publicaciones (BROMLEY 2003) y que se pretende minimizar con la nueva escala validada presentada en este trabajo.

El estadio 0 (virginal) tanto para machos y hembras es llamado así, debido a que los individuos presentan este estadio solo una vez en todo su ciclo de vida, siendo el estadio I (reposo) el inicio de un nuevo ciclo reproductivo para los individuos que ya se reprodujeron en algún momento de su vida. Algunos autores han reportado dificultad para discernir entre ambos estadios (MORGAN y TRIPPEL 1996, SABORIDO-REY y JUNQUERA 1998, DOMÍNGUEZ-PETIT 2007), mencionando que en ambos estadios los ovocitos no son visibles y que estos se pueden diferenciar solamente con el uso de técnicas histológicas (FERRERI et al. 2009) y en otros casos han agrupado ambos estadios en uno solo (ALFONSO-DIAS et al. 2007). En este trabajo se propone la diferencia basada en la coloración más rosada o rojiza, el mayor grado de vascularización en las gónadas en reposo, así como una pérdida en la turgencia. Un error en la catalogación de estos estadios, es crucial para una correcta estimación de la talla de primera madurez y, por ende, a la separación de la población juvenil de la adulta. El estadio IV (desovante) incluye tanto a los ovarios que presentan gran cantidad de ovocitos hidratados, como a los que presentan folículos post-ovulatorios (HUNTER y MACEWICZ 1980). Es importante considerar aquí que el estadio IV (hidratado) al ser una etapa efímera (seis horas en promedio), no debe ser considerada en el cálculo del índice gonadosomático (IGS), ya que eleva el valor promedio, sobreestimando el valor de la actividad reproductiva (MORI 2006).

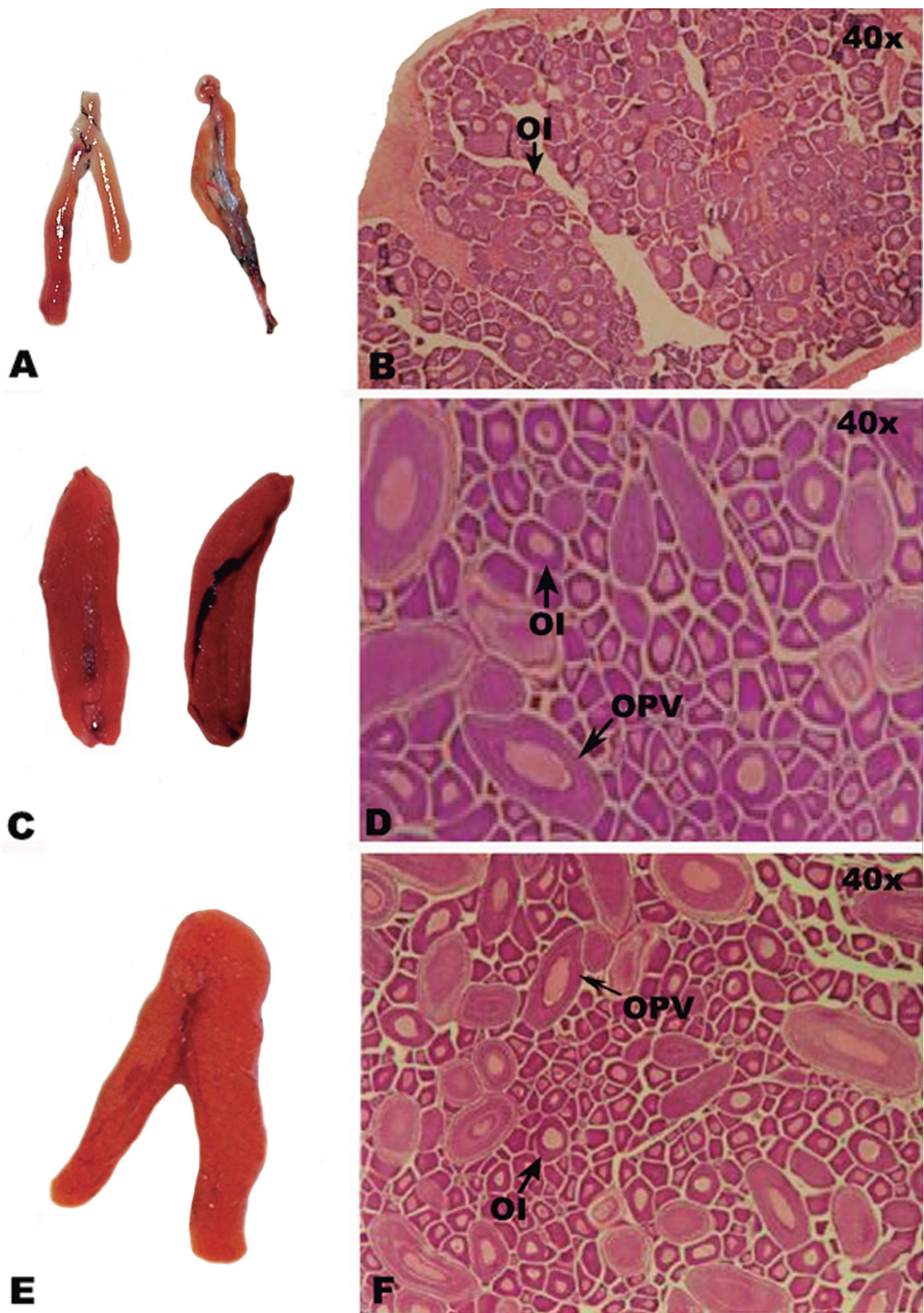


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Engraulis ringens*.

A - B: Virginal; C - D: Reposo; E - F: En maduración.

OI: Ovocitos inmaduros, OPV: Ovocitos pre vitelogenados

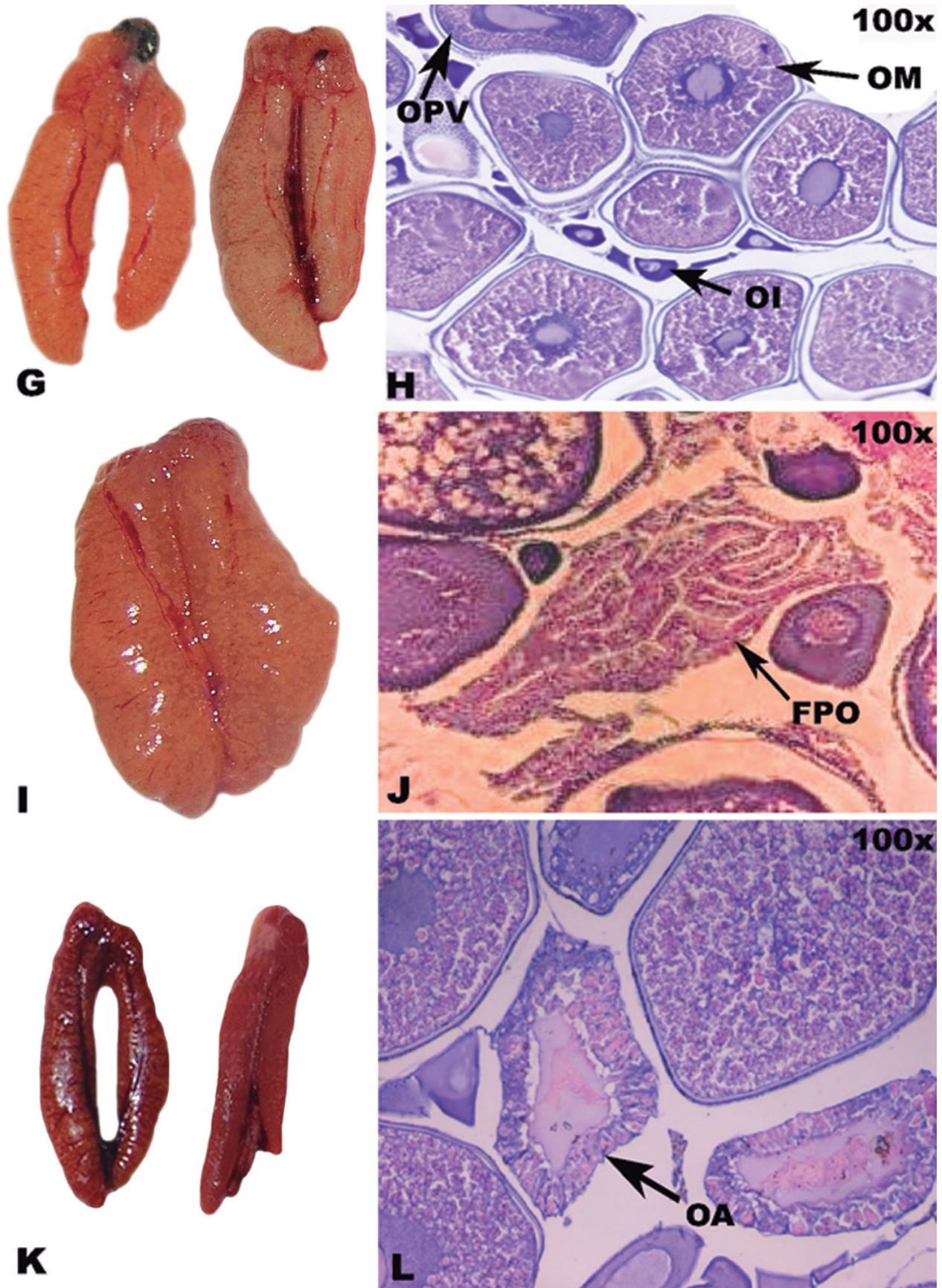


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Engraulis ringens*.

G – H: Maduro; I – J: Desovante; K - L: Recuperación.

OI: Ovocito inmaduro, OPV: ovocito pre vitelogenado, OM: ovocito maduro, FPO: Folículo post ovulatorio, OA: Ovocito atrésico

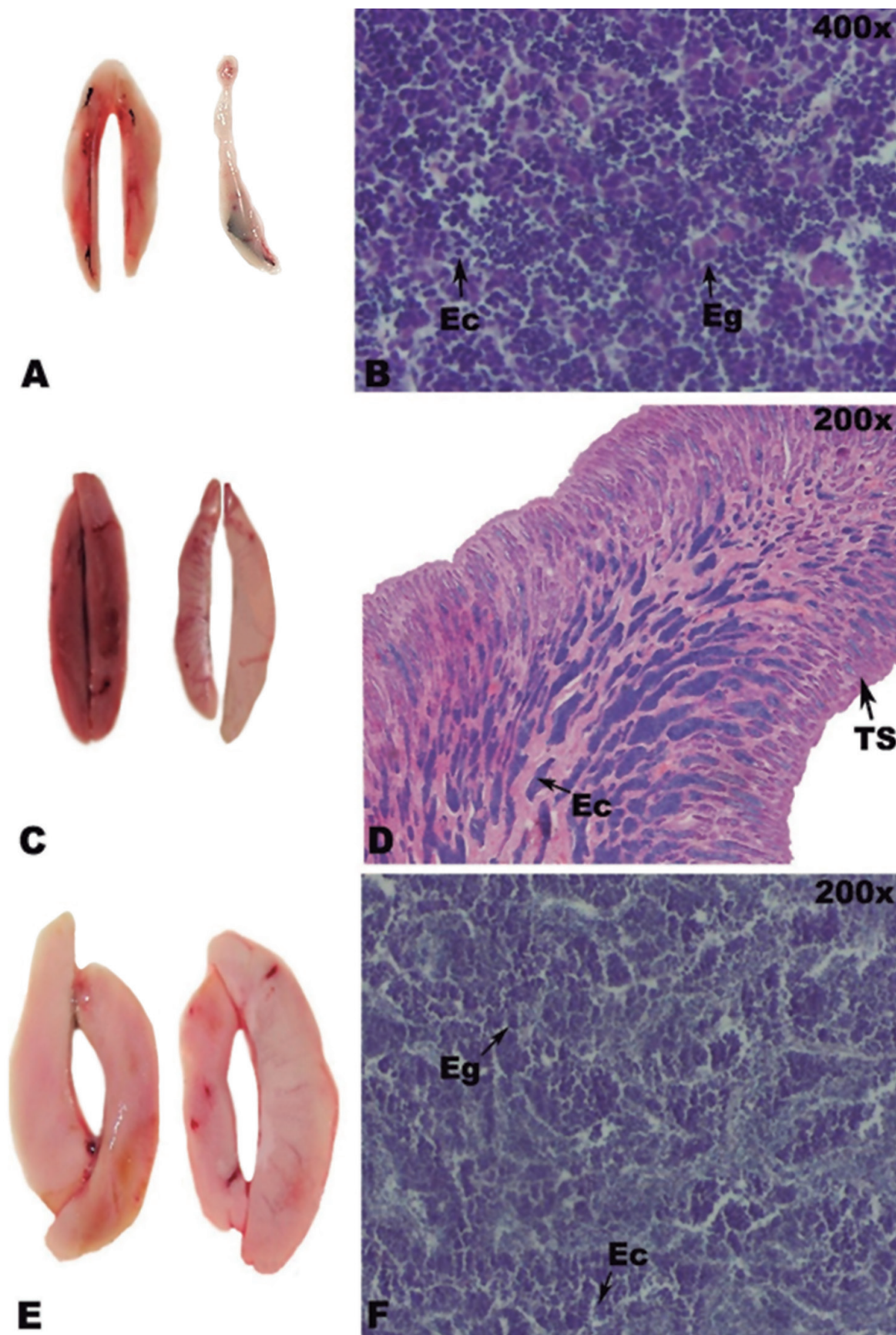


Figura 3.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Engraulis ringens*.

A – B: Virginal; C – D: Reposo; E - F: En maduración.

Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, TS: Tubos seminíferos

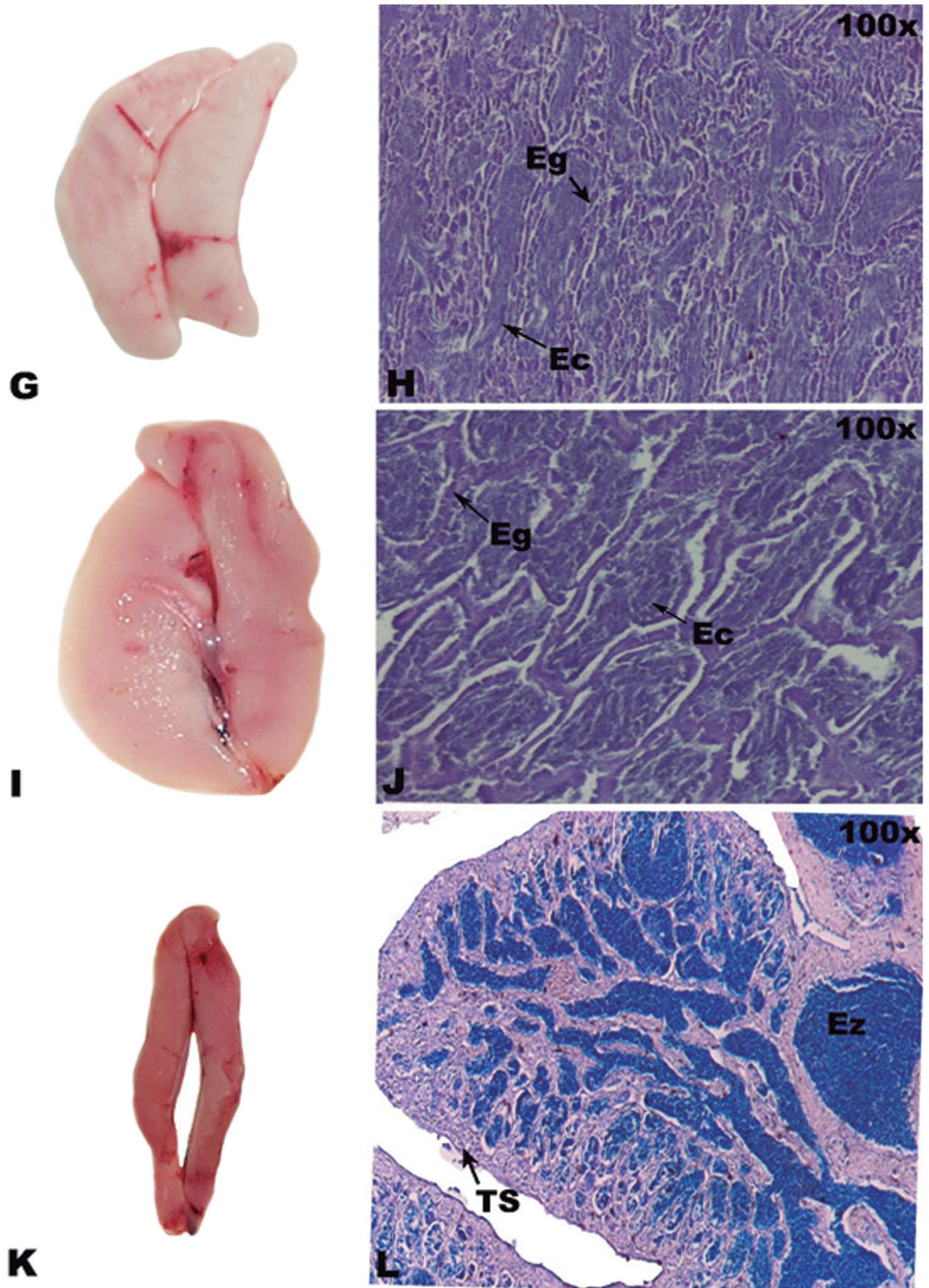


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Engraulis ringens*.

G – H: Maduro; I – J: Expulsante; K - L: Post-expulsante.

Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, Ez: espermatozoides, TS: Túbulo colector

Uno de los aportes de la nueva escala validada es la corrección de la sobreestimación del estadio desovante (estadio V en la escala de EINARSSON et al. 1966, estadio IV en esta escala validada) originada por la idea de que un ovario muy turgente, de color anaranjado, de gran tamaño se encontraba desovando. Este error ha sido ponderado, de alguna manera, por los análisis histológicos de gónadas. La tarea a partir de ahora será desarrollar algoritmos que permitan la transformación de los estadios de la escala anterior a la actual con el uso de información complementaria tal como las tallas de los peces, los pesos de las gónadas e índice gonadosomático con el objetivo de corregir la información histórica y recuperar esta valiosa información.

La importancia de la catalogación de las gónadas de anchoveta radica en la implicancia de la estimación de su estado reproductivo en el manejo pesquero: determinación de vedas reproductivas, estimación de biomasa desovante, fecundidad, tallas mínimas de captura. Cabe mencionar que en otros países se han validado escalas de madurez de peces las que han sido utilizadas para el cálculo de la fracción desovante (BROMLEY y CASEY 2003). Además, el conocimiento preciso del estado reproductivo permitirá responder preguntas acerca de las variaciones de sus características reproductivas en relación a las variables oceanográficas y confirmar la capacidad de recuperación de este recurso, el cual aprovecha las mínimas oportunidades que el ambiente le brinda para su reproducción (BOUCHON et al. 2010).

5. REFERENCIAS

- ALFONSO-DIAS I, AMORIM P, SILVA A. 2007. Problems with assigning the ovaries of sardine *Sardina pilchardus* to the appropriate macroscopic maturity stage. JMBA2 Biodiversity Records.1: 1-7.
- BOUCHON M, AYÓN P, MORI J, PEÑA C, ESPINOZA P, HUTCHINGS L, BUITRÓN B, PEREA A, GOICOHEA C, MESSIE M. 2010. Biología de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns). Bol Inst Mar Perú 25(1-2): 23-30.
- BROMLEY PJ. 2003. Progress towards a common gonad grading key for estimating the maturity of North Sea plaice. En: Report of the working group on Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold- water fish and squids. 12:19-24.
- BROMLEY PJ, CASEY J. 2003. An attempt to ascertain the spawning fraction of female North Sea whiting based on visual staging of maturity. En: Report of the working group on Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold- water fish and squids. 12:25-28.
- BUITRÓN B, PEREA A, PELLEGRINO A. 1997. Estado reproductivo de la anchoveta peruana *Engraulis ringens* durante los veranos 1996 y 1997. Inf. Inst. Mar Perú. 127: 72-81.
- BUITRÓN B y PEREA A. 2003. Reproduction studies of Peruvian anchovy and hake – The 1997-1998 El Niño event. En: 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. Fisker og Havet 12: 29-30.
- CATCOPARCO C, DUPRÉ E, ESPINOZA C. 2010. Criopreservación de espermatozoides de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). Revista de Biología Marina y Oceanografía. 45(1): 121-126.
- CHIRINOS DE VILDOSO y ALEGRE DE HARO B. 1969. La madurez sexual de la anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en los periodos reproductivos 1961-1968. Bol. Inst. Mar Perú 2(3): 112-125.
- DOMÍNGUEZ-PETIT R. 2007. Study of reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician Shelf. Doctoral thesis. University of Vigo, Vigo, Spain. 253 pp.
- 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.
- ESPINOZA C, PEREA A, BUITRÓN B, CISNEROS P, CATCOPARCO C, ALBERRO A, VIZZIANO D. 2009. Inducción del desove y espermiación de anchoveta peruana *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) en cautiverio mediante la inyección de un análogo de GnRH. Lat Am J Aquat Res. 38(2): 234-241.
- ESPINOZA C, VERA V, PEREA A, BUITRÓN B, ROJAS P, KJESBU O. 2010. Efecto de la ración alimenticia sobre la maduración gonadal y acumulación de grasa de anchoveta peruana (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842) en cautiverio. Lat Am J Aquat Res. 37(2): 181-190.
- FERRERI R, BASILONE G, D'ELIA M, TRAINA A, SABORIDO F, MAZZOLA S. 2009. Validation of macroscopic maturity stages according to microscopic histological examination for European anchovy. Marine Ecology. 30: 181-187.
- HUNTER JR, MACEWICZ BJ. 1980. Sexual maturity, batch fecundity, spawning frequency and temporal pattern of spawning for the northern anchovy, *Engraulis mordax*, during the 1979 spawning season. CalCOFI Rep. 21: 139-149.
- JORDÁN R. 1959. Observaciones sobre la biología de la anchoveta (*Engraulis ringens*) de la zona pesquera de Huacho. Bol. de la Cia. Administradora del Guano. 35: 3-27.
- JORDAN R, CHIRINOS DE VILDOSO A. 1965. La anchoveta (*Engraulis ringens* J.). Conocimiento actual sobre su biología ecología y pesquería. Inf. Inst. Mar Perú. 6: 3-52.
- JORDÁN R. 1974. Biología de la anchoveta. En: Actas de la Reunión de Trabajo sobre el Fenómeno conocido como El Niño. Guayaquil, Ecuador. FAO Inf. Pesca. 185: 359-379.
- JORDÁN R, CSIRKE J, TSUKAYAMA I. 1978. Situación de los recursos anchoveta, sardina, jurel y caballa a junio 1978. Inf. Inst. Mar Perú. 56: 1-35.
- 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. Fisker og Havet 12: 7-9.
- LAM R. 1968. Estudio sobre la variación del contenido de grasa en la anchoveta peruana (*Engraulis ringens* J.). Inf. Inst. Mar Perú. 24: 2-29.

- MIÑANO J. 1968. Estudio de la fecundidad y ciclo sexual de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en la zona de Chimbote. Bol. Inst. Mar Perú 1(9): 508-533.
- MORGAN MJ, TRIPPEL EA. 1996. Skewed sex ratios in spawning shoals off Atlantic cod (*Gadus morhua*). ICES Journal of Marine Science. 53: 820-826.
- MORI J. 2006. Parámetros aplicados a los muestreos biométricos y biológicos en el seguimiento reproductivo de las especies pelágicas (anchoveta, samasa y sardina). Informe Interno IMARPE. 10 pp.
- MORI J, BUITRÓN B, PEREA A, PEÑA C, ESPINOZA C. 2011. Variabilidad anual en la estrategia reproductiva en la anchoveta peruana en la región norte-centro del litoral del Perú. Ciencias Marinas 37(4B): 513-525.
- NUÑEZ J, DUPONCHELLE F. 2009. Towards a universal scale to assess sexual maturation and related life history traits in oviparous teleost fishes. Fish Physiol Biochem. 35: 167-180.
- OCHOA N. 1966. Desove de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el área marítima del Callao. En: Memoria del primer Seminario Latinoamericano sobre el Océano Pacífico Oriental. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. 135-139.
- PEREA A, BUITRÓN B. 1996. Valores críticos en ovarios desovantes y en recuperación de anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) en las épocas de desove. Inf. Prog. Inst. Mar Perú. 44: 3-14.
- PEREA A, PEÑA C, OLIVEROS-RAMOS R, BUITRÓN B, MORI J. 2011. Producción potencial de huevos, reclutamiento y veda reproductiva de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*): Implicaciones en el manejo pesquero. Ciencias Marinas. 37(4B): 585-601.
- SABORIDO-REY F, JUNQUERA S. 1998. Histological assessment of variations in sexual maturity of cod (*Gadus morhua* L.) at the Flemish Cap (Northwest Atlantic). ICES Journal of Marine Science. 55: 515-521.
- SANTANDER H, FORES B. 1983. Los desoves y distribución larval de cuatro especies pelágicas y sus relaciones con las variaciones del ambiente marino frente al Perú. En: Sharp GD y J Csirke (eds.). Actas de las Consultas de Expertos para examinar los cambios de la abundancia y composición de especies de recursos de peces neríticos. San José, Costa Rica, 18-29 abril 1983. A preparatory meeting for the FAO World Conference on fisheries management and development. Reunión preparatoria para la Conferencia Mundial de la FAO sobre ordenación y desarrollo pesqueros. FAO Fish rep/FAO Inf. Pesca. 2913: 272-302.
- SCHAEFER M. 1967. Dinámica de la pesquería de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el Perú. Bol. Inst. Mar Perú. 5: 189-304.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE MERLUZA PERUANA

Merluccius gayi peruanus (GINSBURG, 1954)

GONADAL MATURITY SCALE OF SOUTH PACIFIC HAKE

Merluccius gayi peruanus (GINSBURG, 1954)

Angel Perea

Javier Sánchez

Betsy Buitrón

RESUMEN

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): 20-28.- Se determinó la escala de madurez gonadal macroscópica, validada microscópicamente del recurso merluza peruana *Merluccius gayi peruanus*. Para ello, se analizaron histológicamente gónadas de hembras y machos colectadas en los cruceros de Evaluación de Recursos Demersales, desde el otoño del 2002 hasta el verano del 2004. En base a las observaciones microscópicas de cada estadio de madurez gonadal, se establecen las características visuales más conspicuas que diferencian a cada uno de ellos, estableciéndose seis estadios tanto para hembras como para machos: 0 (virginal), I (reposo), II (en maduración), III (maduro), IV (desovante/expulsante), V (recuperación/ post expulsante). PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

PEREA A, SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2015. Gonadal maturity scale of South Pacific hake *Merluccius gayi peruanus* (Ginsburg, 1954). Bol. Inst Mar Perú. 30(1-2): 20-28.- A new maturity scale is determined macroscopic and microscopically for Peruvian hake *Merluccius gayi peruanus*. Gonads of females and males were analyzed after being collected on Demersal Trawl Surveys from autumn 2002 to summer 2004. Based on inherent features of each gonadal maturity stage, the microscopic characteristics were analyzed and the most conspicuous visual features were determined in each maturity stage, establishing six maturity stages for both females and males: 0 (virgin), I (resting), II (maturing), III (mature), IV (spawning/expulsion), V (recovery/post expulsion).

KEYWORDS: Maturity stages, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

La reproducción es un proceso que conlleva una serie de cambios somáticos y fisiológicos, los que se manifiestan, entre otros aspectos, por el desarrollo de las gónadas y tiene su momento culminante cuando se produce el desove por medio del cual, las gónadas liberan los productos sexuales. El conocimiento de los cambios que ocurren en las gónadas a través del tiempo, es de importancia porque permite conocer la biología reproductiva de una especie, aspecto fundamental en el proceso de evaluación de una población; para lo cual como una medida práctica se utilizan las escalas macroscópicas de madurez gonadal. En este sentido, en el Perú, la determinación del ciclo reproductivo de los peces se realiza haciendo uso de la escala de JOHANSEN (1919), originalmente hecha para el pez europeo "arenque", y que en la actualidad es aplicada a las demás especies peruanas ya sean pelágicas, costeras o demersales como es el caso de la merluza.

En la fase inicial de las investigaciones, el uso de estas escalas fueron de gran ayuda, sin embargo, debido a la demanda de información actualizada y precisa de los principales parámetros reproductivos necesarios para

el manejo pesquero, en este trabajo se presenta la escala de madurez macroscópica validada con estudios histológicos, para lo cual fue necesario conocer el desarrollo ovocitario de la merluza (PEREA et al. 1998), base fundamental para describir y clasificar los distintos estadios de madurez gonadal. Sobre esta base y luego de varios cruceros de Evaluación de Recursos Demersales, estos estadios de madurez gonadal han sido descritos y validados microscópicamente para ambos sexos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se colectaron gónadas de merluza en los cruceros de evaluación de recursos demersales desde el otoño del 2002 (0205-06) hasta el verano del 2004. En el caso de las hembras, los ovarios en su mayoría provenientes de los cruceros fueron procesados utilizando la técnica de congelación mediante un criostato portátil CM110 marca Leica. Para el desarrollo ovocitario se utilizó el trabajo de PEREA et al. (1998). Con las características microscópicas inherentes a cada estadio de madurez gonadal, se elaboró la contraparte macroscópica, identificándose las características visuales más conspicuas que pudiesen diferenciar a cada estado de madurez; de igual manera, se analizaron 100 testículos de la especie.

3. RESULTADOS

La validación no es otra cosa que la búsqueda de características visuales diferenciables una vez conocido el verdadero estado de madurez mediante análisis histológicos. Para el caso de los machos la secuencia es similar al de hembras, con la diferencia que el desarrollo espermatogénico constituye la base para estas validaciones.

La escala de madurez consta de 6 estadios (incluyendo a los individuos virginales) (Tabla 1). En el caso de los machos la dinámica de maduración y expulsión es similar siendo los espermatogonios, espermatocitos (I y II) y espermatozoides los que de acuerdo al grado de llenura de los túbulos y túbulo colector común, tipifican a cada estado de madurez.

Tabla 1.- Cuadro comparativo de la escala empírica (JOHANSEN 1919) de *M. gayi peruanus* con la escala macroscópica validada

JOHANSEN 1919	ESCALA VALIDADA
I y II	0 inmaduro
III	I reposo
IV	II en madurez
V	III maduro
VI y VII	IV desovante/expulsante
VIII	V recuperación

HEMBRAS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Los ovarios son de aspecto homogéneo y transparente, pared del ovario muy delgada, con poco o ningún desarrollo vascular externo (Fig. 1-A).

Características microscópicas: Este estadio corresponde a individuos que nunca han madurado. Se caracteriza por presentar ovarios con ovocitos inmaduros (OI) u ovocitos inmaduros y pre-vitelogenados (OPV), las lamelas poco desarrolladas y delgadas (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Los ovarios al igual que los individuos con estadio (0) son de aspecto homogéneo y transparente, pero poseen la pared del ovario engrosada, que se visualiza al efectuar un corte transversal. Poseen coloración amarillenta o ligeramente rojiza, con vascularización externa medianamente desarrollada, observándose el principal vaso sanguíneo (Fig. 1-C).

Características microscópicas: Microscópicamente, este estadio de madurez es similar al estadio virginal (0), es decir, posee ovocitos inmaduros (OI) y previtelogenados (OPV). Sin embargo, internamente es posible distinguir lamelas desarrolladas y engrosadas, con distribución desordenada respecto a las lamelas de ovarios virginales, indicando haber madurado alguna vez en su vida (Fig. 1-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Ovarios de mediana turgencia. Los ovocitos son visibles al hacer un corte transversal a la gónada. Ovario de color ligeramente amarillo. A diferencia del estadio V (en recuperación), los ovarios no son flácidos por estar en crecimiento propio de la madurez gonadal (Fig. 1-E).

Características microscópicas: En este estadio de madurez, se da inicio a la vitelogénesis, es decir, a la maduración y está caracterizada por la presencia de ovocitos vitelogenados (OV), los cuales dejan espacios intercelulares amplios diferenciándose de los ovocitos inmaduros (OI) y previtelogenados (OPV) (Fig. 1-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Este estadio se puede reconocer con mayor facilidad y presenta una amplia gama de variaciones cromáticas que van desde el amarillo pálido hasta el naranja. Este estadio se caracteriza por su mayor turgencia y gran desarrollo vascular, pudiendo encontrarse ovarios maduros con longitudes variables (grandes y pequeños) (Fig. 2-G).

Características microscópicas: El estadio III está caracterizado por la presencia del ovocito maduro (OM), registrando una vitelogenesis completa. Los gránulos de vitelo visibles en el citoplasma de los OM adquieren su mayor tamaño y son cromáticamente acidófilos. La presencia de los OM le da la característica de ovarios muy turgentes y de color anaranjado haciendo que el lumen ya no sea visible. Es posible registrar ovocitos maduros con núcleo migratorio (NM) que es el límite máximo de clasificación de este estadio (Fig. 2-H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Este estadio tiene dos fases claramente diferenciadas: la primera corresponde a los individuos que están en condición de hidratados; mientras la segunda, son los que han desovado recientemente (1 o 2 días). Los ovarios de aspecto hidratado registran la máxima turgencia, de coloración anaranjada y completamente translúcida.

Los ovocitos hidratados pueden ser observados a simple vista (Fig. 3). Para ello, se debe realizar un corte transversal del ovario al centro o cerca al poro genital. En la segunda fase, los ovarios presentan coloración rojo sanguinolenta y aspecto flácido. La sanguinolencia es homogénea en todo el ovario y no está localizada en una determinada zona (Fig. 2-I).



Figura 3.- Corte transversal de un ovario desovante (con ovocitos hidratados) de *Merluccius gayi peruanus*

Características microscópicas: Microscopicamente, está caracterizado por la presencia de ovocitos hidratados que le dan la apariencia de translucidez. En la segunda variante de este estadio, se visualizan folículos post-ovulatorios distribuidos en todo el ovario de manera homogénea. Los vasos sanguíneos son notorios debido a la expulsión, dejando grandes espacios entre los ovocitos remanentes (Fig. 2-J).

Los ovarios de la primera fase son de más fácil identificación, debido a que los ovocitos hidratados se diferencian a simple vista de los otros tipos de células, mostrando un ovario translúcido y turgente. Los ovarios de la segunda fase son un tanto más difíciles de identificar porque los folículos post-ovulatorios no son visibles a simple vista. Sin embargo, la sanguinolencia y flacidez de todo el ovario les permite ser clasificados como desovantes.

EN RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Este tipo de ovarios se identifica por el color característico que toman los ovocitos atrésicos, siendo de color anaranjado intenso, resaltando notoriamente del resto de los ovocitos. En ocasiones, también es posible que tomen color rojo con tonalidades vino o lacre, o que se visualicen los

ovocitos en forma de grumos. Estos ovarios pueden ser flácidos o poco turgentes (Fig. 2-K).

Características microscópicas: La principal característica es la predominancia de ovocitos atrésicos en el ovario (mayor al 50% en el campo de visualización); indicándonos que estos individuos ya no realizarán otra tanda de desove, sino por el contrario, empezaron un proceso degenerativo de los ovocitos vitelogenados. Los ovocitos atrésicos visibles pueden ser del tipo α ó β (Fig. 2-L), según el grado de reabsorción.

MACHOS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Al igual que en las hembras, este estadio corresponde a aquellos individuos que nunca han madurado. La identificación de este tipo de testículos es sumamente sencilla por ser delgados y pequeños. Su color es transparente o ligeramente rosado. No presenta ninguna región blanquecina en el testículo (Fig. 4-A).

Características microscópicas: El testículo presenta túbulos pequeños y en formación, con espermatogonios adosados a la periferia de cada túbulo, o túbulos sin células sexuales aún (Fig. 4-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Este estadio no registra zonas blanquecinas, sin embargo, puede tener tonalidades rosadas o ligeramente rojizas producto de la vascularización más desarrollada respecto al estadio 0. Los lóbulos testiculares no son turgentes (Fig. 4-C).

Características microscópicas: Desde el punto de vista histológico, este estadio es semejante al virginal, es decir los túbulos están rellenos con espermatogonios. Sin embargo, son más desarrollados que los del estadio 0 (Fig. 4-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Los testículos presentan zonas de aspecto blanquecino y otras transparentes o semitransparentes. Las zonas blanquecinas no son muy desarrolladas como lo son en los testículos post-expulsantes (Fig. 4-E).

Características microscópicas: Este estadio de madurez se caracteriza por tener zonas donde se ha iniciado el incremento de espermátides y espermatozoides llenando la luz de los túbulos de manera heterogénea y es posible que sean observados macroscópicamente (Fig. 4-F).

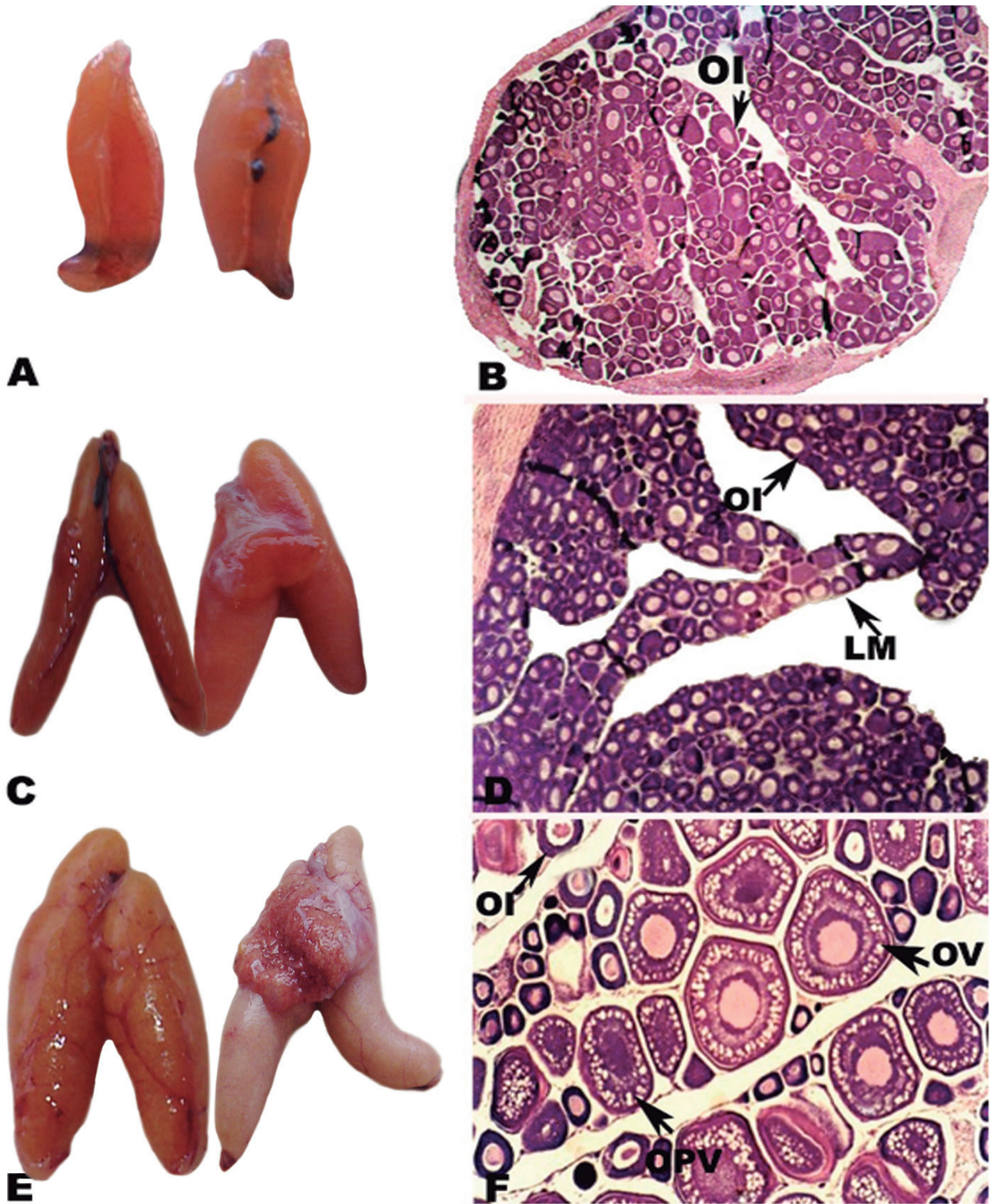


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Merluccius gayi* peruanus.

A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.

OI: Ovocitos inmaduros, OPV: Ovocitos pre vitelogenados, OV: Ovocito vitelogenado, LM: Lamela

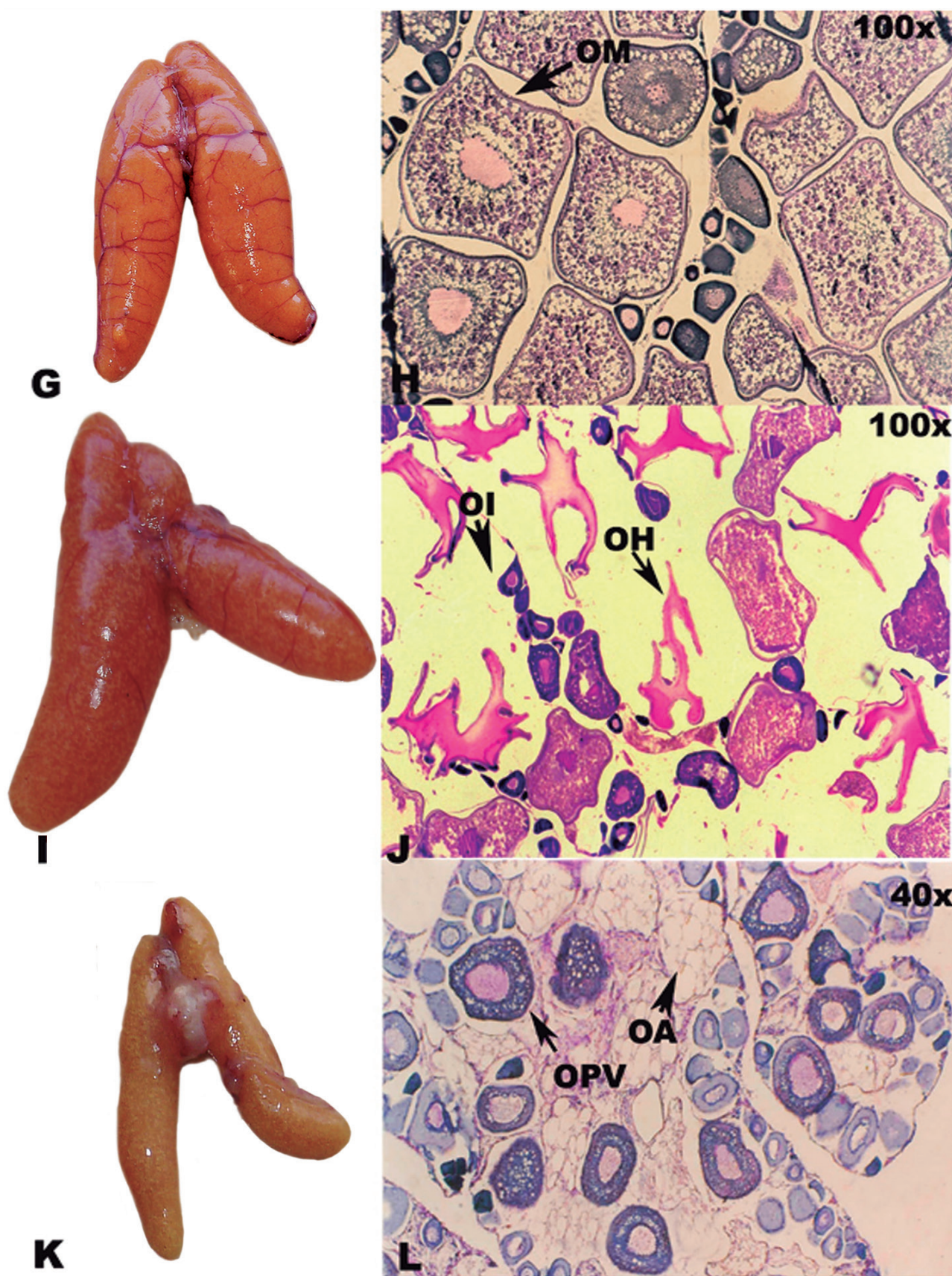


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Merluccius gayi peruanus*.

G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.

OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre vitelogenado, OM: ovocito maduro, OH: Ovocito hidratado, OA: Ovocito atrético

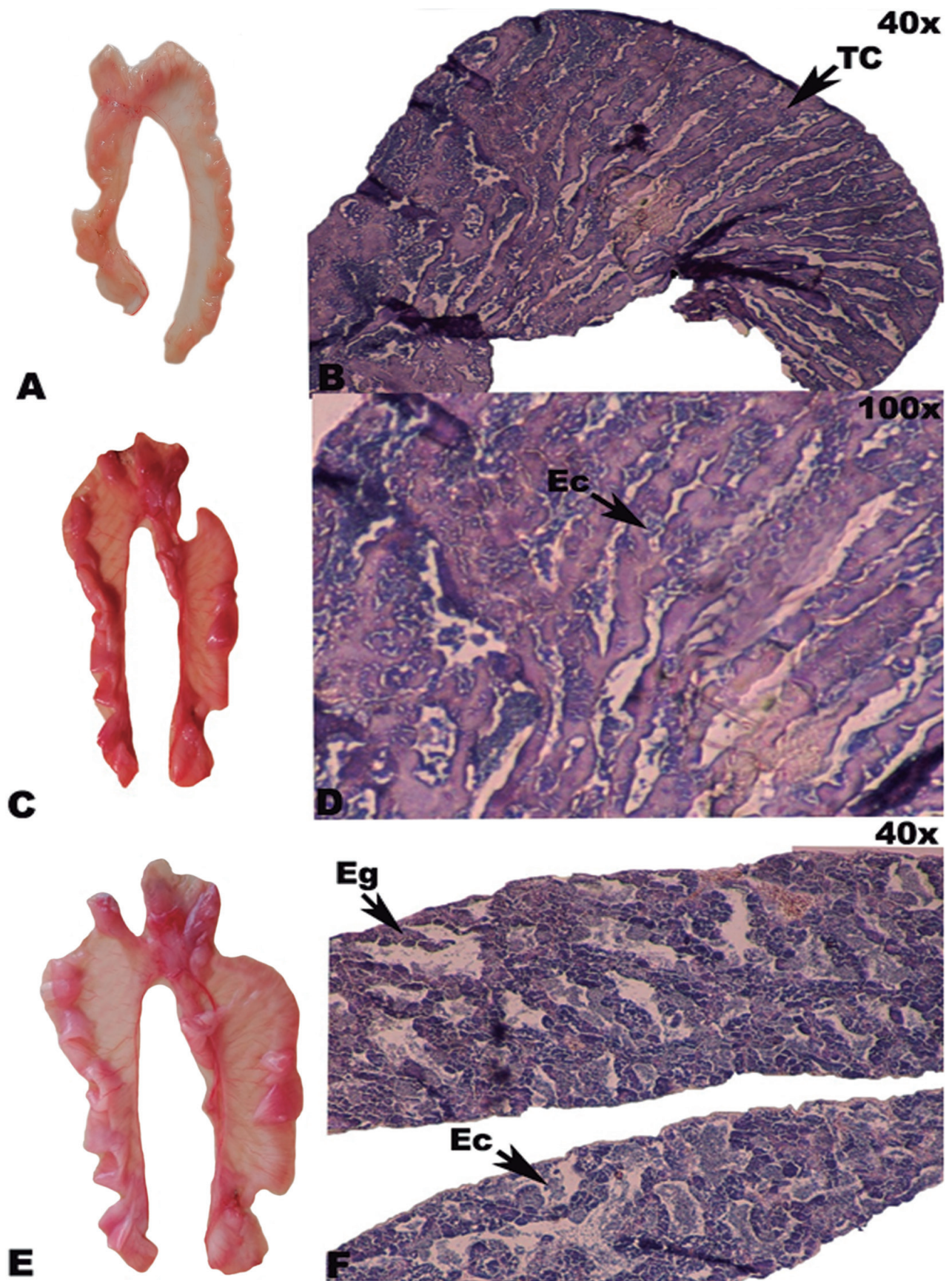


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Merluccius gayi peruanus*.

A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.

Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, TC: Tejido conectivo

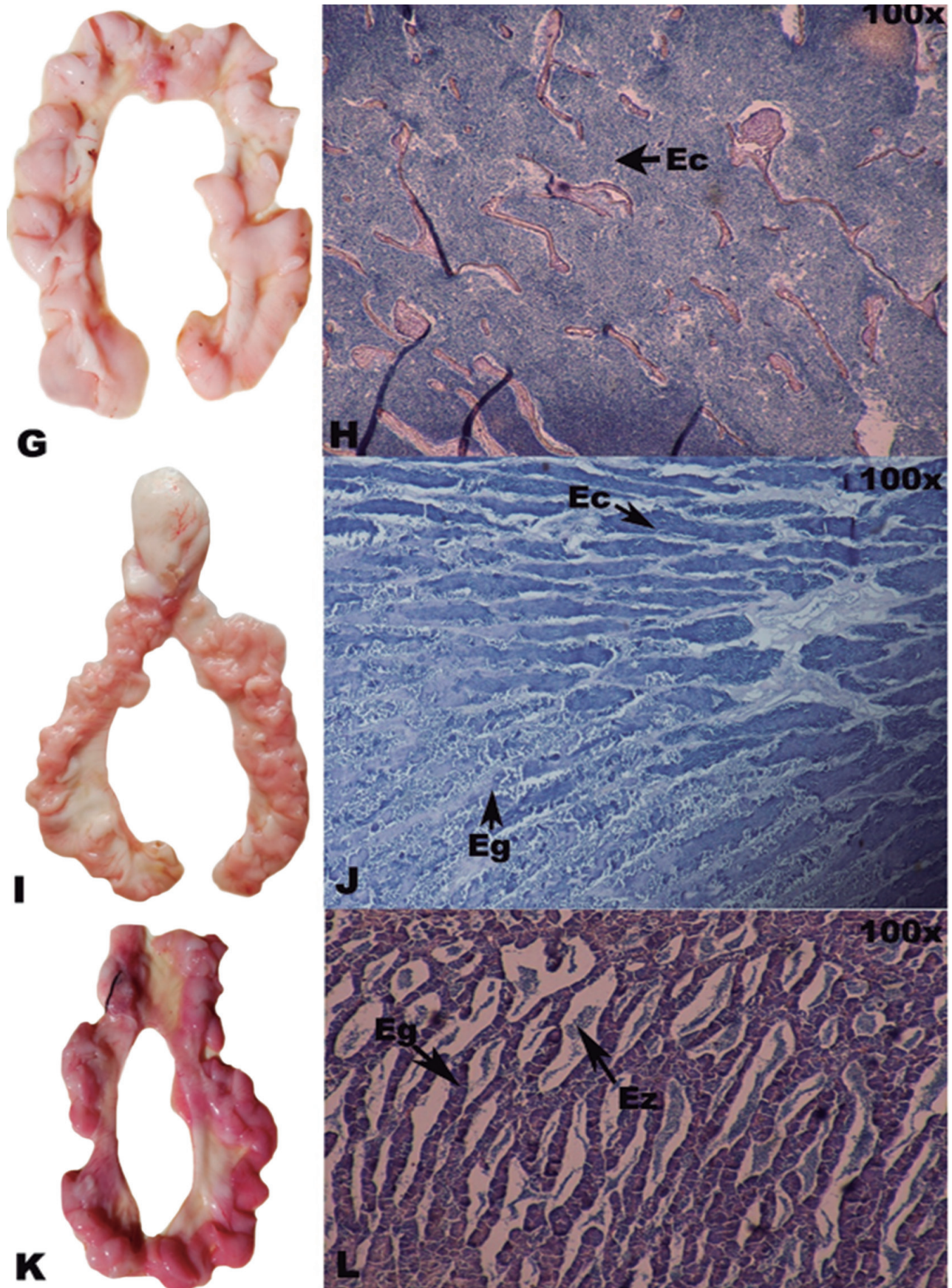


Figura 5.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Merluccius gayi peruanus*.

G-H: Maduro; I-J: Expulsante; K-L: Post-expulsante.

Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, Ez: espermatozoides

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Los testículos maduros son los de fácil identificación por su color blanco y homogéneo en todos los lóbulos, sin zonas traslúcidas o semi traslúcidas. Son de aspecto turgente debido al grado de llenura de los túbulos (Fig. 5-G).

Características microscópicas: Los túbulos están muy desarrollados y llenos de espermatozoides. Es posible que la zona de espermatogonios no sea posible ser observada por el grado de desarrollo de estos túbulos (Fig. 5-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: La identificación de este estadio puede hacerse externamente mediante una simple presión abdominal o testicular produciéndose la expulsión del líquido espermático. En ocasiones éste puede fluir sin el mayor esfuerzo. Sin embargo, se puede encontrar testículos en condición de reciente expulsión o finalizando la expulsión, en cuyo caso los testículos pueden tener regiones rosáceas y lóbulos blancos y desarrollados (Fig. 5-I).

Características microscópicas: En este estadio es posible encontrar, en el mismo testículo, túbulos completamente llenos de espermatozoides y túbulos semi-vacíos o con restos de espermatozoides (Fig. 5-J), mostrando una afinidad altamente basófila (coloración azul-morada).

POST-EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Este estadio es el homólogo a la recuperación que se presenta en las hembras. Macroscópicamente, puede confundirse con el estadio en madurez (II), sin embargo, este testículo tiene lóbulos desarrollados, flácidos, con escasas zonas blanquecinas y aspecto rojizo (Fig. 5-K).

Características microscópicas: En los machos no existe la atresia por lo que la característica microscópica que identifica a este estadio son los restos de espermatozoides que quedan en los túbulos. Es posible observar vasos sanguíneos distribuidos homogéneamente (Fig. 5-L).

4. DISCUSIÓN

La mayoría de los índices reproductivos se estiman con información de individuos hembras, excepto la proporción sexual donde únicamente se toma en cuenta la diferenciación de los sexos, tarea que se realiza con frecuencia durante los muestreos biológicos, como parte del programa de seguimiento de la pesquería

demersal. Por tal motivo, una adecuada catalogación de los estadios de madurez es de suma importancia para brindar la base técnica apropiada para el manejo pesquero del recurso.

En este trabajo los distintos grados de desarrollo del ovocito de la merluza, incluyendo estructuras que evidencian el desove como los folículos post-ovulatorios (FPO en sus distintas edades) y tipos de atresia ovocitaria, indicadores del fin de la estación de desove, siguen el modelo propuesto por HUNTER y GOLDBERG (1980) y HUNTER y MACEWICZ (1985).

En la literatura, la descripción de las escalas macroscópicas validadas, suele estar acompañada de una descripción histológica correspondiente a cada estadio de madurez. Este trabajo se basó en las descripciones histológicas realizadas por PEREA et al. (1998) e incorporó el estudio microscópico de machos.

Las características macroscópicas descritas para cada estadio de madurez se basan en color, turgencia, grado de vascularización y, en ocasiones, tamaño de los ovocitos. Sin embargo, con la finalidad de identificar el estadio IV (fase 1 = hidratado), es necesario realizar un corte en la región central o cerca al poro genital y observar en el ovario abierto la presencia de ovocitos hidratados; mientras que el grosor de la pared ovárica permite diferenciar el estadio reposo del virginal. Esto no se ha descrito en escalas de madurez gonadal de otras especies de merluza (ANGELESCU et al. 1958, GONCALVES et al. 2004).

En el caso de los machos, y de acuerdo a los análisis microscópicos, las zonas traslúcidas corresponden a áreas inmaduras o de crecimiento, mientras que las blanquecinas son de maduración, las cuales dependiendo del grado de llenura, se convierten en áreas donde se almacenan los espermatozoides. Las zonas ligeramente rosadas o rojizas son indicadores de expulsión y reabsorción de células sexuales masculinas. Las variaciones de estas características macroscópicas, permiten diferenciar los estadios de madurez gonadal. Los testículos no tienen una amplia variabilidad cromática, por lo que en la catalogación, únicamente se debe tomar en cuenta las características anteriormente mencionadas.

Las escalas con numerosos estadios resultan poco prácticas para la determinación de la condición reproductiva de los recursos (KJESBU et al. 2003). Contar con escalas de madurez gonadal validadas histológicamente, propias para cada especie, es fundamental por la relevancia que tienen durante los muestreos biológicos permanentes, estas escalas deben permitir diferenciar claramente los estadios de madurez porque con ellos se estiman los índices reproductivos para el manejo adecuado y sostenible de los recursos.

La condición poblacional de explotación o sobre-explotación de muchas especies de uso industrial y artesanal, como el caso de merluza, genera la necesidad de contar con información reproductiva precisa para determinar las tallas de primera madurez o desove (necesarios para normar la talla mínima de captura) y establecer el inicio y fin de los periodos más importantes de desove (vedas reproductivas).

5. REFERENCIAS

- ANGELESCU V, GNERI FS, NANI A. 1958. La merluza del mar argentino (biología y taxonomía). Argent. Secr. Mar. Serv. Hidrog. Naval Publice H1004: 1-224.
- GONCALVES P, CUNHA E, COSTA A. 2004. Escalas de maturacao microscópica e macroscópica das gonadas femininas de pescada (*Merluccius merluccius*). Relat. Cient. Tec IPIMAR, Serie digital (<http://ipimariniap.ipimar.pt>) .21. 27pp.
- HUNTER JR, GOLDBERG S. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy, *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 77: 641-652.
- HUNTER JR, MACEWICZ BJ. 1985. 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 northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA tech. Rep. NMFS. 36: 79-94.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring – spawning sea – herring (*Clupea harengus l.*) in the north – west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- 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. Fiskeri og Havet 12: 7-9.
- PEREA A, BUITRÓN B, MECKLENBURG E. 1998. Condición reproductiva y maduración temprana de la merluza *Merluccius gayi peruanus*. Crucero BIC José Olaya Balandra. 9806-07. Inf. Inst. Mar Perú: 138: 56-62.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE BONITO

Sarda chiliensis chiliensis (CUVIER, 1832)

GONADAL MATURITY SCALE OF EASTERN PACIFIC BONITO

Sarda chiliensis chiliensis (CUVIER, 1832)

Marie Anne Gálvez

Javier Castillo

RESUMEN

GÁLVEZ M A, CASTILLO J. 2015. Escala de madurez gonadal de bonito *Sarda chiliensis chiliensis* (Cuvier, 1832). *Bol Inst Mar* 30(1-2): 29-39.- El objetivo fue elaborar la escala de madurez gonadal macroscópica de *Sarda chiliensis chiliensis* con una validación basada en análisis histológicos. Se analizaron 591 muestras de gónadas provenientes del plan de seguimiento de la pesquería pelágica en el año 2014. A cada gónada se asignó un estadio de madurez macroscópico luego de la observación del desarrollo ovocitario y espermatogénico en los cortes histológicos. Se describieron seis estadios de maduración que van desde 0 (virginal) hasta el estadio 5 (recuperación en hembras, post expulsante en machos). Se compara la descripción de esta escala con trabajos anteriormente realizados, se discuten los criterios de catalogación y se dan recomendaciones para el seguimiento de la pesquería.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

GÁLVEZ M A, CASTILLO J. 2015. Gonadal maturity scale of Eastern Pacific bonito *Sarda chiliensis chiliensis* (Cuvier, 1832). *Bol Inst Mar* 30(1-2): 29-39.- The aim of this study is the elaboration of a *Sarda chiliensis chiliensis*'s macroscopic gonadal maturity scale, validated with histological analysis. 591 gonad samples taken from the Pelagic Fishery Monitoring System in 2014 were studied. A gonadal maturity stage was assigned for each individual after microscopic observation of oocyte development in histological sections of each gonad. Six stages of maturity ranging from 0 (virgin) to stage 5 (recovery in females, post expulsion in males) were described. The description of this maturity scale is compared with other studies previously performed, cataloging criteria is discussed and recommendations are given for future monitoring of the fishery.

KEYWORDS: Maturity stages, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

El bonito *Sarda chiliensis chiliensis* es uno de los recursos pelágicos con mayores desembarques en el Perú, después de la anchoveta *Engraulis ringens*, jurel *Trachurus murphyi* y caballa *Scomber japonicus* (PRODUCE, 2012), destinando su pesca principalmente al consumo humano directo.

PAULY et al. (1987) mencionan que la sobrepesca es la causa principal de la disminución de las poblaciones de peces pelágicos más importantes. Para la evaluación y manejo de recursos como éste, es necesario proporcionar variables biológicas de importancia como la talla de primera madurez, épocas de desove y potencial reproductivo, las cuales deben obtenerse mediante una correcta determinación de los estadios de madurez gonadal.

Los trabajos que hacen referencia a los aspectos reproductivos de *S. chiliensis* se inician con el trabajo de BARNHART (1927), quien establece que *S. chilensis* desova principalmente en el mes de junio en la zona de California. Posteriormente, WALFORD (1937) encontró

que al norte de California el periodo de reproducción se realiza hasta 80 millas de la costa entre fines de primavera y verano.

Los primeros estudios realizados en el Perú sobre los aspectos reproductivos de *S. chiliensis* comenzaron con SCHWEIGGER (1947) quien menciona como periodo reproductivo de setiembre a marzo. CHIRINOS DE VILDOSO (1960) determinó el periodo de mayor actividad reproductiva utilizando la escala de madurez gonadal macroscópica (de seis estadios), hallando que en los meses de octubre a marzo sucede un intenso desarrollo gonadal, y realizó la caracterización citológica del desarrollo gonadal, ciclo reproductivo y fecundidad. Además, utilizó la escala macroscópica de madurez gonadal de SCHAEFFER y ORANGE (1956), originalmente diseñada para hembras del atún de aleta amarilla *Neothunnus macropterus*.

Uno de los trabajos más recientes en el Perú fue el de SAMAMÉ (1993), quien hizo uso de la escala descrita por JOHANSEN (1919) para *Clupea herengus* (arenque), la cual consta de 8 estadios. En Chile, GOLDBERG y MUSSIETT (1984) definieron cuatro diferentes estadios

de madurez gonadal, según las características y tamaño de los ovarios y testículos. Sin embargo, en Perú no existe una escala validada de *S. chiliensis chiliensis* que facilite el trabajo de rutina en la determinación de los estadios, sin necesidad del análisis histológico (GERRITSEN y McGRATH 2006).

En el presente trabajo se desarrolla la escala de madurez gonadal del bonito, se describen las características macro y microscópicas de ovarios y testículos ubicados en seis diferentes estadios, basados en las recomendaciones previamente dadas por KJESBU et al. (2003).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 591 gónadas de bonito colectadas entre marzo y setiembre del 2014 provenientes del programa de seguimiento de la pesquería pelágica del Instituto del Mar del Perú (Tabla 1).

Tabla 1.- Procedencia de muestras de gónadas de hembras y machos de *Sarda chiliensis chiliensis*, para determinación de escala de madurez gonadal

Seguimiento 2014	Hembra		Macho	
	Rango de talla (cm)	N° ejem.	Rango de talla (cm)	N° ejem.
Marzo	53-58	9	52-56	9
Abril	51-62	63	52-61	53
Mayo	55-62	26	54-64	33
Junio	54-68	46	54-63	49
Julio	32-63	102	33-63	102
Agosto	37-62-3	31	37-61	38
Setiembre	53-63	19	58-63	11
Total		296		295

3. RESULTADOS

HEMBRAS

Caracterización de gónadas: Los ovarios de bonito tienen forma cilíndrica y se caracterizan por presentar una membrana entre los dos ovarios (Fig. 1-B). La abundante presencia de vasos sanguíneos es característica en los ovarios de la especie, encontrándose en todos los estadios de madurez (Fig. 1-A). En el caso de ovarios hidratados que han iniciado el desove, se observan a simple vista ovocitos hidratados, en mayor cantidad en la zona posterior de la gónada y cercanos al gonoporo (Fig. 2). Los diámetros de los ovocitos se dan en la figura 5.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Ovario pequeño y poco turgente. La coloración varía entre rosado pálido y anaranjado translúcido, con secciones rojizas de aspecto homogéneo. Puede observarse una gran cantidad de vasos sanguíneos, lo cual es propio de la especie; sin embargo, existe poco desarrollo de éstos por tratarse de individuos virginales (Fig. 3-A). La asignación de este estadio se realiza por la homogeneidad y translucidez de la gónada y no por el color, que suele variar.

Características microscópicas: Se observan las lamelas claramente definidas, con paredes de poco grosor, donde se encuentran adheridas las ovogonias. Generalmente, en las lamelas se observan ordenados en forma de hilera gran cantidad de ovocitos inmaduros con escasa o nula presencia de ovocitos pre-vitelogenados y espacios vacíos entre las lamelas (Fig. 3-B).

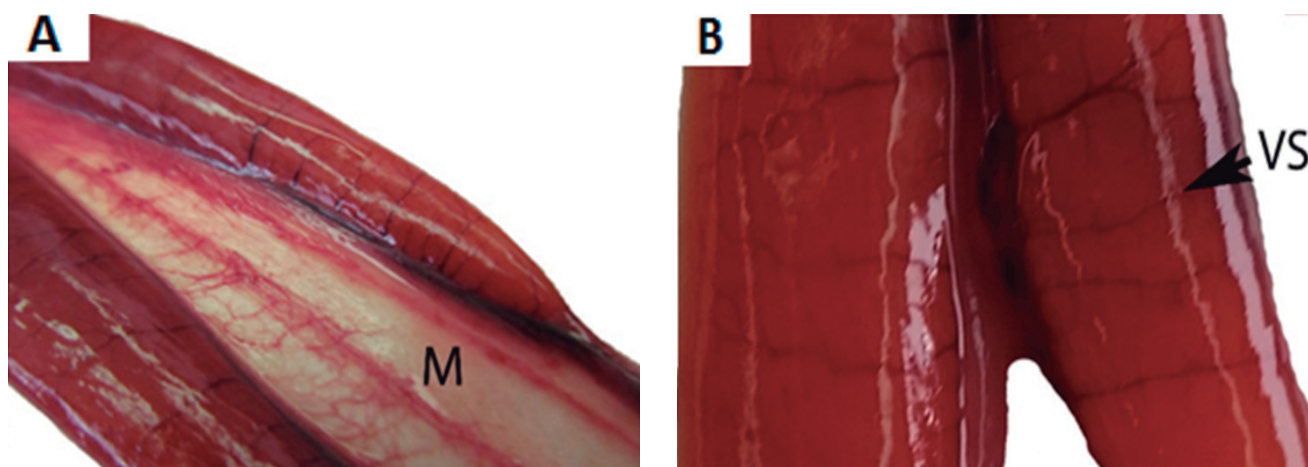


Figura 1.- Vista parcial de ovario de *Sarda chiliensis chiliensis*. A: Gónada virginal (estadio 0) donde se observa la vascularización propia de la especie; B: Gónada en reposo (estadio I) con membrana entre ovarios. VS: Vaso sanguíneo, M: Membrana entre ovarios

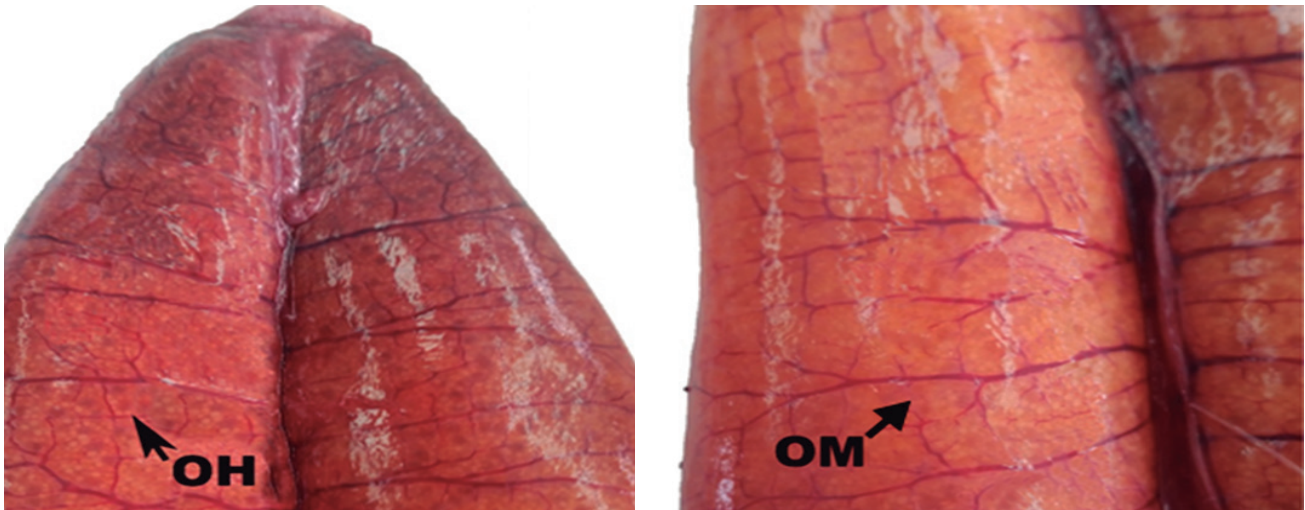


Figura 2.- Vista parcial de ovario de *Sarda chiliensis chiliensis* en estadio IV (desovante) con presencia de ovocitos maduros (OM) y ovocitos hidratados (OH). A: Zona posterior; B: zona media

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Ovarios lisos, medianamente turgentes y con leve flacidez al tacto. Presentan alta variabilidad en su coloración. Se han observado gónadas íntegramente color rojo opaco con secciones de tonalidad azul oscuro y vascularización pronunciada. Las gónadas de color rojo vinoso, también pueden ser más claras, llegando a observarse tonalidades de rosado las que suelen presentar secciones más oscuras y sanguinolentas en la parte posterior, debido al esfuerzo realizado durante el último desove. Asimismo, se han observado gónadas anaranjadas con leve vascularización en este estadio (Fig. 3-C).

Características microscópicas: La histoarquitectura que presenta este estadio puede variar según el nivel de desarrollo ovocitario. Se observan gónadas que únicamente presentan ovocitos inmaduros, como en el caso del estadio virginal; sin embargo, la presencia de una pared gruesa del ovario y la presencia de vasos sanguíneos de mayor desarrollo permiten la clara diferenciación entre estos dos estadios (Fig. 3-D). Cuando el desarrollo ovocitario es más avanzado, se pueden observar desde pocos hasta muchos ovocitos pre-vitelogenados de gran tamaño con presencia de gotas oleosas.

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: El elevado grado de vascularización en todos los estadios de bonito genera dificultad para diferenciar las gónadas virginales o en reposo de aquellas que se encuentran “en maduración”, lo que no suele darse en otras especies. Estos ovarios pueden presentar coloración que va desde el anaranjado intenso con presencia de zonas color anaranjado claro, hasta toda la gónada de color anaranjado claro (debido

a la presencia mayoritaria de ovocitos vitelogenados). Para diferenciar entre los ovarios virginales o en reposo y los que se encuentran en maduración, se debe tomar en cuenta que los ovarios en maduración presentan mayor turgencia que esos y se pueden observar claramente ovocitos que se ubican a lo largo del ovario, de manera uniforme o aparentando parches (Fig. 3-E).

Características microscópicas: Lamelas de mayor grosor, debido a la presencia de ovocitos en mayor desarrollo, observándose la presencia de ovocitos inmaduros, pre vitelogenados y vitelogenados, encontrándose estos últimos en menor proporción. La diferenciación entre este estadio y el estadio virginal o reposo es la presencia de ovocitos vitelogenados, fácilmente distinguidos por la coloración eosinófila de los gránulos de vitelo (Fig. 3-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Ovarios turgentes en los que a simple vista se observan ovocitos maduros. La coloración varía entre tonalidades de anaranjado, con secciones de marcada sanguinolencia debido a la presencia de vasos sanguíneos característicos de la anatomía de la especie y del proceso de maduración (Fig. 4-G).

Características microscópicas: El reconocimiento de este estadio se facilita por la gran cantidad de ovocitos maduros caracterizados por tener un tamaño notoriamente mayor a los ovocitos vitelogenados (Fig. 5), presentar gotas oleosas alrededor del núcleo y tener coloración basófila debido a la presencia abundante de gránulos de vitelo. Además, se pueden observar ovocitos inmaduros, pre vitelogenados, vitelogenados, maduros, maduros con núcleo migratorio y atrésicos en una proporción menor al 50% (Fig. 4-H).

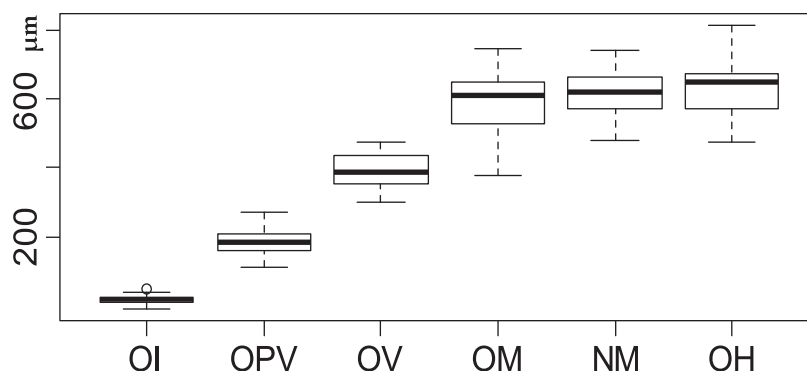


Figura 5.- Diámetro de ovocitos de *Sarda chiliensis chiliensis*, según tipo. OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, ONM: Ovocito con núcleo migratorio, OH: Ovocito hidratado

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: En este estadio, los ovarios hidratados presentan la máxima turgencia. Se identifica fácilmente por la presencia de ovocitos hidratados. La turgencia y coloración del ovario, depende del grado de madurez de la gónada (Fig. 4-I). La coloración puede presentar tonalidades anaranjadas y rojizas con abundante presencia de ovocitos hidratados y vascularización pronunciada en un ovario que está en pleno desove. En un ovario que ha iniciado el proceso de desove, puede observarse una zona sanguinolenta en la parte posterior, con presencia en dicha zona de ovocitos hidratados en mayor proporción que en la zona central y anterior.

Características microscópicas: Se observan ovocitos hidratados y/o folículos post ovulatorios. Además, puede observarse la presencia de ovocitos inmaduros, pre vitelogenados, vitelogenados, maduros y ovocitos atrésicos en una proporción menor al 50% (Fig. 4-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: A simple vista, las gónadas que se encuentran en recuperación pueden tener una gran similitud con aquellas que se encuentran en reposo. Sin embargo, tienen una mayor flacidez y reducida o inexistente turgencia. Además, la presencia de ovocitos atrésicos, visibles como puntos amarillos, cremas o marrones en la superficie ovárica permite la identificación de este estadio (Fig. 4-K).

Características microscópicas: La histoarquitectura de este estadio es propia de un proceso de reabsorción, caracterizado por la presencia de ovocitos atrésicos en un porcentaje mayor o igual al 50%. Se pueden observar procesos de reabsorción en menor (atresia α) o mayor (atresia β o γ) grado de degeneración tanto en ovocitos vitelogenados como en los no vitelogenados. También pueden estar presentes los ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y maduros (Fig. 4-L).

MACHOS

ANATOMÍA GONADAL

Los testículos de bonito, se caracterizan por presentar un pliegue en cada testículo, dando la apariencia de una división en dos (Fig. 6-B). Al realizar cortes histológicos transversales, se observó que toda la gónada presentaba la misma condición de madurez; lo que indicaría que este pliegue, que es característico de la anatomía del bonito, no influye en el estado de madurez de la misma. Los testículos son acintados y presentan una membrana intertesticular gruesa, al igual que las hembras (Fig. 6-A).

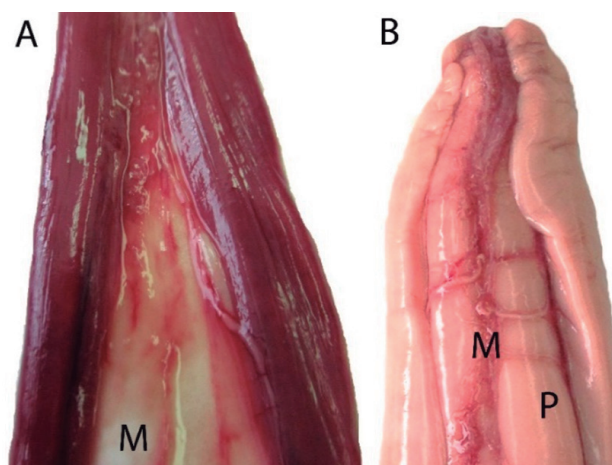


Figura 6.- Vista parcial de testículo de bonito *Sarda chiliensis chiliensis*. A: Gónada en reposo (estadio I) con membrana interlobular; B: Gónada expulsante (estadio IV) con pliegue. M: Membrana intertesticular, P: Pliegue en lóbulos

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Testículos aplanados y sumamente delgados. Pueden tener diferente grado de transparencia y presentar color rosado muy claro con secciones blancas y rojizas, lo cual se debe a la vascularización propia de la especie, que en este caso no es indicador de expulsión (Fig. 7-A).

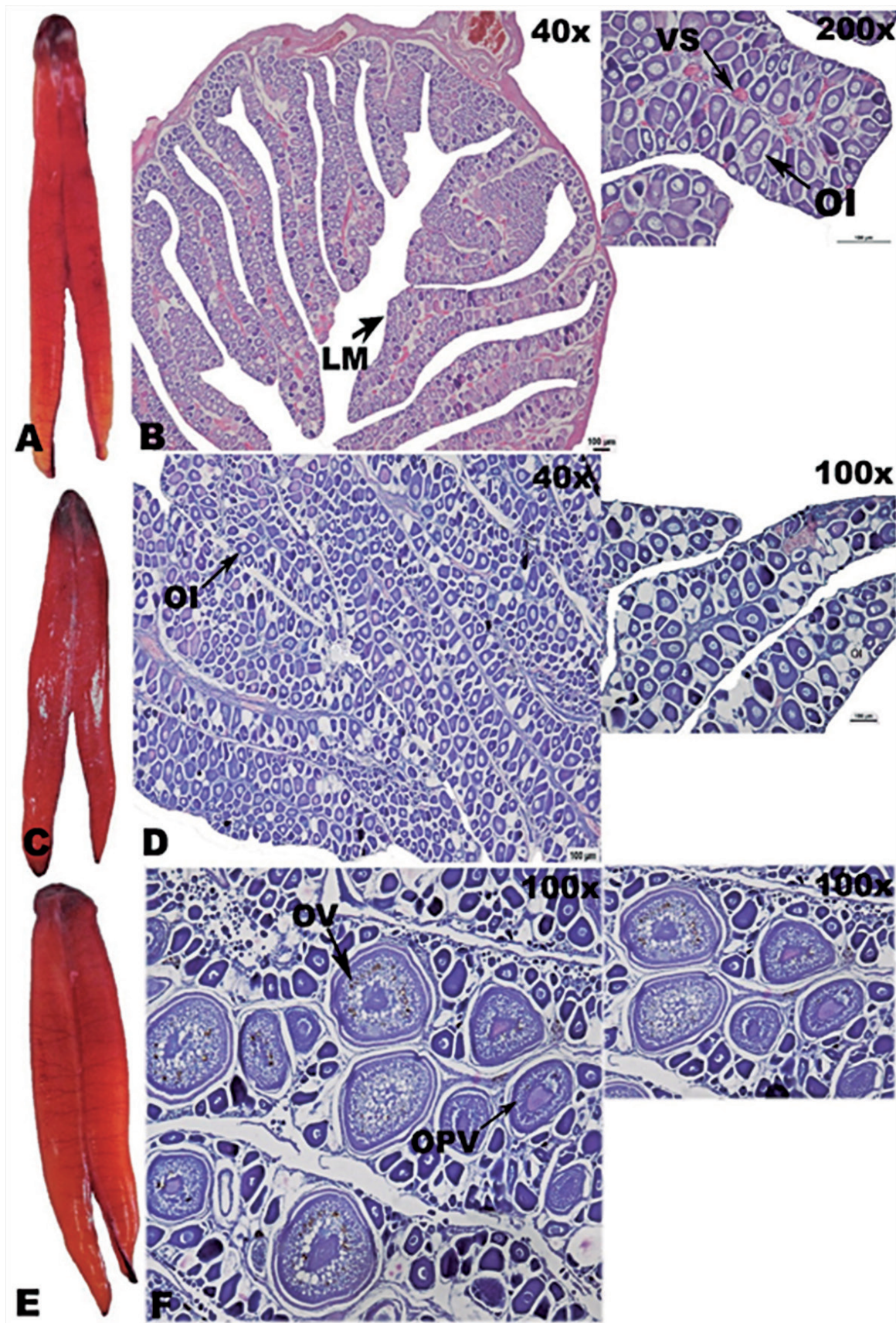


Figura 3.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Sarda chiliensis chiliensis*.
 A-B: virginal; C-D: reposo; E-F: en maduración.
 OI: Ovocito inmaduro, OPV: ovocito pre-vitelogenado, OV: ovocito vitelogenado, LM: Lamela, VS: Vaso sanguíneo

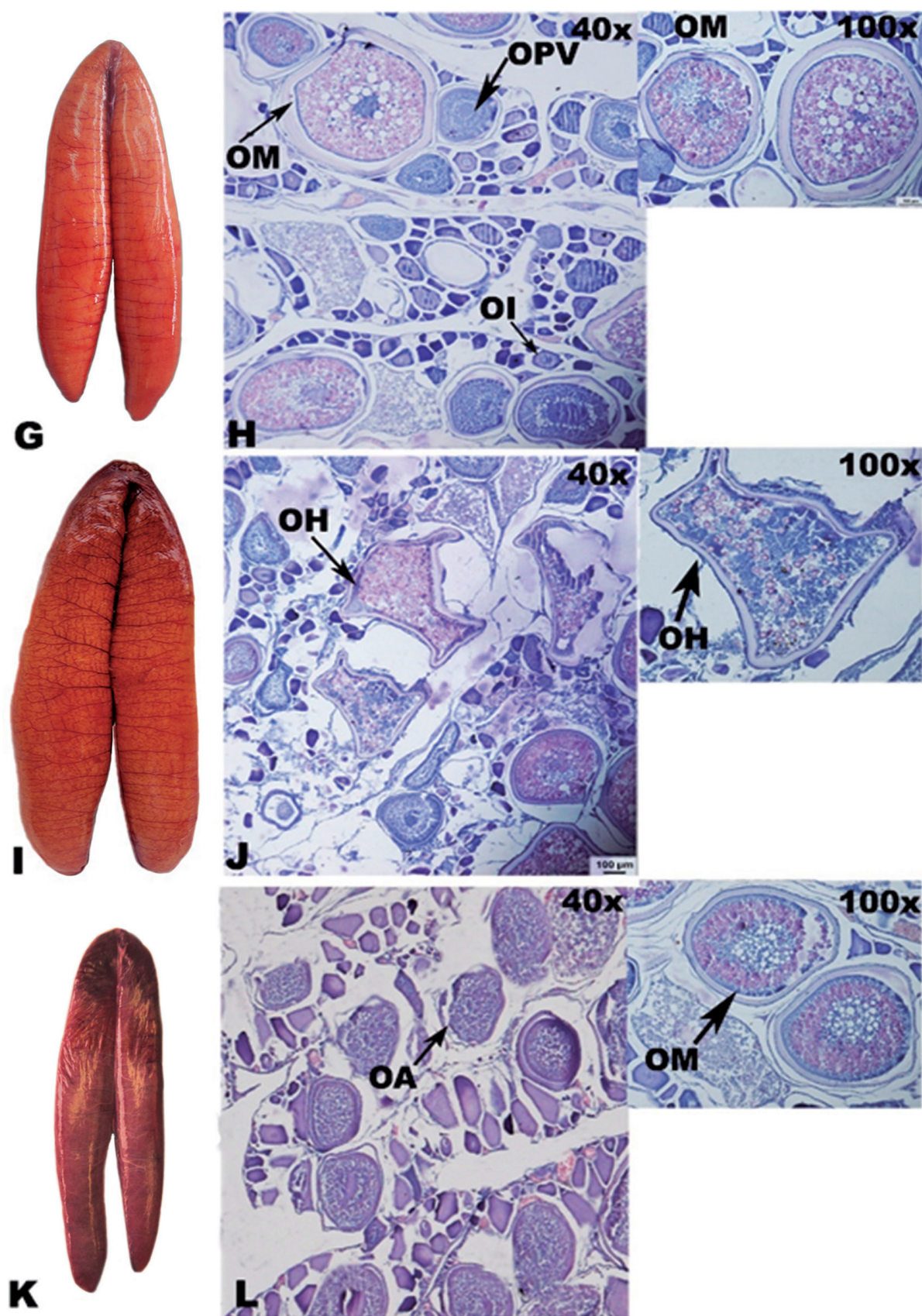


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Sardina chiliensis chiliensis*.
G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.
OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre- vitelogenado, OM: Ovocito maduro, OH: Ovocito hidratado, OA: Ovocito atrético

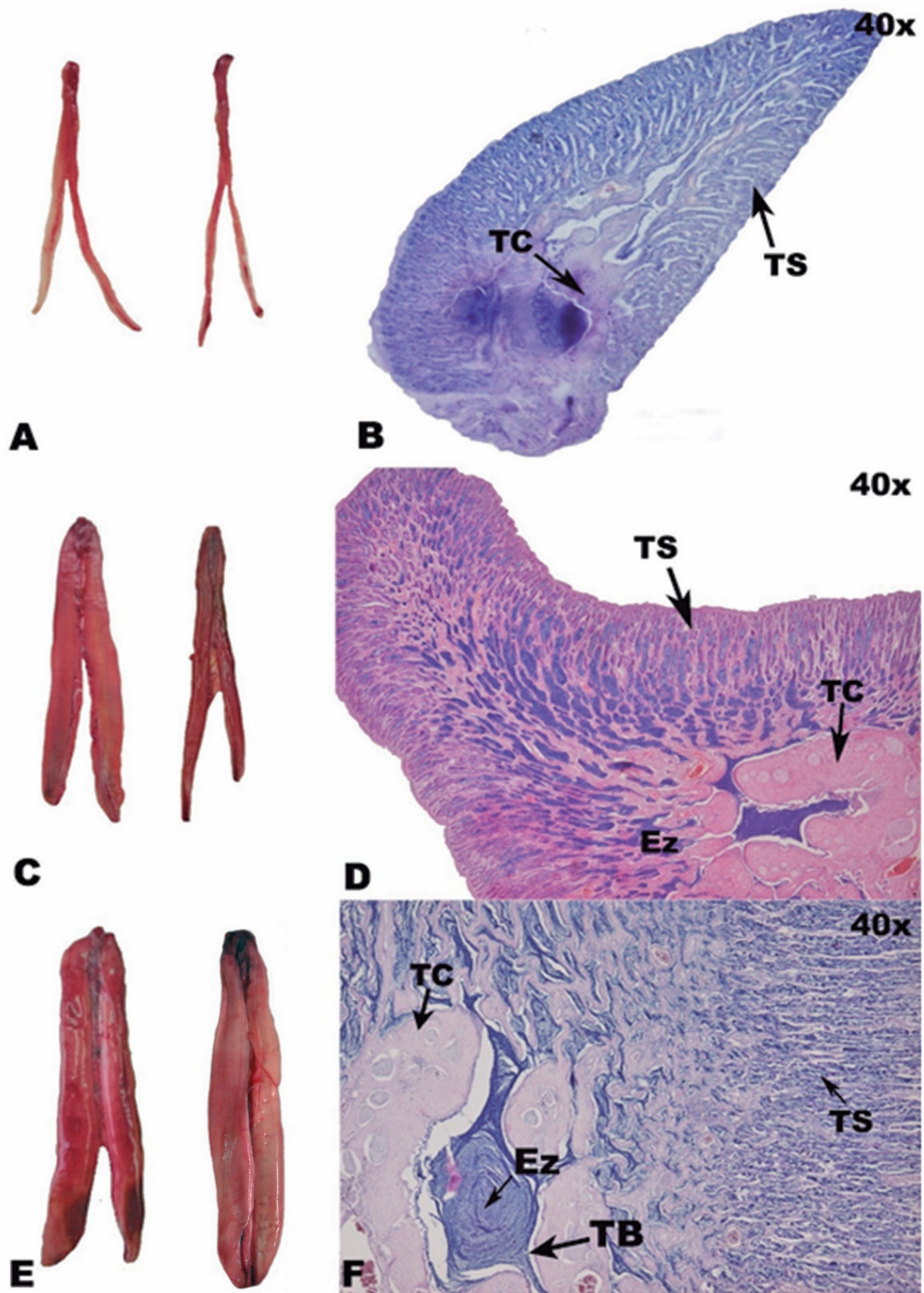


Figura 7.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Sarda chiliensis chiliensis*.

A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.

TS: Tubo seminífero, TC: Tejido conectivo Ez: espermatozoides, TB: Tubo colector

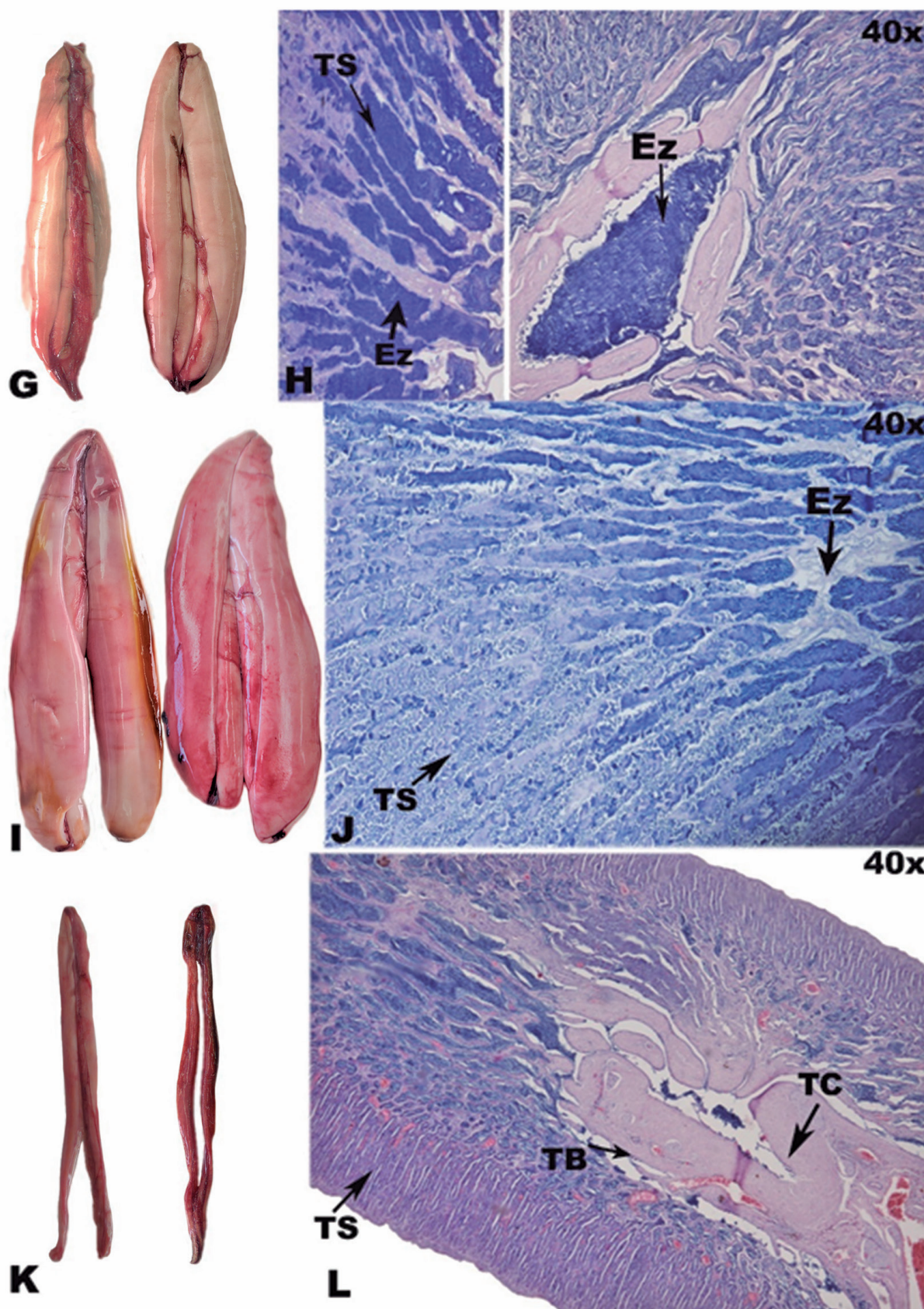


Figura 8.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de bonito *Sarda chiliensis chiliensis*.
G-H: Maduro; I-J: Expulsante; K-L: Post expulsante.
Ez: Espermatozoides, TS: Tubo seminífero, TB: Tubo colector, TC: Tejido conectivo

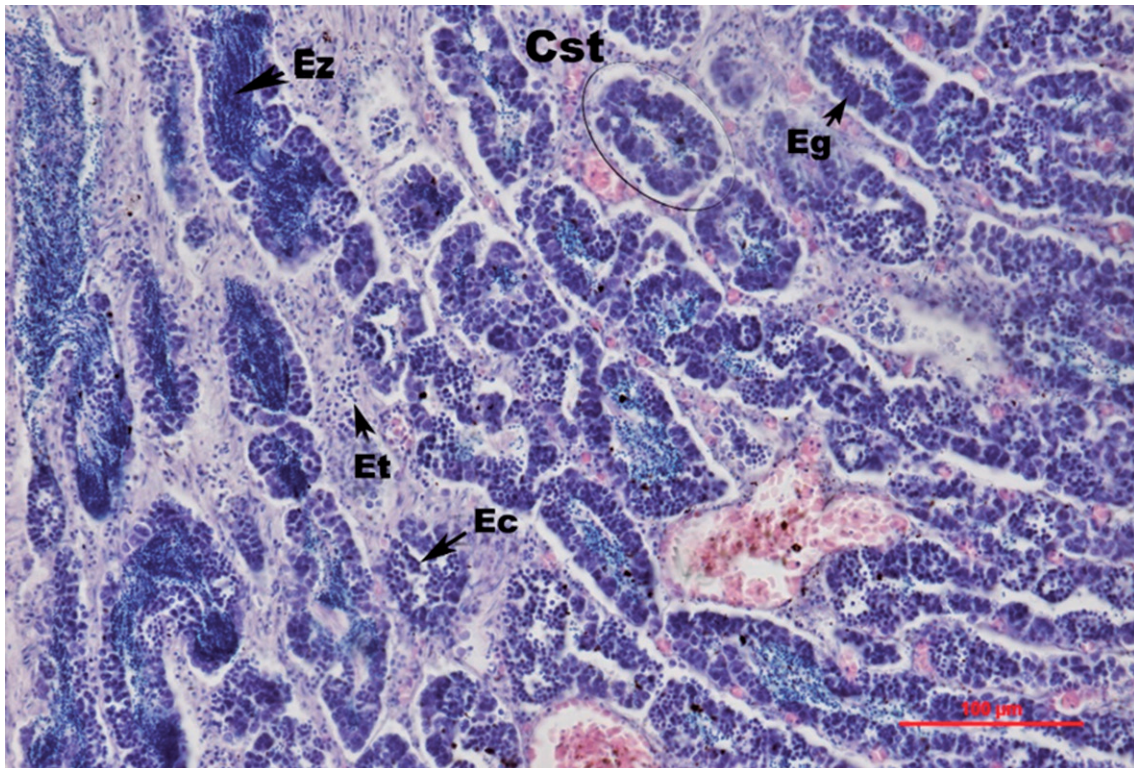


Figura 9.- Micrografía de corte histológico de testículo de *Sarda chiliensis chiliensis*, se observan los principales tipos de células sexuales en machos. Aumento: 200x. Eg: Espermátide, Ec: Espermatocito, Et: Espermátide, Ez: Espermatozoide, Cst: Cisto

Características microscópicas: Se observan con claridad los espermátogonios y en algunos casos una reducida cantidad de espermatocitos (Fig. 9). No existe mayor complejidad en la organización histológica, observándose un tubo colector rodeado de tejido conectivo y sin mayor desarrollo (Fig. 7-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: La coloración del testículo en reposo es totalmente rojiza. En general, las gónadas presentan gran cantidad de vasos sanguíneos, siendo la característica más evidente de este estadio. Presentan reducida turgencia y ligera flacidez (Fig. 7-C).

Características microscópicas: Este estadio se caracteriza por presentar abundante tejido conectivo alrededor del tubo colector, con reducida cantidad de espermatozoides en su interior. En los túbulos seminíferos predominan espermátogonios y espermatocitos, observándose en algunas ocasiones una reducida cantidad de espermatozoides en el tubo colector (Fig. 7-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: La presencia de secciones rojizas puede seguir manteniéndose en el

testículo debido a la dinámica propia del proceso de maduración gonadal; sin embargo, existen gónadas completamente rosadas claras con turgencia media. Se observa la presencia de un pliegue longitudinal en cada testículo (Fig. 7-E).

Características microscópicas: La distinción de este estadio en relación al anterior se basa en la presencia de mayor cantidad de espermatozoides en el tubo colector, el tejido conectivo es menor alrededor del tubo colector y en todo el testículo (Fig. 7-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Testículos muy turgentes. Coloración blanquecina que puede presentar secciones rosadas debido a la gran cantidad de vasos sanguíneos. La presencia del pliegue longitudinal en cada testículo es clara, dando la apariencia de dos lóbulos adheridos. Al ejercer marcada presión sobre el testículo se libera líquido espermático (Fig. 8-G).

Características microscópicas: Se caracteriza porque tanto el tubo colector como el seminífero se encuentran completamente llenos de espermatozoides, el tejido conectivo a su alrededor es escaso; los cortes histológicos del testículo son basófilos (Fig. 8-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Presenta coloración blanquecina, con zonas rosadas o rojizas. Los pliegues de cada lóbulo se observan de manera más marcada que en el estadio III (maduro). Además, la membrana que une ambos lóbulos se engrosa (Fig. 8 – I). Al ejercer ligera presión sobre el testículo se libera líquido espermático.

Características microscópicas: La presencia de espermatoцитos, espermátides y espermatozoides es evidente, siendo muy escasos los espermatogonios (Fig. 8–J). La diferenciación entre el estadio expulsante y el maduro se da por el nivel de llenura del tubo colector, ya que al encontrarse en un proceso de expulsión, la cantidad de espermatozoides es menor, observándose evidentes espacios vacíos.

POST - EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Los testículos presentan una coloración similar a la del estadio reposo; sin embargo, se diferencian porque los post – expulsantes son muy delgados. La coloración puede dejar de ser rojiza para ser rosada con secciones rojizas, dependiendo de la condición de desarrollo en la que se encuentren. Son flácidos y de poca turgencia (Fig. 8–K).

Características microscópicas: Los túbulos seminíferos sin espermatozoides son indicadores de este estadio. Algunas veces se pueden observar solamente espermatogonias, lo cual es un indicador de lo avanzado del estadio. Pueden existir restos de espermatozoides en el tubo colector, siendo característico el abundante tejido conectivo (Fig. 8–L).

4. DISCUSIÓN

La identificación correcta del estadio gonadal es muy importante para la estimación de todos los índices reproductivos (BUISTRÓN et al. 2011) y parámetros poblacionales como talla de primera madurez de esta especie. KJESBU et al. (2003) recomiendan una escala de madurez gonadal que considere la menor cantidad de estadios posibles, los cuales permitan determinar la condición reproductiva de la especie, en los que exista una diferenciación de los individuos virginales. La escala propuesta, en el presente trabajo, toma en cuenta las recomendaciones sugeridas y se basa en observaciones microscópicas que permiten validar las observaciones macroscópicas para *Sarda chiliensis chiliensis* determinando una escala de 6 estadios.

CHIRINOS DE VILDOSO (1960) se basó en los criterios establecidos por SCHAEFER y ORANGE (1956) para realizar una escala macroscópica para hembras y machos de bonito, considerando 5 y 3 estadios, respectivamente. Esta escala se respaldó en observaciones en fresco de una porción del tejido ovárico. Las descripciones en cuanto a la coloración, textura, grado de visibilidad de ovocitos, en el caso de los ovarios y la irrigación sanguínea así como líquido espermático fluyente, en el caso de los machos, guardan relación con el presente trabajo, evidenciando que las características macroscópicas presentan una gradiente entre el cambio de estadios, permitiendo la determinación de criterios claves para su identificación (Tablas 2, 3).

Tabla 2.- Criterios de catalogación de estadios de madurez gonadal de *Sarda chiliensis chiliensis* hembras. OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre-vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, ONM: Ovocito con núcleo migratorio, OH: Ovocito hidratado, FPO: Folículo post-ovulatorio, OA: Ovocito atrésico

Estadios	Criterios microscópicos de catalogación		
	Presencia de células	Atresia	Pared del ovario
Virginal	OI+OPV	-	Simple
Reposo	OI+OPV	-	Desarrollada
En maduración	OI+OPV+OV	<50%	Desarrollada
Maduro	OI+OPV+OV+OM+ONM	<50%	Desarrollada
Desovante	OI+OPV+OV+OM+OH+FPO	<50%	Desarrollada
Recuperación	OI+OPV+OV+OM	≥50%	Desarrollada

Tabla 3.- Criterios de catalogación de los estadios de madurez gonadal de *Sarda chiliensis chiliensis* machos. Eg: Espermatogonio, Ec: Espermatocono, Et: Espermatocono, Ez: Espermatocono

Estadios	Criterios microscópicos de catalogación		
	Presencia de células	Tubo de colección	Tejido conjuntivo
Virginal	Eg+ Ec	Vacío	Abundante
Reposo	Eg + Ec + Ez	Vacío	Abundante
En maduración	Eg+ Ec + Et + Ez	Semivacío	Regular
Maduro	Eg+ Ec + Et + Ez	Lleno	Escaso
Expulsante	Eg+Ec + Et + Ez	Semivacío	Escaso
Post expulsante	Eg+ Ec + Ez	Semivacío	Abundante

En cuanto a los criterios microscópicos, GOLDBERG y MUSSIETT (1984) realizaron una catalogación microscópica de los ovarios de *Sarda chiliensis* considerando cuatro estadios que no incluyen la separación del grupo de virginales; sin embargo, los criterios de diferenciación entre estadios guardan relación con el presente trabajo.

Debido a la alta variabilidad en la coloración de los ovarios del bonito se recomienda tener en cuenta la visualización de ovocitos y grado de turgencia como principales indicadores del estadio de madurez gonadal.

5. REFERENCIAS

- BARNHART PS. 1927. Pelagic fish eggs off La Jolla, California. Scripps Inst. Oceanogr. Tech. Serv. 1(8): 91 – 92.
- 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 Peru 38(4): 373-383.
- CHIRINOS DE VILDOSO A. 1960. Estudios sobre la reproducción del bonito *Sarda chilensis* (C. y V.) en aguas adyacentes a la costa peruana. Minist. Agric. (Perú), Serv. Div. Cient. 14 (2d ed.). 75 pp.
- GERRITSEN HD, McGRATH D. 2006. Variability in the assignment of maturity stages of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and whiting (*Merlangius merlangus* L) using macroscopic maturity criteria Fisheries Research. 77: 72 – 77.
- GOLDBERG SR, MUSSIETT D. 1984. Reproductive cycle of the Pacific Bonito, *Sarda chilensis* (Scombridae), from Northern Chile. Pacific Science. 38 228–231.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring – spawning sea – herring (*Clupea harengus* L.) in the north –west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- 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. Fiskeri og Havet 12: 7-9.
- PAULY D, CHIRINOS DE VILDOSO AC, MEJÍA J, SAMAMÉ M, PALOMARES ML. 1987. Population dynamics and estimated anchoveta consumption of bonito (*Sarda chiliensis*) off Peru, 1953 to 1982, p. 248-267. In: D. Pauly and I. Tsukayama (eds.). The Peruvian anchoveta and its upwelling ecosystem: three decades of changes. ICLARM Studies and Reviews 15.
- PRODUCE. 2012. Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola. Ministerio de la Producción. 180 pp.
- SAMAMÉ M. 1993. Algunos aspectos de la biología y pesquería del bonito *Sarda chiliensis chiliensis* de la costa norte del Perú. Pag. 261 – 272. En: E. Castillo de Marrueda (Ed.) Memoria X CONABIOL, 02 – 07 Agosto 1992. Lima – Perú.
- SCHAEFER MB, ORANGE C. 1956. Estudios mediante el examen de gónadas del desarrollo sexual y desove del atún aleta amarilla (*Neothunnus macropterus*) y del barrilete (*Katsuwonus pelamis*) en tres regiones del Pacífico Oriental. Inter-Amer. Trop. Tuna Comm. Bull. 1(6): 321-349.
- SCHWEIGGER E. 1947. El litoral peruano. Cia. Administradora del guano. Lima. 414 pp.
- WALFORD LA. 1937. Marine game fishes of the Pacific Coast from Alaska to the Equator. Cont. Santa Bárbara Mus. Nat. Hist. Uni. California Press. 205 pp.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE CABALLA *Scomber japonicus peruanus* (JORDAN y HUBBS, 1925)

GONADAL MATURITY SCALE OF CHUB MACKEREL *Scomber japonicus peruanus* (JORDAN y HUBBS, 1925)

Javier Castillo

Marie Anne Gálvez

Javier Sánchez

RESUMEN

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): 40-49.- En el presente trabajo se realizó la validación de la escala de madurez gonadal macroscópica de la caballa *Scomber japonicus peruanus*. Se analizaron 464 muestras de gónadas provenientes del plan de seguimiento de la pesquería pelágica del 2006, 2008, 2009 y 2014. Sobre la base del desarrollo ovocitario, se asignó a cada individuo el estadio de madurez gonadal macroscópico. Se describieron seis estadios de maduración que va desde el estadio 0 (virginal) hasta el estadio 5 (recuperación en hembras, post expulsante en machos). Se compara la presente escala con trabajos anteriormente realizados, se discute acerca de los beneficios de su uso y recomendaciones futuras como parte del seguimiento de la pesquería.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, histología

ABSTRACT

CASTILLO, J, GÁLVEZ MA, SÁNCHEZ J. 2015. Gonadal maturity scale of chub mackerel *Scomber japonicus peruanus* (Jordan y Hubbs, 1925). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 40-49.- In this paper, validating of macroscopic gonadal maturity scale of Peruvian mackerel *Scomber japonicus peruanus* is performed. 464 gonad samples were analyzed from the Pelagic Fishery Monitoring System in the years 2006, 2008, 2009 and 2014. Based on the oocyte development, a gonadal maturity stage was assigned for each individual. Six stages of maturity ranging from stage 0 (virgin) to stage 5 (recovery in females, post expulsion in males) were described. This maturity scale is compared with other studies; discussion about the benefits of its use and future recommendations for the fishery monitoring is presented.

KEYWORDS: Stages of maturity, histology

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería representa una de las actividades económicas más importantes del país, siendo la caballa *Scomber japonicus peruanus*, la tercera especie con mayores desembarques totales dentro del grupo de peces pelágicos, de acuerdo al último Anuario Estadístico Pesquero del Ministerio de la Producción (PRODUCE 2012).

La importancia comercial del recurso caballa impulsa al desarrollo de modelos de evaluación que sustentan las medidas para su manejo sostenible. Dentro de éstos, se encuentra el conocimiento de la condición reproductiva de los stocks, la cual es medida por los índices reproductivos que se elaboran sobre la base de observaciones de características gonadales.

Dentro de los primeros estudios sobre los aspectos reproductivos de la caballa están MIÑANO y CASTILLO (1971), quienes determinaron las épocas de desove e hicieron uso de la escala de madurez gonadal macroscópica modificada del arenque con 8 estadios (JOHANSEN 1919). Además, aún se continúa utilizando dicha escala para la catalogación macroscópica de esta especie (CARAMANTIN et al. 2009).

En este trabajo, se desarrolla la escala macroscópica de madurez gonadal de seis estadios para ambos sexos,

validada microscópicamente. Cada estadio es descrito a nivel macroscópico y microscópico, lo cual facilita la identificación de los mismos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 464 gónadas de caballa colectadas durante los años 2006, 2008, 2009 y 2014 provenientes del programa de seguimiento de la pesquería pelágica del IMARPE (Tabla 1).

Tabla 1.- Muestras de gónadas de hembras y machos de *Scomber japonicus peruanus*, provenientes del programa de seguimiento de pesquería pelágica

Procedencia	Sexo	Rango de talla (cm)	N° ejemplares
Seguimiento 2006	hembra	28 -35	70
Seguimiento 2006	macho	29 - 35	36
Seguimiento 2008	hembra	23 - 38	134
Seguimiento 2008	macho	27 - 36	89
Seguimiento 2009	hembra	27 - 36	75
Seguimiento 2009	macho	28 - 31	8
Seguimiento 2014	hembra	29 - 33	30
Seguimiento 2014	macho	31 - 34	22
Total		23 - 38	464

3. RESULTADOS

HEMBRAS

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Hembras que nunca han madurado gonadalmente.

Características macroscópicas: Gónadas pequeñas, lisas y translúcidas. El color no se mantiene uniforme en todo el ovario, pudiendo variar desde rojo oscuro hasta anaranjado pálido. Presenta poca turgencia y escaso o nulo desarrollo vascular (Fig. 1-A).

Características microscópicas: Los ovocitos se encuentran ordenados dentro de las lamelas, cuyas paredes son muy delgadas. Los tipos de ovocitos que se encuentran son inmaduros y pre-vitelogenados, estos últimos en menor proporción (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Hembras en inactividad gonadal, las cuales han tenido al menos un evento reproductivo en su vida, por lo cual son consideradas adultas.

Características macroscópicas: Coloración que se encuentra entre rojo y anaranjado. Con fina vascularización claramente observable. Algunos lóbulos presentan los bordes color crema oscuro a marrón opaco. El ovario en su totalidad es liso y presenta leve turgencia (Fig. 1-C).

Características microscópicas: La histoarquitectura de este estadio se asemeja al estadio virginal (0), sin embargo, la cantidad de vasos sanguíneos es mayor (Fig. 1-D). Además, es notoria la presencia de ovocitos pre-vitelogenados. En algunos casos se pueden observar ovocitos atrésicos en grados avanzados de degeneración.

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Hembras en los que ya se dio el inicio de la vitelogénesis.

Características macroscópicas: La coloración de los ovarios depende del grado de maduración en que se encuentren, pudiendo ser rojizos o anaranjados. Presentan mediana turgencia y se observan ovocitos a través de la pared ovárica. La vascularización se visualiza claramente y es mayor a los estadios anteriores (Fig. 1-E).

Características microscópicas: Presencia de ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados y vitelogenados. Este estadio se diferencia del estadio 0 (Virginal) y I (Reposo) debido a la presencia de ovocitos

vitelogenados, los que se reconocen rápidamente por la coloración eosinófila característica de los gránulos de vitelo (Fig. 1-F).

MADURO (ESTADIO III)

Hembras que presentan un proceso de vitelogénesis avanzado.

Características macroscópicas: La coloración de los ovarios presenta varias tonalidades que fluctúan desde el anaranjado hasta el rojo. Se observa mayor desarrollo de los vasos sanguíneos, lo cual contribuye al mayor crecimiento de los ovocitos producto de la acumulación de vitelo dentro de éstos. Debido a su mayor tamaño se puede observar con claridad a través de la pared del ovario, dando lugar a la definida turgencia (Figs. 2- G, 3).

Características microscópicas: Presencia de ovocitos maduros, caracterizados por la coloración eosinófila producto de los abundantes gránulos de vitelo en el citoplasma. Además, se observan ovocitos inmaduros, en maduración, pre-vitelogenados, vitelogenados, maduros con núcleo migratorio y ovocitos atrésicos (proporción menor al 50%).

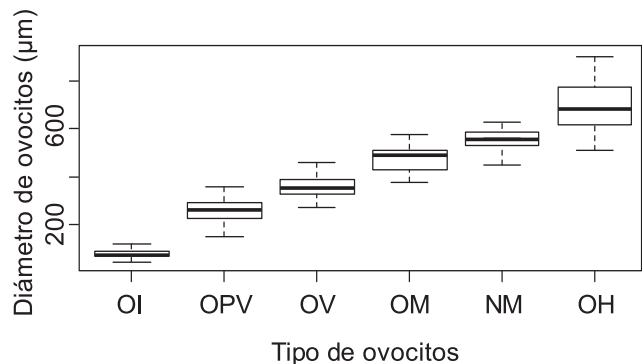


Figura 3.- Diámetro de ovocitos de *Scomber japonicus peruanus*, según tipo

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Hembras que se encuentran en pleno desove o han presentado un desove reciente.

Características macroscópicas: La coloración de los ovarios en este estadio es anaranjado claro y pueden presentar zonas rojizas y/o sanguinolentas (producto del desove), con o sin la presencia de ovocitos cristalinos (ovocitos hidratados). Se observa una marcada y homogénea vascularización. Además, el tamaño de los lóbulos aumenta considerablemente, al igual que la turgencia. Cuando el ejemplar está en el inicio del proceso de desove los ovarios se observan compactos, pero cuando están parcialmente desovados tienen una apariencia flácida con zonas sanguinolentas (Fig. 2-I).

Características microscópicas: La principal característica de este estadio es la presencia de ovocitos hidratados y/o folículos post-ovulatorios. Además, se pueden observar los diferentes tipos de ovocitos al igual que en el estadio maduro (Fig. 2-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Hembras que se encuentran en una etapa de reabsorción ovocitaria.

Características macroscópicas: Ovarios con coloración desde rojo o ámbar hasta rojo sanguinolento, con presencia de ovocitos de color amarillo intenso. Son ovarios flácidos. En algunos casos, se pueden observar porciones del ovario o puntos de color amarillo claro en la parte superficial a manera de grumos. Los vasos sanguíneos principales aún pueden observarse con claridad (Fig. 2-K).

Características microscópicas: La presencia de ovocitos inmaduros, pre vitelogenados y/o vitelogenados se mantienen en este estadio. Sin embargo, en el tejido ovárico se observa un proceso de reabsorción caracterizado por la presencia de ovocitos atrésicos (atresia α) con una frecuencia igual o mayor al 50% con respecto a los ovocitos vitelogenados. También se puede observar atresia en otros grados de degeneración (β o γ) (Fig. 2-L).

MACHOS

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Testículo sumamente delgado y aplanado. Tonalidad que puede ser rosado claro o anaranjado pálido con zonas color crema. El reconocimiento de este estadio se facilita por su tamaño reducido y translucidez testicular con poca o inexistente presencia de vasos sanguíneos (Fig. 4-A).

Características microscópicas: Los espermatogonios y espermatoцитos son las células sexuales características en este estadio; sin embargo, pueden no estar presentes los espermatoцитos (Tabla 3). Se observan túbulos seminíferos con estos dos tipos de células. El tubo colector se encuentra rodeado de abundante tejido conjuntivo (Fig. 4-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Testículo aplanado de coloración rojiza y porciones rosadas. El ancho lobular varía entre muy angosto (similar al virginal) y mediano. Apariencia poco densa con moderada presencia de desarrollo vascular (Fig. 4-C).

Características microscópicas: La histoarquitectura es similar a la de los virginales, sin embargo el tejido conectivo es más abundante alrededor del tubo colector y puede presentar una reducida cantidad de espermatozoides. Las células sexuales que pueden encontrarse son espermatogonios y espermatoцитos (Fig. 4-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Testículos de mayor tamaño, de forma alargada y homogénea; color blanco humo en su mayoría, zonas con tonalidades rosadas o rojizas (Fig. 4-E).

Características microscópicas: Túbulos seminíferos con presencia de espermatogonios, espermatoцитos y espermátides. Algunos sectores pueden o no presentar espermatozoides (Fig. 4-F). El tubo colector se encuentra semivacío y presenta poco tejido conjuntivo.

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Aumento del tamaño testicular en relación con el estadio anterior. El testículo presenta consistencia y turgencia, es de color blanco lechoso y en ocasiones con zonas color crema pálido (Fig. 5-G).

Características microscópicas: Los túbulos seminíferos presentan espermatogonias, espermatoцитos (Fig. 6), espermátides y espermatozoides. El lumen del tubo colector se observa completamente lleno de espermatozoides. El tejido conjuntivo es escaso (Fig. 5-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Lóbulos testiculares bastantes pronunciados y turgentes. Color blanco lechoso evidente. Según la etapa de avance del estadio, al realizar ligera presión sobre el lóbulo puede liberarse fácilmente semen o presentar zonas rojizas o rosadas que varían según el grado de expulsión en la que se encuentre el ejemplar (Fig. 5-I).

Características microscópicas: Las células sexuales que se encuentran en este estadio son las mismas del estadio III (maduro), por lo que la diferenciación entre ambos se da por el nivel de llenura de los túbulos seminíferos y el tubo colector. En el lumen del túbulo seminífero pueden observarse espacios vacíos, debido a que los espermatozoides han sido liberados hacia el tubo colector, de igual forma debe existir menor cantidad de espermatozoides en el tubo colector, ya que esta característica indica que el individuo ya expulsó parte de ellos (Fig. 5-J).

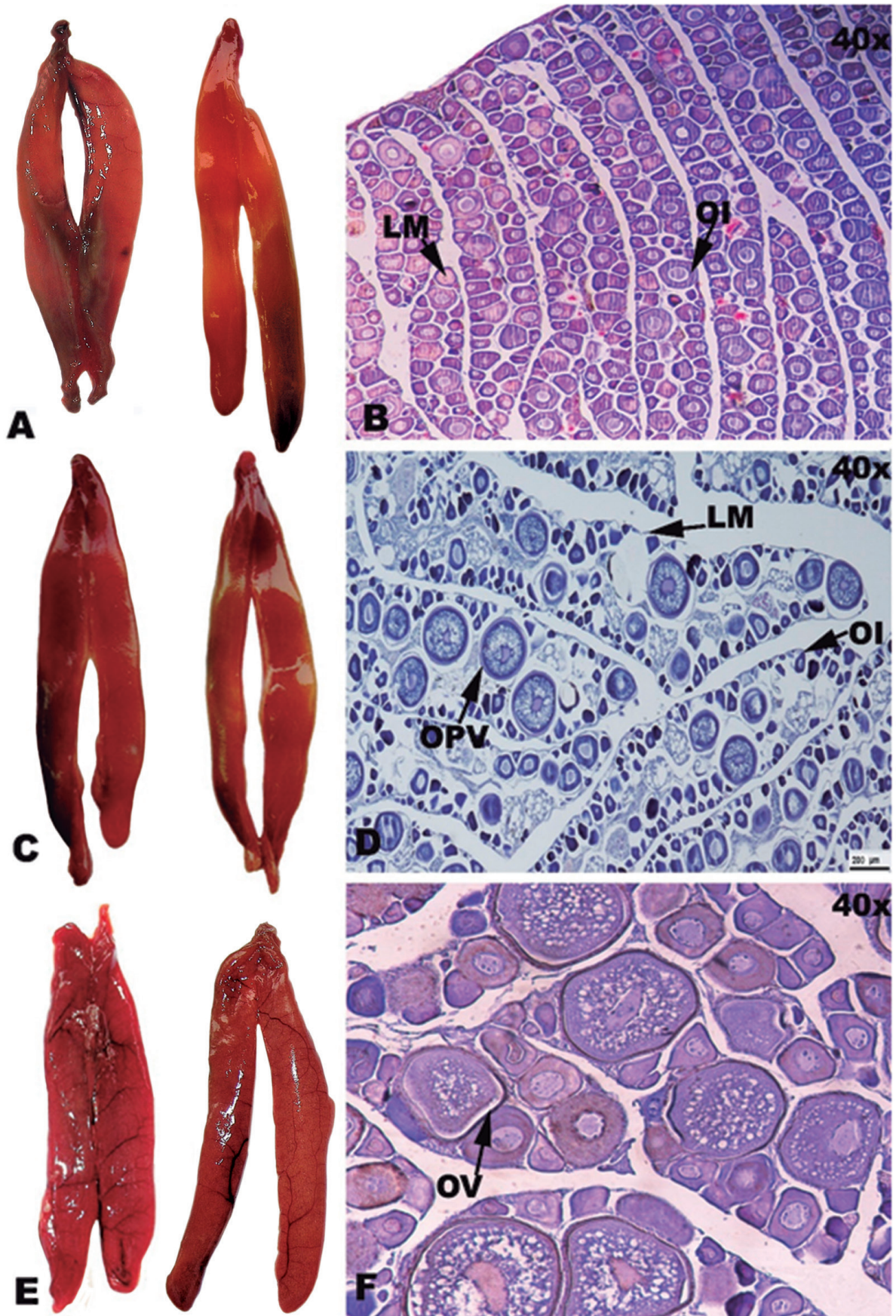


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.

A-B: Virginal, C-D: Reposo, E-F: En maduración.

OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre-vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, LM: lamela

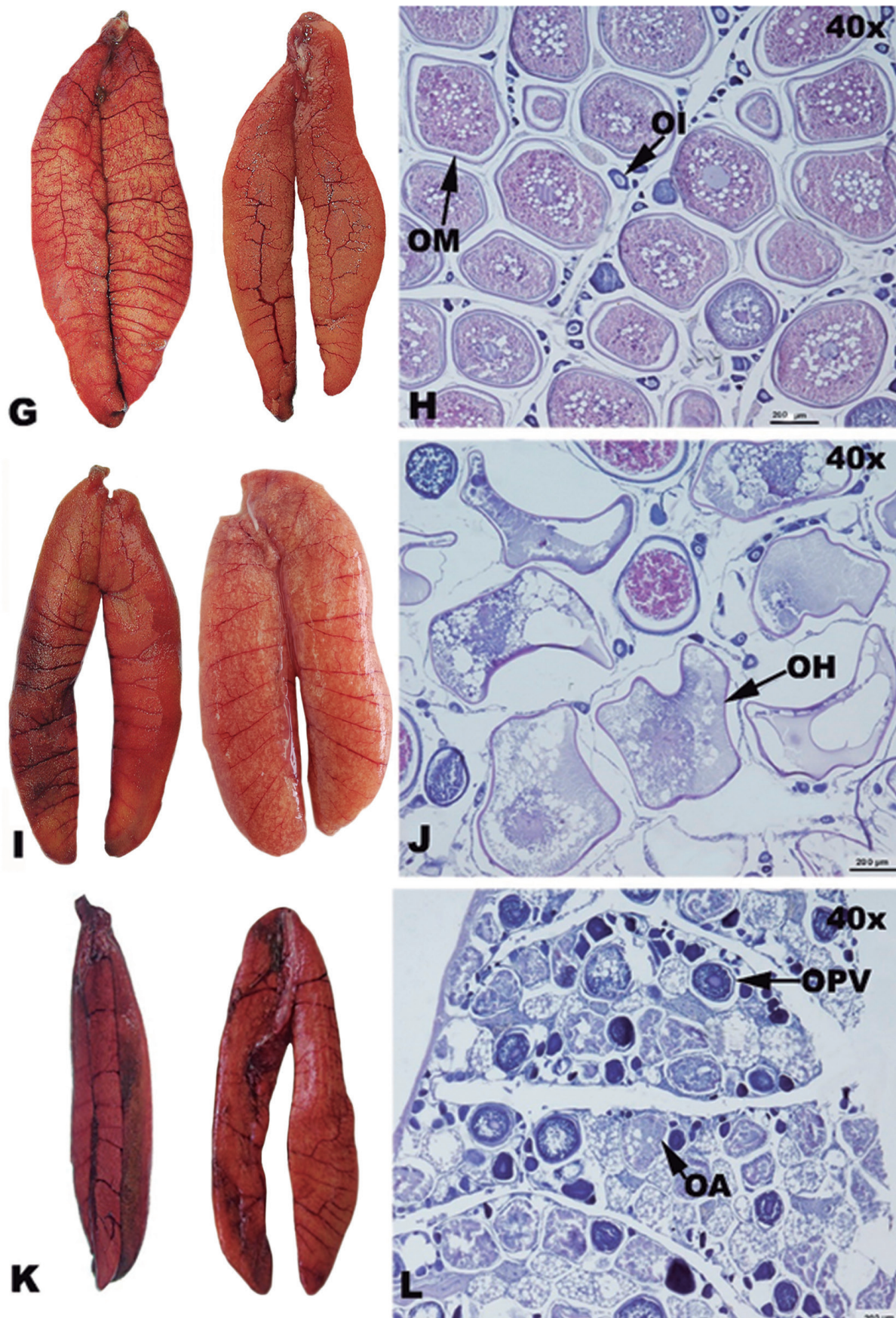


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.
G-H: Maduro, I-J: Desovante, K-L: Recuperación.
OI: Ovocito inmaduro, OPV: ovocito pre-vitelogenado, OM: ovocito maduro, OH: ovocito hidratado, OA: Ovocito atrésico

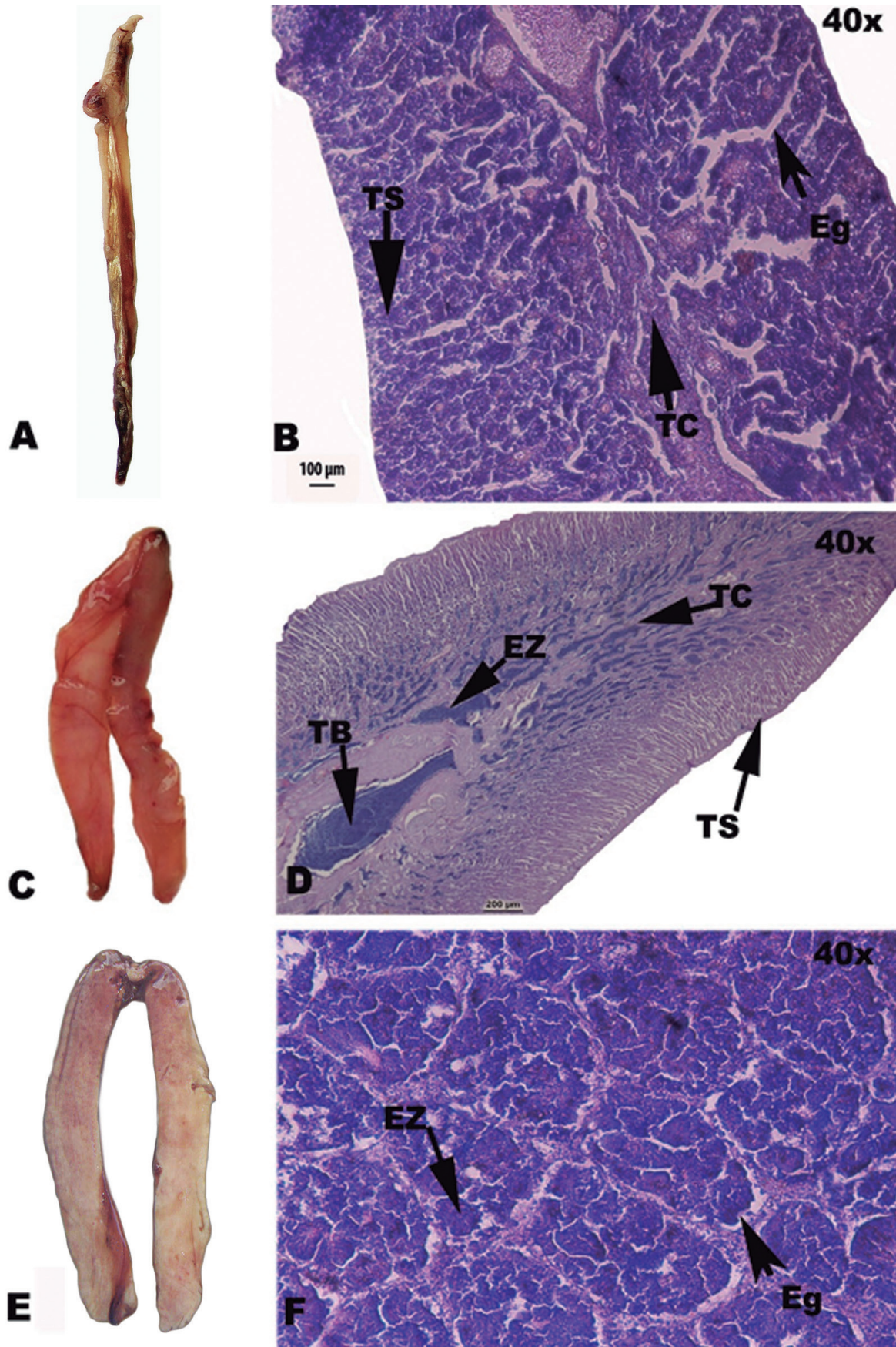


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.
A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.
Eg: Espermatogonio, Ez: espermatozoides, TB: Tubo colector, TC: Tejido conectivo, TS: Túbulos seminíferos

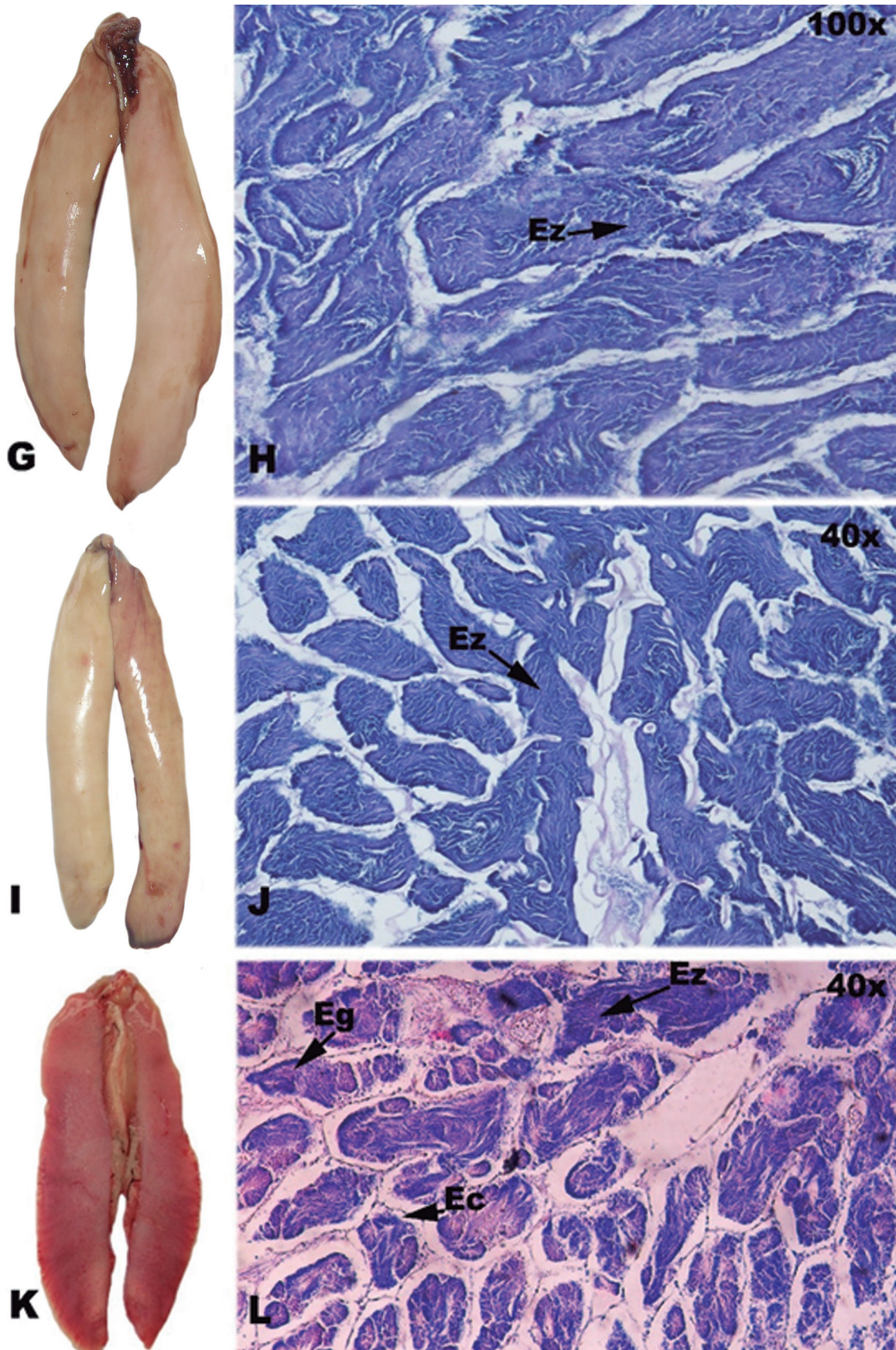


Figura 5.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.

G-H: Maduro; I-J: Expulsante; K-L: Post expulsante.

Eg: Espermatozonios, Ec: Espermatozonios, Ez: Espermatozonios

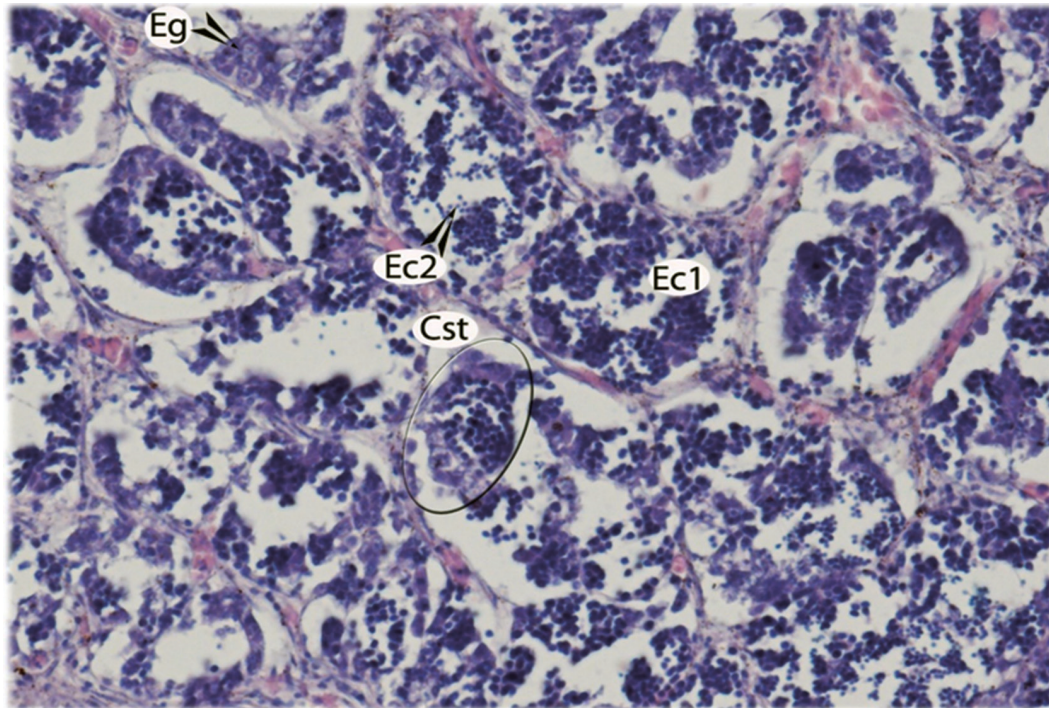


Figura 6.- Ubicación en los túbulos seminíferos de principales células sexuales en *Scomber japonicus peruanus* machos. Aumento: 200x.
Eg: Espermatogonio, Ec1: Espermatocito 1, Ec2: Espermatocito 2, Cst: Cisto

POST EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: La coloración pasa a ser rojiza con zonas sanguinolentas. Debido a que se trata de una etapa posterior a la expulsión, los testículos tienen una apariencia flácida y poco consistente, pudiendo observarse el borde de los lóbulos testiculares de apariencia laminar (Fig. 5-K).

Características microscópicas: Los individuos post-expulsantes presentan espacios vacíos entre los túbulos seminíferos. En una etapa avanzada pueden observarse con facilidad espermatogonios y espermatocitos. Además, el tubo colector puede presentar un reducido número de espermatozoides.

4. DISCUSIÓN

Para la determinación del estadio gonadal, además de la apariencia de las gónadas (flacidez, turgencia, transparencia, coloración) se observó la presencia o ausencia de ovocitos, distinguiendo su grado de desarrollo; lo cual se enmarca dentro de las recomendaciones dadas por KJESBU et al. (2003).

En algunas especies, es difícil diferenciar entre las hembras inmaduras y en recuperación, a nivel macroscópico (DOMÍNGUEZ-PETIT 2007). Sin embargo, este problema no existió con *Scomber japonicus peruanus* porque a diferencia de los ovarios en estadio virginal o en reposo, el tamaño de los que se encontraban en

recuperación fue significativamente mayor, existía vascularización remanente, tuvo presencia de zonas sanguinolentas y zonas que presentaban color amarillento a manera de grumos donde se notaba el proceso de reabsorción.

Existió dificultad en la diferenciación entre el estadio virginal (0) y reposo (I), debido a que algunos virginales presentan una coloración rojo oscuro, que se asemeja a los ovarios en reposo. Existen especies en las que la diferenciación a simple vista entre estos dos estadios no es posible, teniéndose que realizar cortes histológicos para la discriminación (FERRERI et al. 2009). Sin embargo, en nuestro caso, la translucidez en los virginales y la vascularización clara en los ovarios en reposo, son factores determinantes para la clasificación de estos estadios.

STEVEN (1949) encontró ovarios de caballa del Atlántico que externamente parecían inmaduros, pero que contenían ovocitos maduros en la luz. En el presente trabajo no se encontraron estas dificultades, habiendo correspondencia entre la observación macro y microscópica.

WALSH et al. (1990) elaboró una escala de madurez de seis estadios para *Scomber scombrus* con características macroscópicas similares a las descritas en el presente trabajo. Sin embargo, ellos consideraron el espacio ocupado por la gónada en la cavidad del cuerpo, aspecto que no se tomó en cuenta para esta escala.

El desarrollo ovocitario sigue una secuencia que permite identificar criterios claros de catalogación de los estadios de madurez gonadal en hembras. Estos criterios, están basados en la presencia – ausencia de células sexuales femeninas que guardan relación con el grado de madurez gonadal del individuo. Además, la distinción del estadio IV (desovante) es fácilmente identificado por la presencia de ovocitos hidratados y/o folículo post ovulatorio (Tabla 2).

En el caso de los machos, la identificación de los estadios de madurez gonadal no es sencilla como en las hembras. Esto se debe, principalmente, a que los espermatozoides, que son las células sexuales de mayor grado de madurez, pueden presentarse desde el estadio II (en maduración), siendo la presencia de tipos de células un indicador no determinante. Esta condición dificulta la asignación del estadio, por lo que en el presente estudio, además se tomó en cuenta la caracterización de la histoarquitectura en su totalidad, considerando la condición de llenura tanto de los túbulos seminíferos como del tubo colector (Tabla 3).

WALSH et al. (1990) describió seis estadios que inician con el estadio inmaduro (estadio I) y concluyen con el estadio post – desovante o en recuperación (estadio VI). Sin embargo, en el presente trabajo, el catalogar a los virginales como estadio 0 permite discriminar a este grupo de la fracción adulta (estadio I – V) (GÓMEZ 2004, SÁNCHEZ et al. 2013), por lo que se recomienda tomar en cuenta este criterio en futuras escalas.

5. REFERENCIAS

CARAMANTIN H, VEGA L, ÑIQUE M. 2009. The influence of the 1992-1993 El Niño on the reproductive biology of *Scomber japonicus peruanus* (Jordan and Hubb, 1925). *Brazilian Journal of Oceanography*. 57(4): 263-272.

DOMINGUEZ-PETIT R. 2007. Study of reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician Shelf. Doctoral Thesis. University of Vigo, Vigo, Spain: 253 pp.

FERRERI R, BASILONE G, D'ELIA M, TRAINA A, SABORIDO-REY F, MAZZOLA S. 2009. Validation of macroscopic maturity stages according to microscopic histological examination for European anchovy. *Marine Ecology*. 30: 181 – 187.

GÓMEZ C. 2004. Aspectos reproductivos de pejerrey (*Odontesthes regia regia*) (Humboldt, 1821) en la zona de Pisco en el periodo 1996-1997 y mayo – julio del

Tabla 2.- Criterios de catalogación de estadios en *Scomber japonicus peruanus* hembras. OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre-vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, ONM: Ovocito con núcleo migratorio, OH: Ovocito hidratado, FPO: Folículo post-ovulatorio, OA: Ovocito atrésico

Estadios	Criterios microscópicos de catalogación										
	Presencia de células								Pared del ovario		
	OI	OPV	OV	OM	NM	OH	FPO	OA<50%	OA>50%	Simple	Desarrollada
Virginal	+	+								+	
Reposo	+	+									+
En maduración	+	+	+					+			+
Maduro	+	+	+	+	+			+			+
Desovante	+	+	+	+		+	+	+			+
Recuperación	+	+	+	+					+		+

Tabla 3.- Criterios microscópicos de catalogación de estadios en *Scomber japonicus peruanus* machos. Eg: Espermato gonio, Ec: Espermato cito, Et: Espermátide, Ez: Espermato zoide

Estadios	Criterios microscópicos de catalogación												
	Presencia de células				Tubo de colección			Tejido conjuntivo					
	Eg		Ec		Et		Ez		Vacío	Semivacío	Lleno	Escaso	Abundante
	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO	SÍ	NO					
Virginal	+		+	+		+	+	+					+
Reposo	+		+			+	+	+					+
En maduración	+		+			+	+			+			
Maduro	+	+	+			+	+				+	+	
Expulsante	+	+	+			+	+			+		+	
Post-expulsante	+	+	+			+	+			+			+

2002. Tesis para optar el título de biólogo. Universidad Nacional Agraria La Molina. 95 pp.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring – spawning sea-herring (*Clupea harengus* L.) in the north–west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- 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. Fisken og Havet 12: 7-9.
- MIÑANO J, CASTILLO J. 1971. Primeros resultados de la investigación biológico pesquera de la caballa *Scomber japonicus peruanus*. Serie Informes Especiales Instituto del Mar, Perú-Callao. IM-84: 1-16.
- PRODUCE. 2012. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Ministerio de la Producción. 180 pp.
- SÁNCHEZ J, PEREA A, BUITRÓN B, ROMERO L. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. Rev. Perú. Biol. Lima. 20(1): 35-44.
- STEVEN GA. 1949. Contributions to the biology of the Mackerel *Scomber scombrus*. I, II. A study of the fishery in the south–west of England, with special reference to spawning, feeding and fishermen signs. J. mar. Biol. Ass. U.K. 38: 555 – 81.
- WALSH M, HOPKINS P, WITTHAMES PR, GREER WALKER M, WATSON J. 1990. Estimation of total potential fecundity and atresia in the western mackerel stock. 1989. CM 1990/H: 31.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE ANCHOVETA BLANCA *Anchoa nasus* (KNER y STEINDACHNER, 1867)

GONADAL MATURITY SCALE OF LONG NOSE ANCHOVY

Anchoa nasus (KNER y STEINDACHNER, 1867)

Betsy Buitrón

Julio Mori

Marie Anne Gálvez

Javier Castillo

Cecilia Roque

RESUMEN

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): 50-57.- Se presenta la escala de madurez gonadal de anchoveta blanca *Anchoa nasus*. El proceso de maduración y desove se ha clasificado en seis estadios tanto para hembras como para machos. Se examinaron cortes histológicos de 442 individuos de anchoveta blanca colectados a bordo del BIC J. Olaya, durante las operaciones de verano del 2008 y 2009 y del invierno primavera del 2012 y 2013. Se describe las características visuales externas y las microscópicas que definen cada uno de los estadios.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

BUITRÓN B, MORI J, GÁLVEZ MA, CASTILLO J, ROQUE C. 2015. Gonadal maturity scale of long nose anchovy *Anchoa nasus* (Kner y Steindachner, 1867). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 50-57.- The gonadal maturity scale of long nose anchovy *Anchoa nasus* is presented. The process of maturation and spawning has been classified into six stages to females and males. Histological sections of 442 individuals collected on board of The R.V. J. Olaya during summer 2008; winter 2009 and spring of 2012 and 2013 were analyzed. We examined the visual and microscopic characteristics that define each stage.

KEYWORDS: Stages of maturity, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

La anchoveta blanca *Anchoa nasus* es un engráulido que habita principalmente en la costa del Pacífico, desde la Bahía San Juanico, México hasta Chimbote, Perú, desplazándose ocasionalmente hasta Callao y Pisco, Perú (CHIRICHIGNO y CORNEJO 2001).

La importancia de la pesquería de esta especie se da a partir del año 1995 cuando los desembarques de la flota industrial se incrementaron considerablemente (BOUCHON 2007). Actualmente, la especie *A. nasus* se encuentra dentro de los peces pelágicos de mayor interés comercial, en conjunto con la anchoveta *Engraulis ringens*, el jurel *Trachurus murphyi*, la caballa *Scomber japonicus peruanus*, el perico *Coryphaena hippurus* y otros (PRODUCE 2012). La utilización principal de este recurso es como insumo para la fabricación de harina de pescado, junto con la anchoveta peruana, por lo que ambas comparten normas legales de ordenamiento pesquero (BOUCHON 2007).

Dentro de las medidas de protección del recurso, se han implantado las vedas reproductivas. Sin embargo, muchos de los aspectos de su reproducción aún

no son conocidos. Variables como la talla de primera madurez y condición reproductiva de la especie, es información que debe ser obtenida para conocer la situación real en la que se encuentra el recurso. Para la determinación de estas variables es necesario hacer uso de una escala de madurez gonadal que pueda ser utilizada en el trabajo de rutina, sin necesidad de realizar un procesamiento histológico (GONÇALVES et al. 2004) que requiere mayor inversión de tiempo y dinero.

El objetivo del presente trabajo fue determinar una escala de madurez gonadal macroscópica validada microscópicamente, que permita dividir el proceso de maduración y desove/expulsión de anchoveta blanca en estadios prácticos para su identificación. De esta forma, mediante catalogaciones macroscópicas, se podrán conocer los estadios de madurez de forma rápida y bajo una validez histológica.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Las muestras se obtuvieron del muestreo biológico de 442 individuos de anchoveta blanca, provenientes de los cruceros de evaluación de recursos pelágicos realizados por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

en el 2008 (febrero-abril), 2009 (febrero-abril), 2010 (agosto-setiembre), 2013 (agosto-setiembre). Se colectaron las gónadas, que correspondieron a 192 testículos y 250 ovarios.

3. RESULTADOS

HEMBRAS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Ovario translúcido con tonalidades rosadas. Apariencia homogénea, sin observar ovocitos a simple vista (Fig. 1-A).

Características microscópicas: Ovocitos inmaduros ubicados dentro de lamelas que se encuentran separadas unas de otras, pudiendo observarse espacios vacíos entre ellas (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Se observa claramente el vaso sanguíneo principal. Coloración rojiza que puede presentar secciones sanguinolentas producto de un desove anterior (Fig. 1-C).

Características microscópicas: Presencia de ovocitos inmaduros y pre vitelogenados. No existen vacíos entre las lamelas y tienen una apariencia desordenada y poco homogénea (Fig. 1-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Se diferencia del estadio 0 por el incremento en la turgencia y el tamaño de los ovocitos, que permite que sean observados a simple vista. Presenta tonalidades que varían entre rosado y anaranjado, según el nivel de madurez en el que se encuentre la gónada (Fig. 1-E).

Características microscópicas: Presencia de ovocitos inmaduros, pre vitelogenados y vitelogenados. El grosor de las lamelas aumenta y las células se encuentran apiladas. Los ovocitos vitelogenados permiten identificar este estadio y se ubican por la tinción eosinófila, producto de la presencia de vitelo (Fig. 1-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Se observa claramente el vaso sanguíneo principal y son de apariencia consistente y turgente. Los ovocitos son visibles y la coloración puede ser rosada o anaranjada, con tonalidades que pueden variar según el nivel de madurez de la gónada (Fig. 2-G).

Características microscópicas: Se caracterizan por la abundante presencia de ovocitos maduros.

Además, pueden observarse ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y presencia de ovocitos atrésicos en proporción menor al 50% (Fig. 2-H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Ovarios con vaso sanguíneo principal de gran desarrollo y vasos sanguíneos secundarios claramente visibles. Máximo nivel de turgencia y consistencia. Coloración puede variar entre rosado y anaranjado (Fig. 2-I).

Características microscópicas: Determina este estadio la presencia de ovocitos hidratados y/o folículos post ovulatorios. Además, se puede observar la presencia de ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y maduros (Fig. 2-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Ovarios flácidos y de poca consistencia. Se pueden observar ovocitos de color blanquecino o amarillo a manera de grumos. La gónada es de color rojo con zonas sanguinolentas producto del desove (Fig. 2-K).

Características microscópicas: La identificación de este estadio se logra al observar un 50% o más de ovocitos atrésicos. También están presentes ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y maduros. (Fig. 2-L).

MACHOS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Los testículos son pequeños, delgados y poco consistentes, de tonalidad rosada o rojiza, de apariencia translúcida, observándose poco o nulo desarrollo vascular (Fig. 3- A).

Características microscópicas: Pueden observarse zonas de crecimiento con la presencia de espermatogonias, donde también se pueden encontrar algunos espermatozoides (Fig. 3- B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Los testículos son de tamaño mediano, de poca consistencia, de tonalidad beige claro, algo opaca, observándose poco desarrollo vascular (Fig. 3- C).

Características microscópicas: Presentan túbulos seminíferos que contienen espermatogonias y donde pueden observarse algunos espermatozoides, presencia de tejido conjuntivo ocupando el espacio entre los túbulos seminíferos. Pared del testículo gruesa (Fig. 3- D).

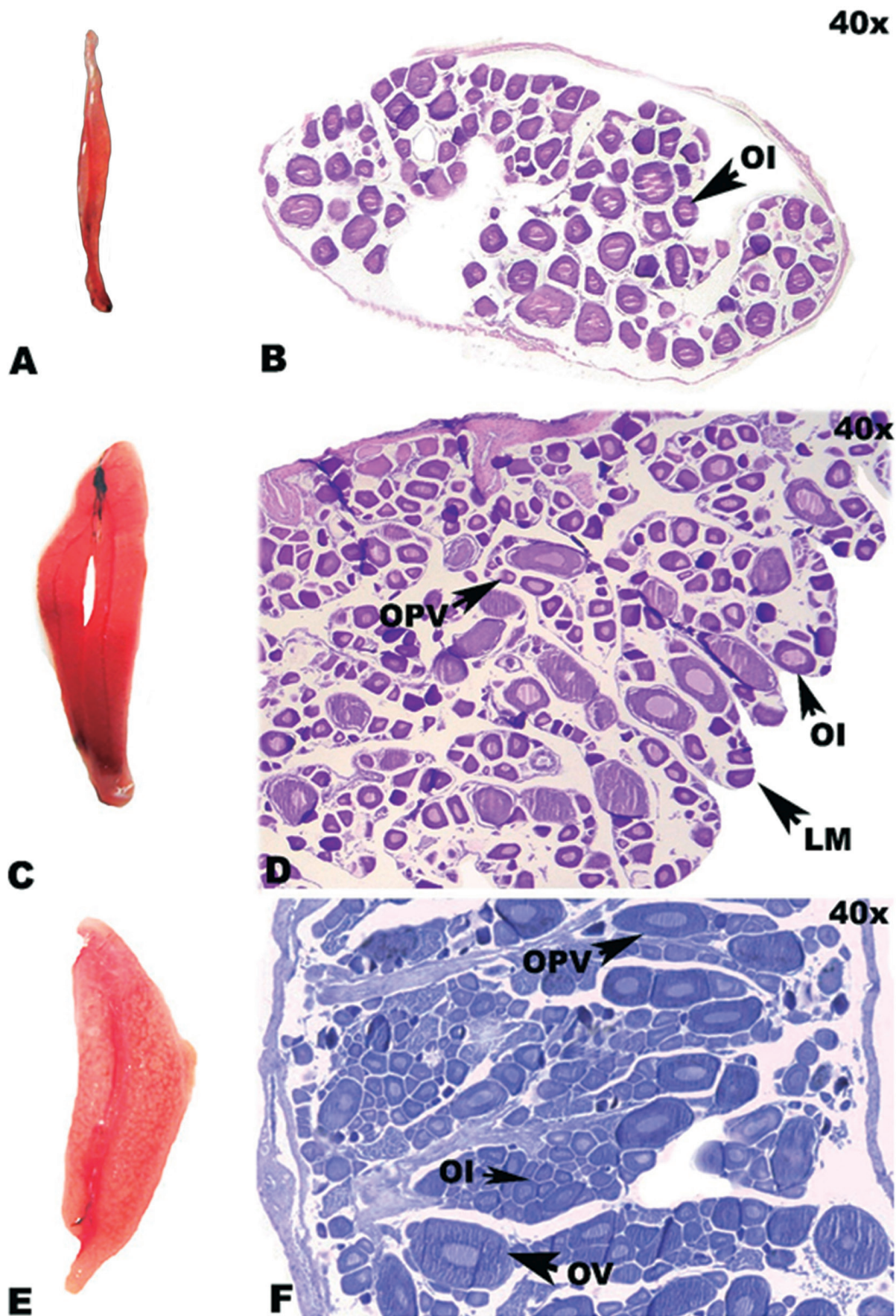


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Anchoa nasus*.
A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.
OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre-vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, LM: lamela

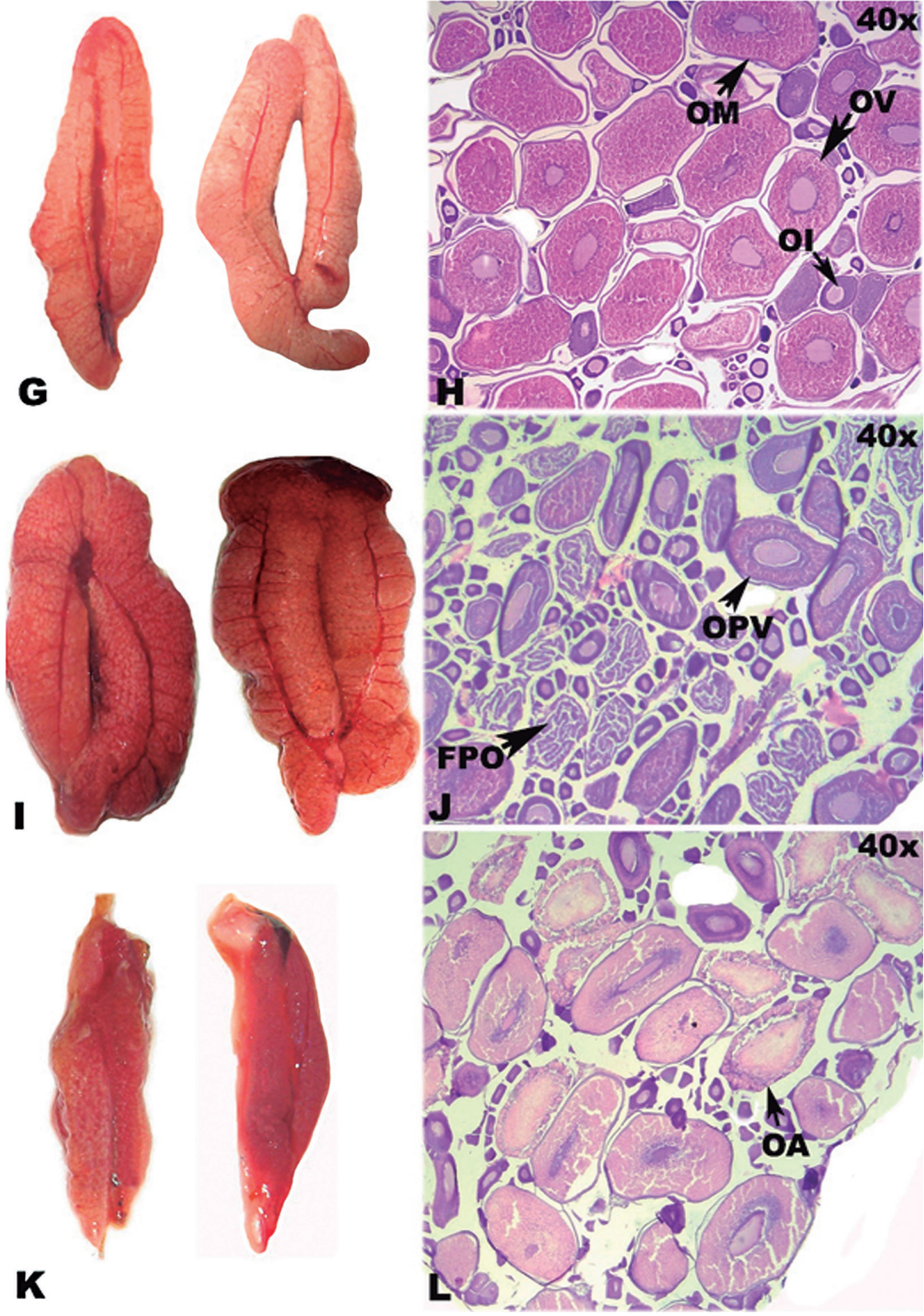


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Anchoa nasus*.
G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.
OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocitos previtelogenado, OM: ovocito maduro, FPO: Foliculo post-ovulatorio, OA: Ovocito atrésico

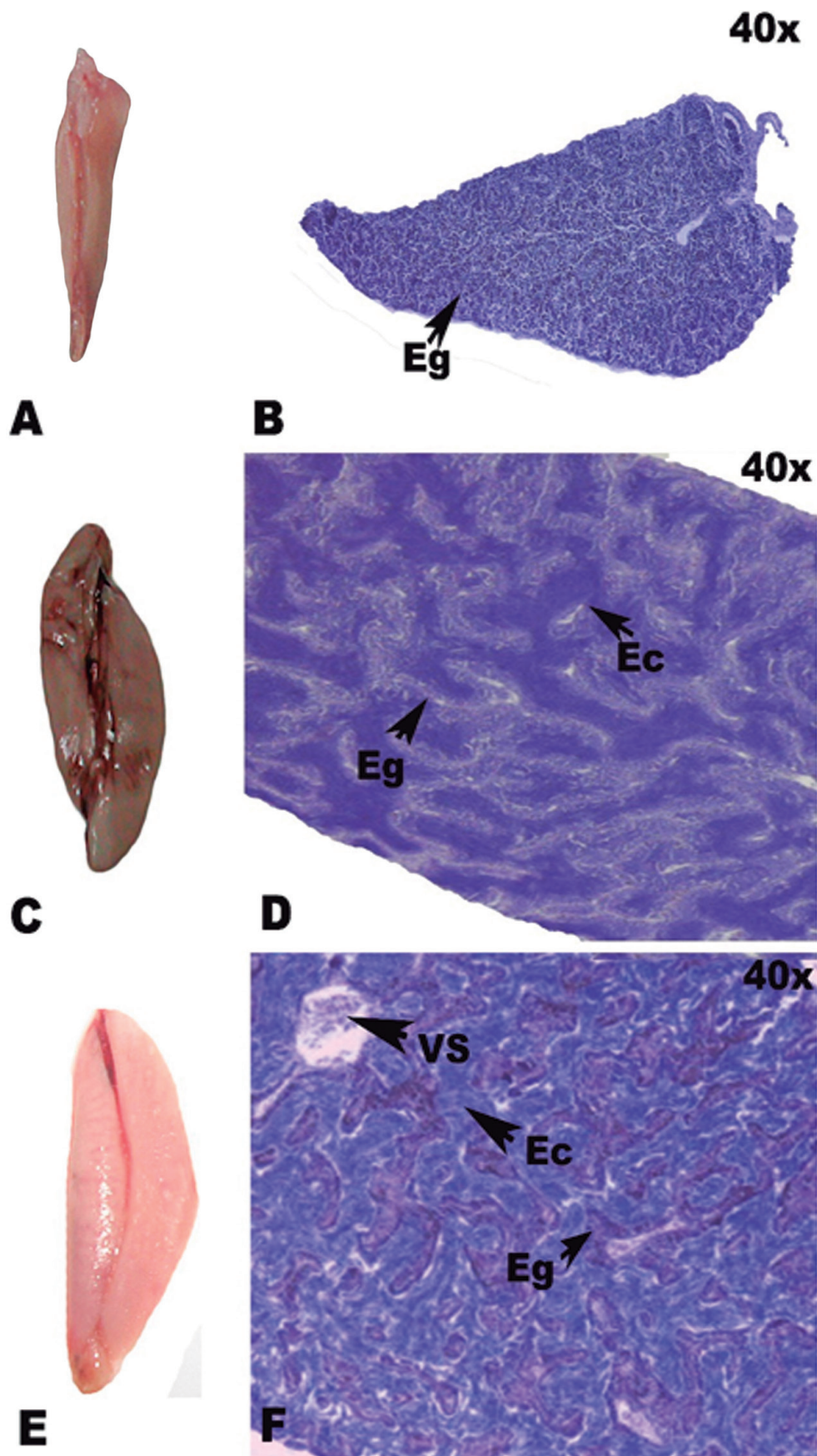


Figura 3.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Anchoa nasus*. A-B: Virginal; C-D: Reposo; F-G: En maduración. Eg: Espermatogonio, Ec: Espermatocitos, VS: Vaso sanguíneo

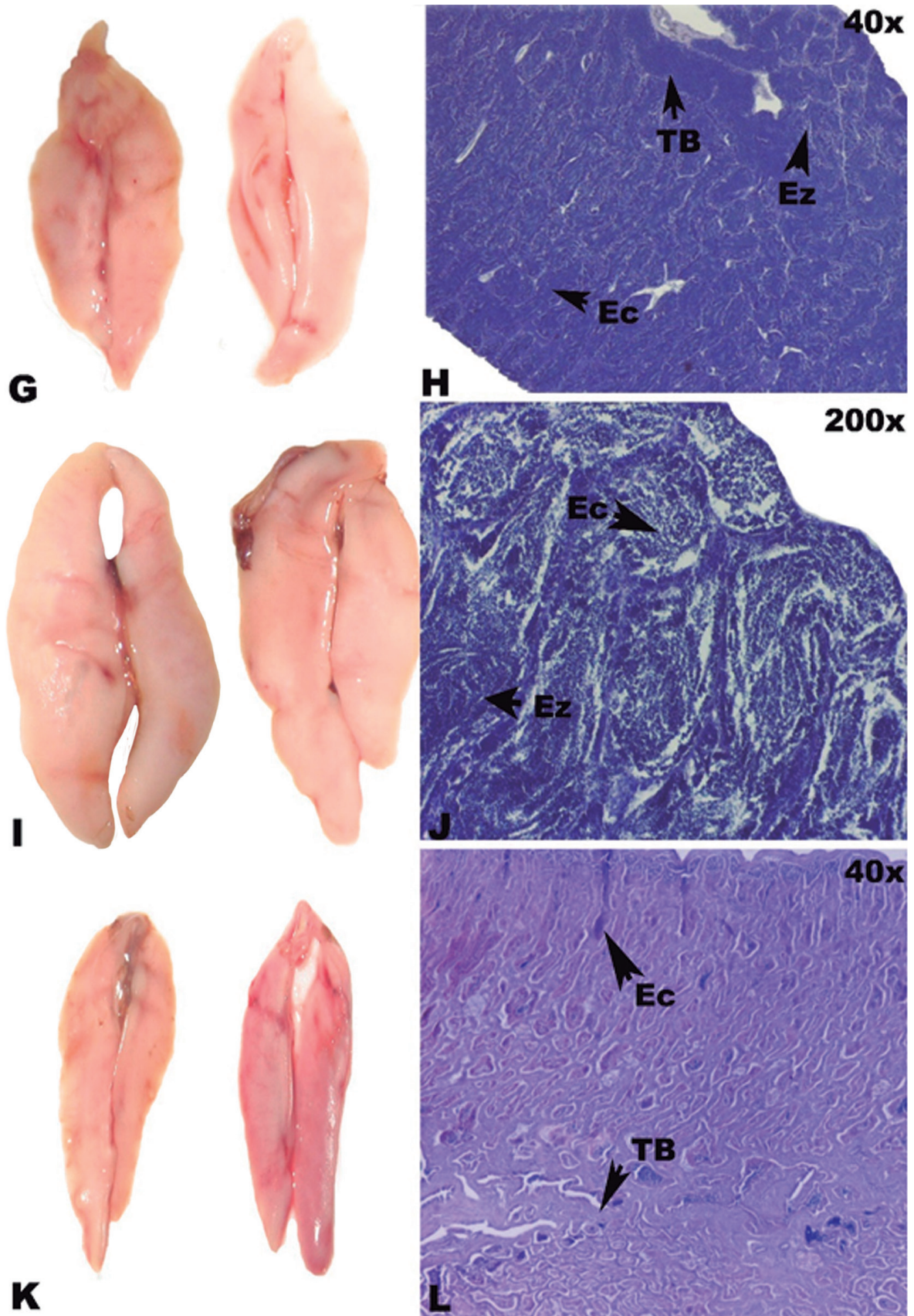


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Anchoa nasus*. G-H: Maduro; I-J: Expulsante; K-L: Post - expulsante. Ec: Espermatocitos, Ez: espermatozoides, TB: Tubo colector

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Se caracteriza por ser de tamaño mediano a grande, consistente en algunas zonas. Color desde blanco humo, con presencia o no de algunas zonas rojizas, hasta blanco cremoso, observándose desarrollo vascular moderado (Fig. 3- E).

Características microscópicas: Los túbulos seminíferos con presencia de espermatogonias, espermatoцитos y espermátides, los que se observan de tamaño homogéneo, en algunos sectores puede o no observarse presencia de algunos espermatozoides (Fig. 3- F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Los testículos son de gran tamaño, color blanquecino a blanco lechoso, turgente, desarrollo vascular evidente (Fig. 4- A).

Características microscópicas: Presentan túbulos seminíferos con presencia de espermatogonias, espermatoцитos y espermátidas. En el lumen de los túbulos se observa presencia de espermatozoides. El tubo colector se presenta completamente lleno (Fig. 4-B).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: En su etapa inicial tienen un tamaño máximo, muy turgentes, de color blanco lechoso, el semen se expelle fácilmente con una suave presión. En su etapa avanzada van disminuyendo de tamaño y turgencia. De color blanquecino, puede tener presencia de algunos sectores con tonalidades rosadas o rojizas (Fig. 4-I).

Características microscópicas: Túbulos seminíferos con poca presencia de espermatogonias y espermatoцитos, dominados por espermátides y espermatozoides que ocupan la luz de los túbulos. Es posible observar algunas zonas vacías producto de la expulsión (Fig. 4-J).

POST EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Testículos delgados de color crema con zonas rojizas o rojo intensas. Presentan vascularización evidente (Fig. 4-K).

Características microscópicas: Túbulos seminíferos vacíos o con restos de espermatoцитos y espermatozoides. Presencia de tejido conectivo (Fig. 4-L).

4. DISCUSIÓN

La anchoveta blanca o samasa es un engraulido poco estudiado en su biología, a pesar que tiene un ordenamiento pesquero y cuya normativa para vedas

reproductivas, muchas veces, es compartida con la de la anchoveta peruana, siendo utilizada junto a ella, sobre todo, como un insumo en la producción de harina de pescado. Este trabajo es una primera aproximación a un estudio de la biología reproductiva del recurso, cuyas gónadas presentan características macroscópicas y microscópicas semejantes a *Engraulis ringens* y al igual que este y otros engraulidos como la anchoveta argentina *E. anchoita* (PÁJARO et al. 2009), la de California *E. ringens* (HUNTER y GOLDBERG 1980, HUNTER y LEONG 1981), la europea *E. capensis* (MELO 1994), la japonesa *E. japónica* (YOUNG y CHIU 1994) o la de Indonesia *Encrasicholina punctifer* (MAACK y GEORGE 1999), también es un desovador parcial indeterminado.

Algunos trabajos presentan con gran detalle el desarrollo ovocitario y espermatogénico que se produce en las gónadas (YOUNG y CHIU 1994); sin embargo, en el contexto de los recursos pesqueros peruanos y, dada la importancia de su manejo, no solamente es importante la descripción microscópica sino también la observable a simple vista, ya que esta es la que finalmente va a ser empleada en las catalogaciones rutinarias de los estadios de madurez gonadal.

La elaboración de una escala de madurez gonadal tiene como objetivo convertir en discreto (clasificación en etapas o estadios) un proceso continuo, como es la maduración de las gónadas (BROMLEY 2003), por ello la validación microscópica aporta precisión a este proceso y reduce el sesgo originado por el subjetivismo propio de la catalogación.

Una adecuada catalogación va a permitir que las estimaciones que utilizan como base de datos los estadios de madurez, tales como ciclo reproductivo, época de desove u ojivas de madurez, sean más confiables, lo que es muy importante, dado que estos parámetros reproductivos son utilizados directamente en la administración pesquera y evaluación de poblaciones de peces para identificar las unidades de stock naturales y estimar la biomasa reproductora (MORGAN 2008, FERRERI et al. 2009 y COSTA 2009).

Para mejorar una escala de madurez gonadal uno debe enfocarse en características altamente confiables, tales como la presencia de ovocitos vitelogenados o hidratados, los cuales pueden ser fácilmente diferenciados a simple vista y que muestran el desove inminente (HUNTER y MACEWICZ 2003). Así mismo, se debe reconocer que existen características macroscópicas, las cuales debido al carácter dinámico de la reproducción, son más difíciles de enmarcar dentro de un estadio y en los cuales se debe tener cuidado al diferenciarlos. Así tenemos, el estadio virginal y el reposo deben ser adecuadamente diferenciados, debido a que un error en este nivel

puede producir sobre o subestimación de la población reproductora (SABORIDO y JUNQUERA 2008, COSTA 2009). Además, es importante cuando se realiza la catalogación, contextualizarla, es decir, entender la característica espacial y temporal de la estación reproductiva (HUNTER y MACEWICZ 2003). Una escala de madurez puede y debe ser mejorada al reducir el número de estadios (HUNTER y MACEWICZ 2003, GERRITSEN y McGRATH 2006). En el caso de la samasa, la escala propuesta tiene seis estadios al igual que en la escala de madurez gonadal de otro engraulido como la anchoveta europea *Engraulis encrasicolus* (FERRERI et al. 2009). Es importante considerar que debe existir una etapa de calibración e intercalibración de esta escala entre los usuarios y la experiencia en el uso de esta escala permitirá mejorar la capacidad de reconocer las diferentes etapas (SABORIDO y JUNQUERA 1998, GERRITSEN y McGRATH 2006).

La elaboración de la escala de madurez gonadal validada del recurso *Anchoa nasus* se presenta como un inicio para el desarrollo de mayores estudios de su biología reproductiva. Los parámetros reproductivos como fracción desovante, fecundidad y tallas de primera madurez podrán ser estimados con mayor confiabilidad con el uso correcto de esta escala.

5. REFERENCIAS

- BOUCHON M. 2007. Biología y pesquería de samasa (Kner y Steindachner, 1866) (Pisces: Clupeiformes: Engraulidae) en el mar peruano. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias del mar. Univ. Nac. Federico Villareal. 70 pp.
- BROMLEY PJ. 2003. Progress towards a common gonad grading key for estimating the maturity of North Sea plaice. 2003. En: Report of the working group on Modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold- water fish and squids. Bergen (4-7-September 2001):19-24.
- CHIRICHIGNO N, CORNEJO RM. 2001. Catálogo Comentado de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Inf. Inst. Mar Perú. 314 pp.
- COSTA AM. 2009. Macroscopic vs. microscopic identification of the maturity stages of female horse mackerel. – ICES Journal of Marine Science. 66: 509–516.
- FERRERI R, BASILONE G, D'ELIA M, TRAINA A, SABORIDO-REY F, MAZZOLA S. 2009. Validation of macroscopic maturity stages according to microscopic histological examination for European anchovy. Marine Ecology. 30 (1): 181–187.
- GERRITSEN HD, McGRATH D. 2006. Variability in the assignment of maturity stages of plaice (*Pleuronectes platessa* L.) and whiting (*Merlangius merlangus* L.) using macroscopic maturity criteria. Fisheries Research. 77: 72–77.
- GONÇALVES P, CUNHA E, COSTA A. 2004. Escala de maturação microscópica e macroscópica das gónadas femininas de pescada (*Merluccius merluccius*). Relat. Cient. Téc. IPIMAR, Série digital (<http://ipimariniap.ipimar.pt>). 21: 27 pps.
- HUNTER JR, GOLDBERG SR. 1980. Spawning incidence and batch fecundity in northern anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 77(3): 641-652.
- HUNTER JR, LEONG R. 1981. The spawning energetics of female anchovy *Engraulis mordax*. Fish. Bull. 79(2): 215-230.
- 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 (4-7-September 2001): 57-68.
- MAACK G, GEORGE MR. 1999. Contributions to the reproductive biology of *Engraulicholina punctifer* Fowler, 1938 (Engraulidae) from West Sumatra, Indonesia. Fisheries Research. 44: 113-120.
- MELO CY. 1994. Multiple spawning of the anchovy, *Engraulis capensis*. S. Afr. J. Mar. Sci. 14: 313-319.
- MORGAN J. 2008. Integrating reproductive biology into scientific advice for fisheries management J. Northw. Atl. Fish. Sci. 41: 37–51.
- PÁJARO M, MACCHI G, LEONARDUZZI E, HANSEN JE. 2009. Spawning biomass of Argentine anchovy (*Engraulis anchoita*) from 1996 to 2004 using the Daily Egg Production Method. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. 89(4): 829–837.
- PRODUCE. 2012. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Ministerio de la Producción. 180 pp.
- SABORIDO-REY F, JUNQUERA S. 1998. Histological assessment of variations in sexual maturity of cod (*Gadus morhua* L.) at the Flemish Cap (north-west Atlantic). ICES Journal of Marine Science. 55: 515–521.
- YOUNG S, CHIU T. 1994. Ovarian maturation of Japanese anchovy *Engraulis japonica* T. and S. from I-Lan Bay, Northeastern, Taiwan. Zoological Studies. 33(4): 302-309.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE CABRILLA *Paralabrax humeralis* (VALENCIENNES, 1828)

GONADAL MATURITY SCALE OF PERUVIAN ROCK SEABASS *Paralabrax humeralis* (VALENCIENNES, 1828)

Javier Sánchez

Marie Anne Gálvez

RESUMEN

SÁNCHEZ J, GÁLVEZ MA. 2015. Escala de madurez gonadal de cabrilla *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 58-65.- En este trabajo se realiza la validación de la escala de madurez gonadal macroscópica de la cabrilla *Paralabrax humeralis*. Se analizaron 197 ovarios y 188 testículos provenientes del seguimiento de la pesquería demersal y cruceros de investigación de recursos demersales en el 2005 (Enero-febrero y mayo-junio). Sobre la base del análisis histológico se asignó a cada individuo un estadio de madurez macroscópico. Se realizó la descripción de los estadios de madurez que van desde el estadio 0 (virginal) hasta el 5 (recuperación en hembras, post expulsante en machos). Se realizó una comparación con escalas anteriormente realizadas, discutiendo además los beneficios de su uso.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

SÁNCHEZ J, GÁLVEZ MA. 2015. Gonadal maturity scale of Peruvian rock seabass *Paralabrax humeralis* (Valenciennes, 1828). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 58-65.- In this paper we validate the macroscopic gonad maturity scale of *Paralabrax humeralis*. 197 ovaries and 188 testes from the Demersal Fishery Monitoring System and Demersal Trawl Surveys in 2005 (January-February and May-June) were analyzed. On the basis of histological analysis it was assigned to each individual a macroscopic maturity stage. The description of maturity stages ranging from stage 0 (virgin) to stage 5 (recovery in females, post expulsion in males) were performed. A comparison with scales previously performed was performed also discussing the benefits of its use.

KEYWORDS: Stages of maturity, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

Cabrilla *Paralabrax humeralis*, es una especie bentopelágica que habita áreas costeras rocoso-arenosas desde Ecuador hasta la región austral de Chile (CHIRICHIGNO y VÉLEZ 1998). En el Perú, es una de las cinco especies demersales con mayores desembarques anuales (PRODUCE 2012), siendo comercializada en estado fresco, congelado y salado (GOICOCHEA et al. 2012).

Existen pocos trabajos sobre la biología reproductiva de *P. humeralis*, destacando el de MIÑANO y CASTILLO (1971), quienes determinaron su época de desove, talla de primera madurez y proporción sexual. Para la obtención de estas variables, se hizo uso de la escala de madurez gonadal descrita por JOHANSEN (1919), adaptándose los estadios de ésta escala al desarrollo gonadal de *P. humeralis*, debido a que no existía una escala propia para la especie.

Los aspectos reproductivos, pueden presentar variaciones en el tiempo, por lo que se debe realizar una actualización de los mismos. La base de los parámetros reproductivos es identificar el estadio en el cual se encuentra la especie, siendo necesario para ello el uso de una escala de madurez gonadal propia para la especie.

El objetivo de este trabajo es determinar una escala de madurez gonadal macroscópica para la cabrilla *Paralabrax humeralis*, validada mediante el análisis histológico de las gónadas, que nos permita tener mayor precisión en la determinación del estadio de madurez gonadal correspondiente, a partir de la cual se pueda determinar la condición reproductiva de la especie.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 385 gónadas de *P. humeralis*, colectadas durante el Programa de Seguimiento de la Pesquería Demersal y de los Cruceros de Investigación de Recursos Demersales efectuado el 2005 (enero-febrero y mayo-junio). Del total de gónadas analizadas, 197 fueron ovarios y 188 testículos (Tabla 1).

3. RESULTADOS

HEMBRAS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Ovario pequeño y poco consistente de aspecto homogéneo y turgente. Presenta color desde anaranjado claro o poco translúcido, hasta anaranjado con algunas zonas rojizas. Se observa poco desarrollo vascular (Fig. 1-A).

Tabla 1.- Procedencia de las muestras de gónadas de hembras y machos de *Paralabrax humeralis*, para la determinación de su escala de madurez gonadal. H: Hembras; M: Machos; Mar: Marzo; Abr: Abril; May: Mayo; Jul: Julio; Set: Setiembre; Nov: Noviembre

Procedencia	Mes	Sexo	Rango de talla (cm)	Nº muestras
Seguimiento 2005	Mar	H	23 -40	17
Seguimiento 2005	Mar	M	25 - 38	15
Seguimiento 2005	Abr	H	25 - 38	22
Seguimiento 2005	Abr	M	26 - 34	19
Seguimiento 2005	May	H	24 - 37	22
Seguimiento 2005	May	M	23 - 37	19
Seguimiento 2005	Jun	H	29 - 32	23
Seguimiento 2005	Jun	M	19 - 33	21
Seguimiento 2005	Jul	H	20 - 38	22
Seguimiento 2005	Jul	M	23 - 39	23
Seguimiento 2005	Set	H	15 - 41	28
Seguimiento 2005	Set	M	17 - 43	38
Seguimiento 2005	Nov	H	41 - 44	23
Seguimiento 2005	Nov	M	39 - 44	22
Crucero 0501-02	Ene-Feb	H	18 - 48	28
Crucero 0501-02	Ene-Feb	M	17 - 47	20
Crucero 0505-06	May-Jun	H	23 - 36	12
Crucero 0505-06	May-Jun	M	21 - 32	11
Total			17 - 48	385

Características microscópicas: Se observan ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados o ambos. Lamelas poco desarrolladas (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: El ovario es poco consistente, homogéneo y turgente. De color anaranjado, anaranjado rojizo o anaranjado claro con zonas rojizas. Puede o no observarse un desarrollo vascular. Al cortar transversalmente el ovario, se observa su pared gruesa (Fig. 1-C).

Características microscópicas: Las características son similares al estadio virginal (0), diferenciándose de éste por la presencia de una pared gonadal más gruesa y la disposición de los ovocitos que se encuentran más desordenados (Fig. 1-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Ovario poco consistente de color amarillo intenso a anaranjado claro. Es poco homogéneo y turgente, se puede o no observar un marcado desarrollo vascular. Se observan ovocitos vitelogenados de color anaranjado claro (Fig. 1-E).

Características microscópicas: Se observa el inicio de la maduración gonadal por presencia de ovocitos

vitelogenados, también se observan ovocitos inmaduros y pre-vitelogenados (Fig. 1-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Son ovarios consistentes, homogéneos y turgentes. Su color varía desde amarillo hasta anaranjado. Se observa claramente ovocitos desarrollados, que corresponden a los ovocitos maduros, además del marcado desarrollo vascular (Fig. 2-G).

Características microscópicas: Los tipos de ovocitos que predominan son maduros, existiendo también ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados y vitelogenados en menor proporción (Fig. 2-H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: El ovario puede ser muy consistente, debido a la presencia de gran cantidad de ovocitos hidratados previos al desove; poco consistente, por presencia de algunos ovocitos hidratados al estar en pleno desove o flácido por presencia de folículos post-ovulatorios. El color varía desde anaranjado claro hasta anaranjado intenso o de aspecto sanguinolento. Se observa marcado desarrollo vascular (Fig. 2-I).

Características microscópicas: Se observan ovocitos hidratados y/o folículos post-ovulatorios, además de ovocitos en otros grados de desarrollo (inmaduro, pre vitelogenado, vitelogenado, maduro) (Fig. 2 - J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Los ovarios presentan cierta flacidez. Son de color anaranjado muy intenso, puede observarse puntos amarillos intensos de mayor o menor tamaño, que corresponden a ovocitos atrésicos. Presenta un desarrollo vascular evidente (Fig. 2-K).

Características microscópicas: Se observan ovocitos atrésicos en porcentaje igual o mayor al 50% con respecto a los ovocitos de la última cohorte; además, de la presencia de ovocitos inmaduros, pre vitelogenados y/o vitelogenados (Fig. 2-L).

MACHOS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Testículos translúcidos, delgados y aplanados. La coloración varía desde una tonalidad rojiza translúcida a una rosada blanquecina (Fig. 3-A).

Características microscópicas: Presencia de abundante tejido conectivo con espermatogonias adheridas a la pared de los túbulos seminíferos. La cantidad de espermatogonias varía, pudiendo observarse algunos espermatocitos. Presenta tejido conectivo (Fig. 3-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Testículos flácidos y delgados. De color blanco humo, con tonos rosados y cremas (Fig. 3-C).

Características microscópicas: Presentan espermatogonias, espermatoцитos y pueden o no presentar restos de espermatozoides. Su histoarquitectura es más compleja que los virginales, presentando túbulos seminíferos con mayor desarrollo (Fig. 3-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Testículos consistentes y de mediana turgencia. Son de color blanco cremoso, pudiendo presentar zonas de color blanco lechoso a manera de parches, producto de la maduración de la gónada. Se observa la vascularización principal (Fig. 3-E).

Características microscópicas: Presencia de espermatogonias, espermatoцитos y algunos espermatozoides. Al observar la histoarquitectura, existe en los túbulos seminíferos gran cantidad de espermatoцитos y espacios vacíos entre ellos (Fig. 3-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Testículos muy turgentes. Coloración blanco lechosa con tonos levente rosados. Se observa la vascularización principal y secundaria en toda la gónada (Fig. 4-G).

Características microscópicas: Se observa los túbulos seminíferos con abundante presencia de espermatoцитos y pueden observarse espermatogonias adheridas a los bordes, seguidos de espermatoцитos, espermátides y espermatozoides, en la zona central. Estos últimos se ven como pequeñas líneas delgadas y eosinófilas (Fig. 4-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Con aspecto similar a los testículos maduros, es decir, testículos turgentes, de coloración blanco lechosa, con tonalidades cremas y al ejercer leve presión se libera semen. Vascularización principal y secundaria evidente (Fig. 4-I).

Características microscópicas: Túbulos seminíferos en los que ya ha existido evacuación, producto de ello se observan zonas vacías en el centro, con pocos espermatoцитos y espermatozoides. Tubo colector con abundantes espermatozoides en la zona central. Se diferencia del estadio III por los espacios vacíos en los túbulos seminíferos, producto de la expulsión (Fig. 4-J).

POST EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Testículos flácidos y poco consistentes. Coloración varía de crema con zonas sanguinolentas a marrón claro con zonas sanguinolentas. La vascularización principal es menos evidente y la secundaria poco perceptible (Fig. 4-K).

Características microscópicas: Abundante presencia de tejido conectivo en los bordes del testículo. Túbulos seminíferos con espermatogonias en los bordes y pocos espermatoцитos, pueden o no presentar restos de espermatozoides. El tubo colector puede estar vacío o presentar espermatozoides en poca cantidad (Fig. 4-L).

4. DISCUSIÓN

Uno de los primeros estudios sobre la condición reproductiva de cabrilla *Paralabrax humeralis*, fue realizado por MIÑANO y CASTILLO (1971) quienes utilizaron la escala empírica de JOHANSEN (1919) para determinar la época de desove. En el presente trabajo, se han descrito seis estadios de madurez gonadal en base a las diferencias observadas en la maduración de la gónada, verificados con los cortes histológicos correspondientes que han permitido la simplificación y mayor certeza en la catalogación de las mismas.

Reducción en el número de estadios de madurez gonadal se observa en otras especies como *Paralabrax masculatofasciatus* del Golfo de California, donde MATSUYAMA et al. (1987), OCAMPO (2002) y AVILÉS (2005), describieron cuatro estadios de madurez para hembras y machos, no considerando los estadios de recuperación (hembras), reposo, y post-expulsante (machos), ya que esta especie presenta la particularidad de la reversión de sexo cuando llega a la madurez.

Las gónadas de *P. humeralis*, presentan un mayor tamaño, siendo la talla de primera madurez de 20 cm (MIÑANO y CASTILLO 1971), lo que facilita la catalogación a simple vista. Para el caso de las hembras, puede haber cierta dificultad en diferenciar el estadio recuperación del reposo, por el tipo de coloración que presentan las gónadas. La diferencia es la presencia de ciertos puntos de color amarillo a lo largo de los lóbulos (que son ovocitos atrésicos, producto de la reabsorción ovocitaria) en las gónadas en recuperación; mientras que en el reposo no se observan este tipo de ovocitos.

Una característica de los testículos de *P. humeralis* es la marcada presencia de vasos sanguíneos desde el estadio en maduración hasta el estadio post-expulsante; por tal motivo, se debe tener cuidado al utilizar ésta característica como determinante para identificar alguno de estos estadios.

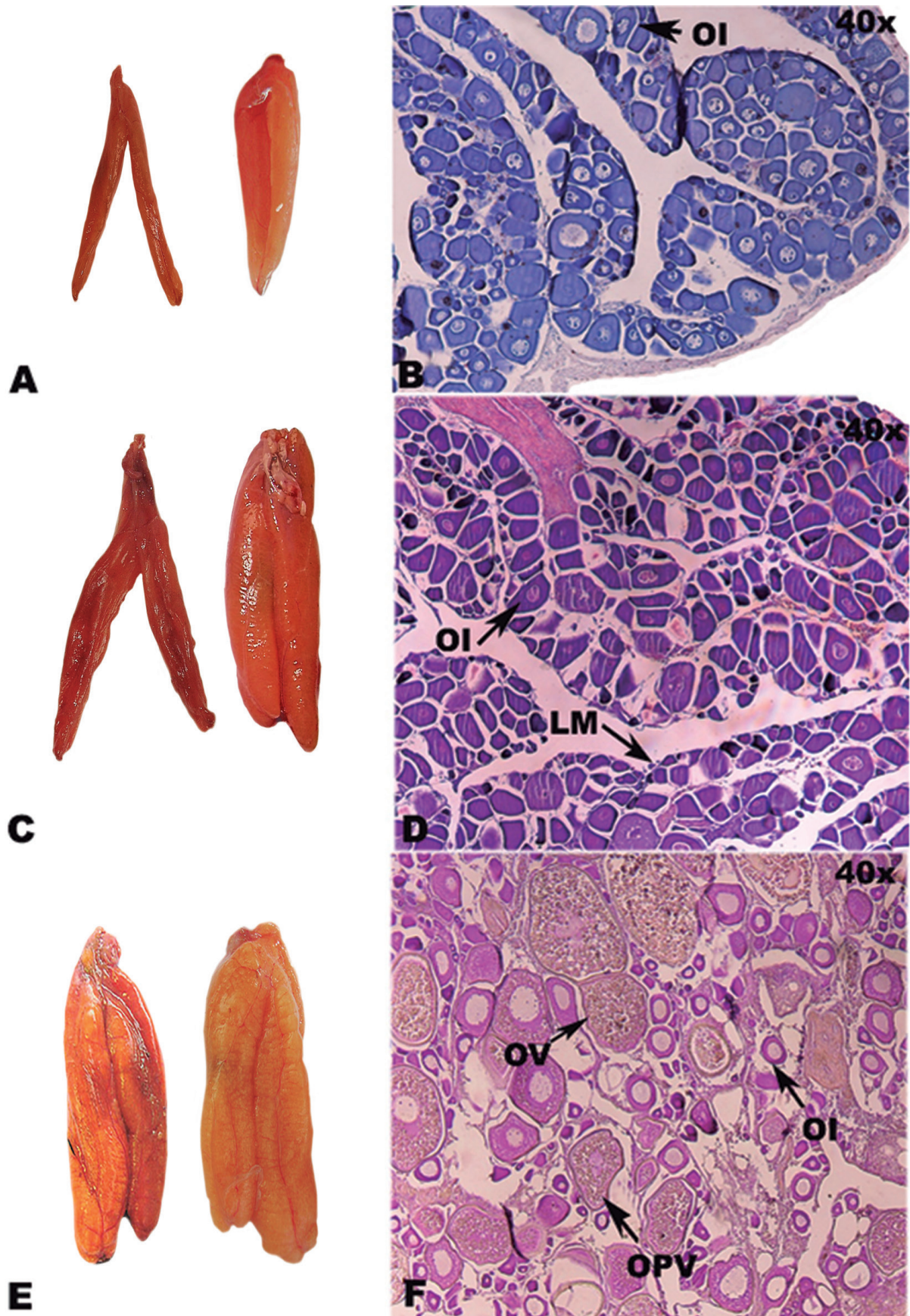


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralabrax humeralis*.
 A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.
 OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre-vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, LM: lamela

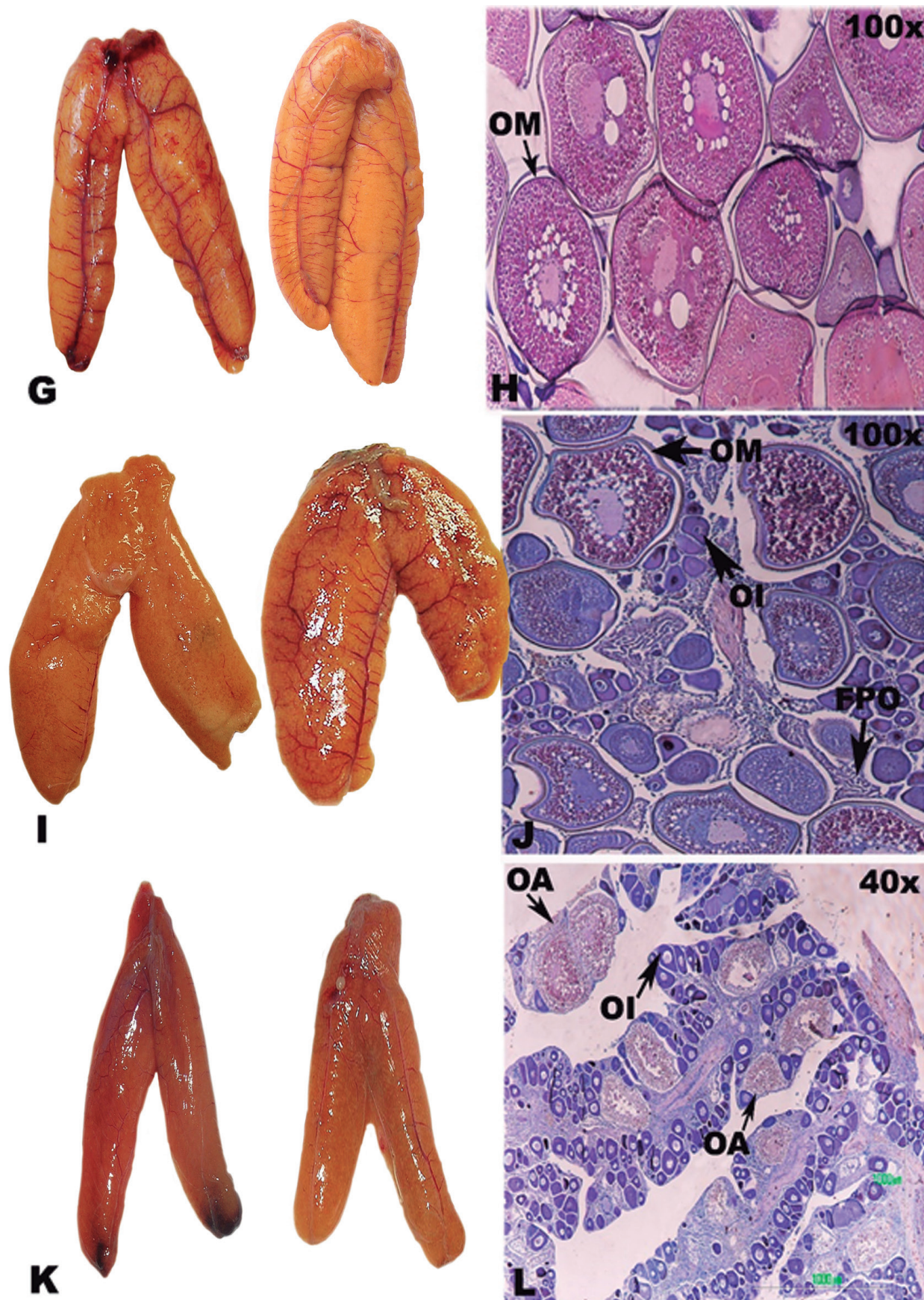


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralabrax humeralis*.
G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.
OI: Ovocito inmaduro, OM: ovocito maduro, FPO: Foliculo post-ovulatorio, OA: Ovocito atrésico

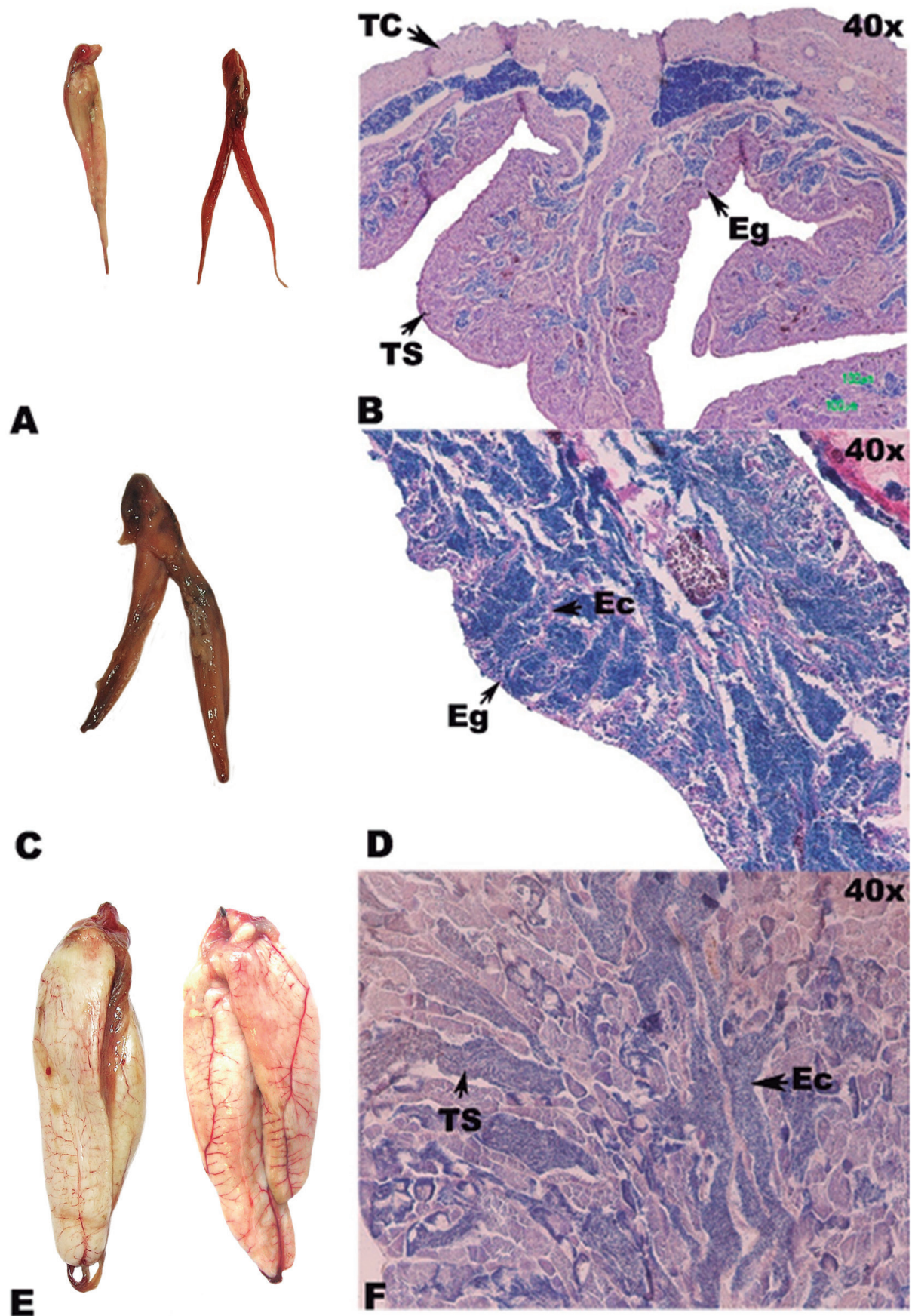


Figura 3.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralabrax humeralis*.
A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.
Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, TC: Tejido conectivo

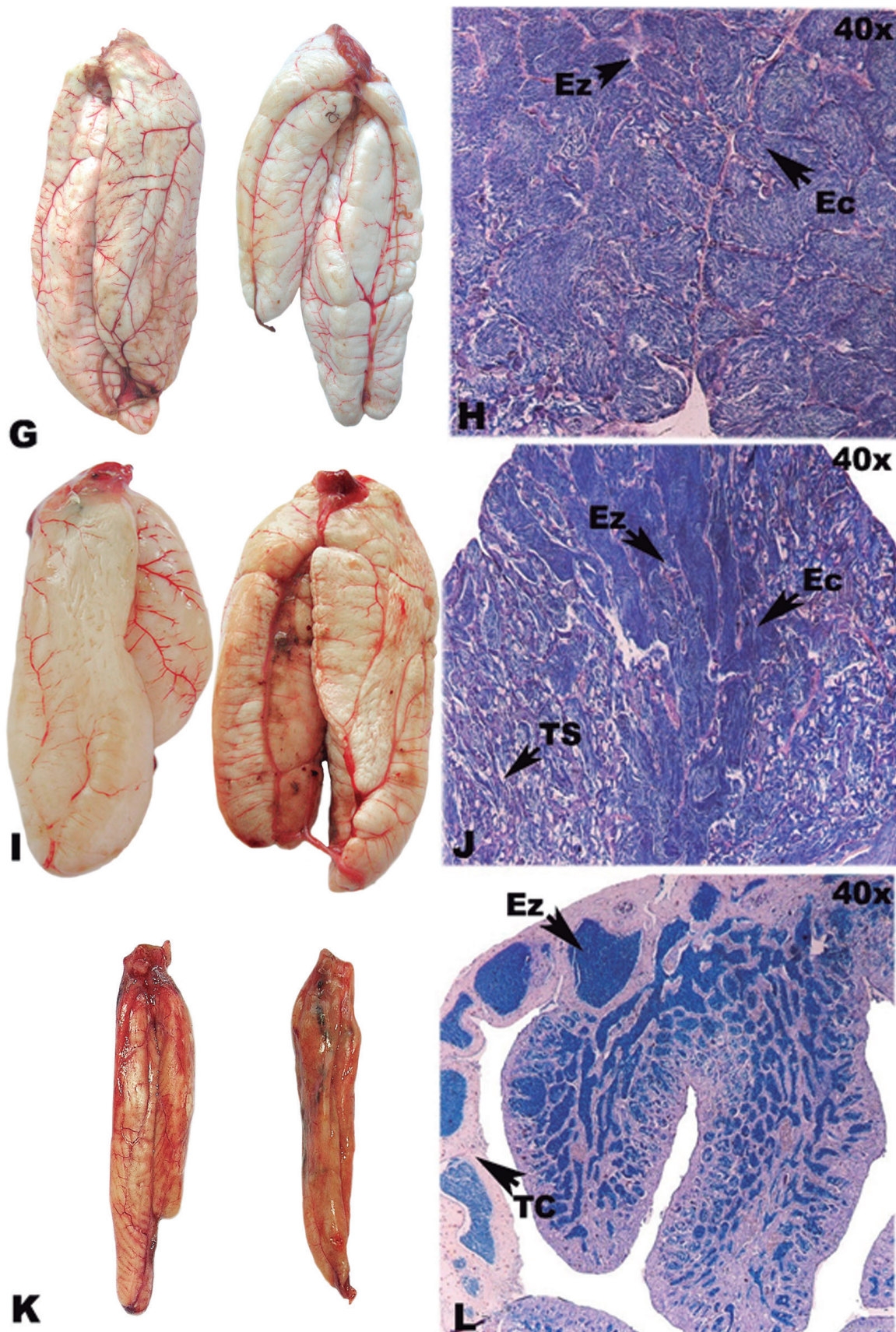


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralabrax humeralis*.

G-H: Maduro; I-J: Expulsante; K-L: Post-expulsante.

Ec: Espermatoцитos, Ez: espermatozoides, TC: Túbulo colector, TS: Tubulos seminíferos

5. REFERENCIAS

- AVILÉS M. 2005. Calidad de huevos y larvas según el manejo de reproductores de la cabrilla (*Paralabrax maculatofasciatus*, Pisces: Serranidae). Tesis de Doctorado. Universidad de Barcelona. 187 pp.
- CHIRICHIGNO N, VÉLEZ J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. Segunda edición. Publicación especial Inst Mar Perú. 500 pp.
- GOICOCHEA C, MOQUILLAZA P, MOSTACERO J. 2012. Edad y crecimiento de *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) en el mar del Callao, 1996. Informes especiales IMARPE. 39(1-2):23-25.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring-spawning sea-herring (*Clupea harengus* L.) in the north-west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- MATSUYAMA M, MATSUURA S, OUCHI, HIDAKA T. 1987. Maturity classification and group maturity of the red sea bream *Pagrus major*. I. Female maturity. Marine Biology. 96: 163-168.
- MIÑANO J, CASTILLO J. 1971. Investigación biológica preliminar de la cabrilla *Paralabrax humeralis* (Valenciennes) en Chimbote. Informes especiales IMARPE. 83:1-8.
- OCAMPO JA. 2002. Desarrollo gonádico y actividad reproductiva de la cabrilla arenera *Paralabrax maculatofasciatus* (Teleostei: Serranidae) en la Bahía de La Paz, Baja California Sur. Tesis de Maestría. CICIMAR-IPN. México. 78 pp.
- PRODUCE. 2012. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola. Ministerio de la Producción. 180 pp.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DEL LENGUADO

Paralichthys adspersus (STEINDACHNER, 1867)

GONADAL MATURITY SCALE OF FINE FLOUNDER

Paralichthys adspersus (STEINDACHNER, 1867)

Angel Perea

Noemi Cota

Cecilia Roque

RESUMEN

PEREA A, COTA N, ROQUE C. 2015. Escala de madurez gonadal del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867). Bol. Inst Mar Perú. 30(1-2): 66-78.- Se presenta la escala de madurez gonadal del lenguado *Paralichthys adspersus*, elaborada en base al análisis y procesamiento histológico de 96 ovarios y 66 testículos de ejemplares capturados en la costa central del Perú y mantenidos en cautiverio. Los ovarios fueron clasificados micro y macroscópicamente, teniendo en cuenta el desarrollo de gametos y gonadas en: virginal, reposo, en maduración, maduro, desovante y recuperación; y a los testículos en virginal, reposo, en maduración, maduro, expulsante y post expulsante. La comparación de las características macro y microscópicas de las gónadas de peces en cautiverio no mostraron ninguna diferencia con respecto a las gónadas de los peces en su ambiente natural.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

PEREA A, COTA N, ROQUE C. 2015. Gonadal maturity of fine flounder *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867). Bol. Inst Mar Perú. 30(1-2): 66-78.- The scale of gonadal maturity of fine flounder *Paralichthys adspersus*, made based on histological analysis and processing 96 ovaries and 66 testes of fish caught in the central coast of Peru and held in captivity is presented. The ovaries were classified as micro and macroscopically, taking into account the development of gametes and gonads: immature, in maturation, mature, spawning, recovery and inactive; and testes in: Immature, maturing, mature, expulsion, post-expulsion and inactive. Comparison of macro and microscopic gonads of fish in captivity characteristics showed no difference from the gonads of fish in their natural environment.

KEYWORDS: Stages of maturity, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

Paralichthys adspersus es una especie muy valorada comercialmente, debido a la excelente calidad de su carne, alto valor nutritivo y a los buenos precios que alcanza en el mercado nacional e internacional. El género de *Paralichthys* está compuesto por 17 especies marinas. Es una especie endémica de las costas de Perú y Chile. Se distribuye desde Paita en el Perú, hasta Lota e Islas Juan Fernández en Chile (ACUÑA y CID 1995, CHIRICHIGNO 1998).

La pesquería de *P. adspersus* es del tipo artesanal. Las estadísticas de los desembarques de la pesca industrial generalmente involucran otras especies (PRODUCE 2012); sin embargo, los datos dan un panorama de la abundancia de este recurso. A pesar de ello, la disminución de sus capturas ha afectado su comercialización (PRODUCE 2012). Las principales artes de pesca utilizadas para la captura son cortina y trasmallo y en menor escala pinta, chinchorro, trinche y espinel (SAMAMÉ y CASTAÑEDA 1999).

Periodos posteriores a El Niño, tienen influencia positiva sobre la reproducción de esta especie, sin embargo, su proximidad a la costa hace que sea depredada por la pesca artesanal (SAMAMÉ y CASTAÑEDA 1999). Frente a esta realidad, los estudios demuestran la factibilidad de su cultivo convirtiéndola en una especie acuícola potencial e incrementando las investigaciones sobre su biología y cultivo para un mejor manejo en el medio natural y en cautiverio. El interés acuícola por esta especie ha impulsado el desarrollo de investigaciones sobre su acondicionamiento, desarrollo, crecimiento, alimentación y reproducción en cautiverio (SILVA y FLORES 1989, MIRANDA y ROJAS 1993, SILVA y FLORES 1994, SILVA 1999, SILVA et al. 2001, CARRERA 2006, CARRERA y SANTOS 2007, PIAGET et al. 2007). Sin embargo, estudios sobre aspectos reproductivos de esta especie son escasos (SAMAMÉ y CASTAÑEDA 1999, ÁNGELES y MENDO 2005).

Las escalas utilizadas generalmente son macroscópicas o empíricas, es decir basadas en la observación directa de características morfológicas externas de las gónadas,

como color y visibilidad de las células (TRESIERRA et al. 2002); sin embargo, este tipo de aproximaciones son consideradas como un procedimiento subjetivo, más aun en el caso del lenguado que es un desovador parcial (ÁNGELES y MENDO 2005). En tal sentido, la introducción de las técnicas histológicas permite conocer en detalle el desarrollo de las células sexuales (TRESIERRA et al. 2002).

El objetivo es establecer la escala de maduración gonadal para hembras y machos de *Paralichthys adspersus*. Cada estadio es descrito a nivel macro y microscópico, facilitando la identificación macroscópica de cada estadio de madurez gonadal.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 162 individuos, 96 hembras y 66 machos. Los ejemplares se obtuvieron de capturas mensuales realizadas en los puertos de Huacho, Chancay, Ancón, Callao y Pucusana mediante diferentes artes de pesca tales como red cortina, trasmallo, trinche y atarraya.

El muestreo biométrico y biológico registró la longitud total al cm inferior haciendo uso de un ictiómetro y el peso total en g utilizando una balanza electrónica. Luego, los peces fueron disectados para determinar el sexo, establecer características morfológicas externas de las gónadas y fotografiarlas.

3. RESULTADOS

MORFOLOGÍA DEL SISTEMA REPRODUCTOR FEMENINO

Morfología macroscópica: El sistema reproductor de las hembras consiste en dos pares de ovarios unidos en su parte anterior por un solo oviducto, el cual se comunica directamente al exterior a través del poro genital, localizado en el lado ciego cerca a las aletas pélvicas, posterior al ano (Fig. 1-A).

Los ovarios están localizados en la cavidad peritoneal, posteriores a la masa visceral y ventralmente a la porción final del riñón (Fig. 1-B).

Morfología microscópica: Se observó que la pared ovárica está conformada por tejido conectivo y fibras musculares lisas cubiertos por mesotelio. El estroma del ovario presenta varias prolongaciones denominadas lamelas, que están cubiertas en su superficie por epitelio germinal, dejando espacio entre ellas (lumen) (Fig. 2).

MORFOLOGÍA DEL SISTEMA REPRODUCTOR MASCULINO

Morfología macroscópica: En la cavidad peritoneal se localizan un par de testículos, de forma ligeramente

triangular, de cada uno emergen ventralmente ductos deferentes fusionándose para formar el ducto espermático, el cual se abre al exterior a través del poro urogenital, localizado cerca a la aleta pélvica izquierda (Fig. 3-A). Los testículos se encuentran posteriores a la masa visceral y ventralmente a la porción final del riñón (Fig. 3-B).

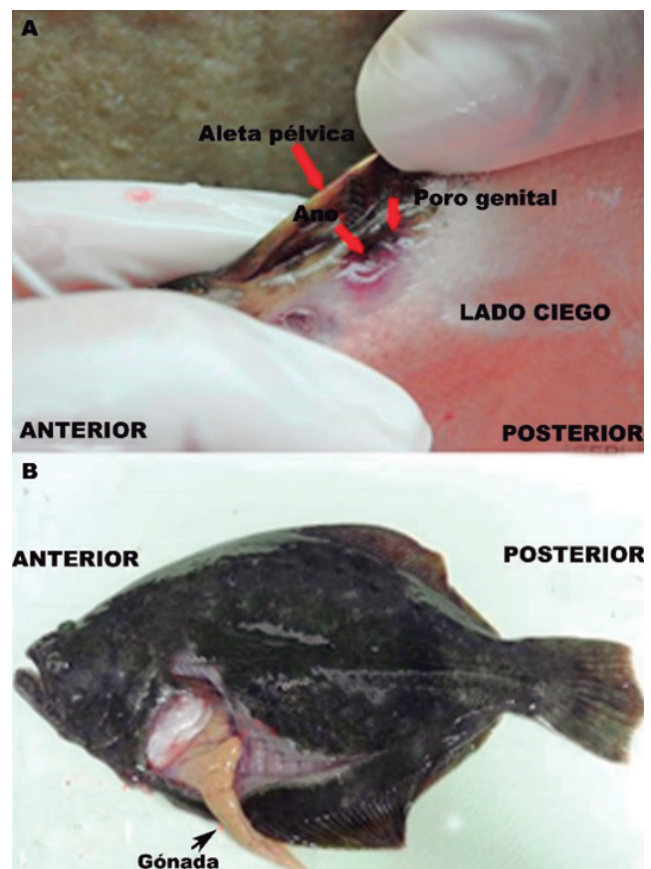


Figura 1.- *Paralichthys adspersus* hembra. A Poro genital y ano, B: Localización del ovario

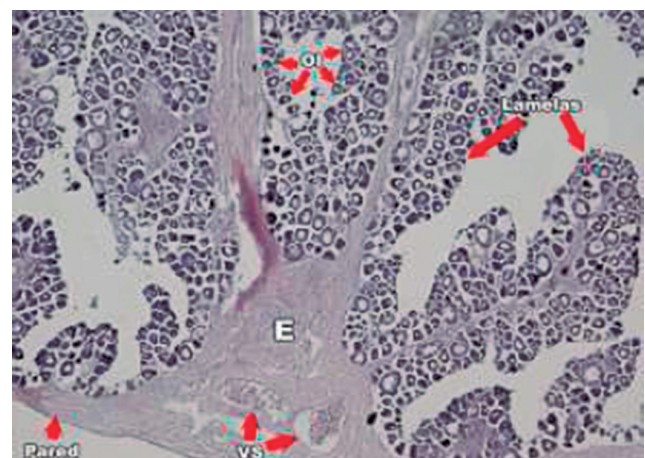


Figura 2.- *Paralichthys adspersus* hembra. Corte transversal de ovario. OI: Ovocitos Inmaduros, E. Estroma, VS. Vasos sanguíneos. Aumento 40x

Morfología microscópica: Se observó una delgada pared conformada por tejido conectivo y fibras musculares lisas cubiertas por mesotelio. Se puede diferenciar dos zonas principales una periférica, denominada Zona de Crecimiento y otra central, denominada Zona de Colección (Fig. 4 A–B).

DESARROLLO OVOCITARIO

En los cortes histológicos de ovarios, se observaron ovogonias (O) y varios tipos de ovocitos desarrollados a partir de éstas en el proceso de ovogénesis, los cuales se clasificaron en cinco tipos, según su desarrollo (Tabla 1).

DESARROLLO ESPERMATOGÉNICO

Se observaron cortes histológicos de testículos, detectándose cuatro tipos de células espermáticas (Tabla 2).

HEMBRAS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Ovarios pequeños. Pueden ser firmes o ligeramente flácidos. De color

rosado en fases tempranas del estadio, anaranjado claro en fases más avanzadas. La pared es delgada y no hay presencia de vascularización superficial. No se visualizan ovocitos a simple vista (Fig. 5-A).

Características microscópicas: El estroma es reducido. Las lamelas muestran claramente sus proyecciones, observándose un gran lumen. Las ovogonias, ovocitos inmaduros y, en algunos casos, ovocitos pre-vitelogenados están presentes cubriendo las lamelas (Fig. 5-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Tienen consistencia firme. Coloración blanquecina. Pared engrosada con escasa vascularización. No se observan ovocitos. (Fig. 5-C).

Características microscópicas: La pared se mantiene engrosada y se observa el gran volumen alcanzado por el estroma. En algunos casos, se observan vasos sanguíneos. Presentan ovogonias, ovocitos inmaduros y, en algunos casos, pre-vitelogenados (Tabla 3, Fig. 5-D).

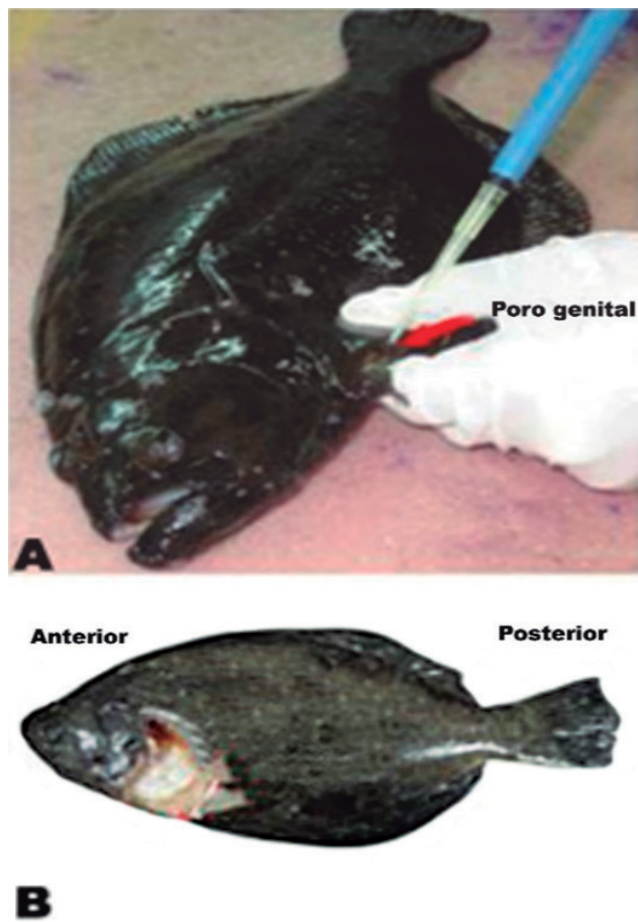


Figura 3.- Macho de lenguado *Paralichthys adspersus*, mostrando A: Poro genital, B: Localización del testículo

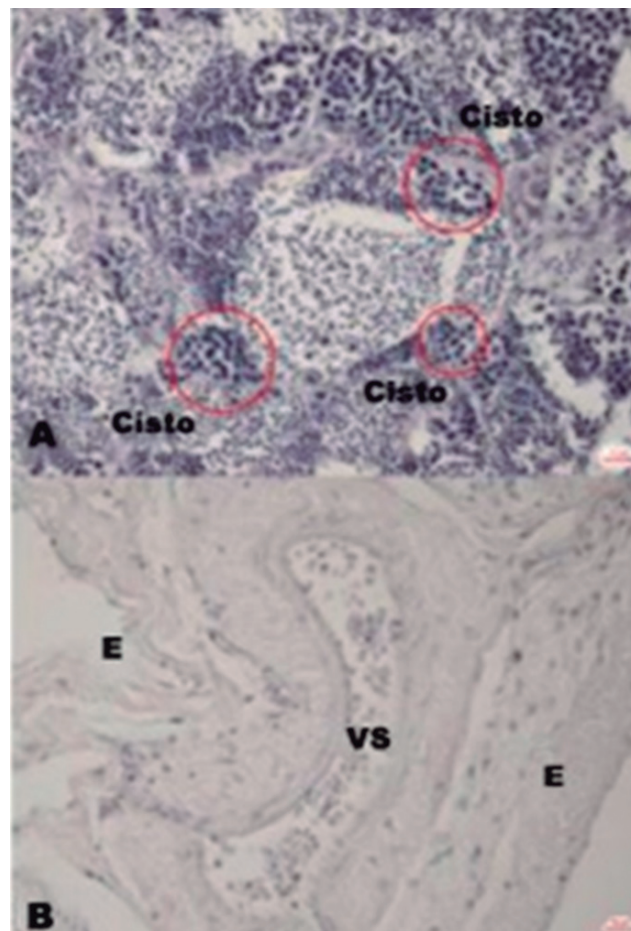


Figura 4.- Corte transversal del testículo de *Paralichthys adspersus*. C: Cistos. Escala 10 µ. Aumento 600x

Tabla 1.- Descripción de principales tipos de células sexuales en hembras de *Paralichthys adspersus*

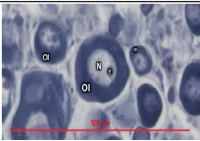

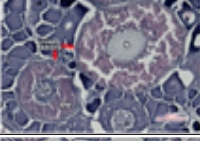

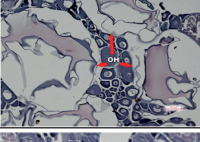
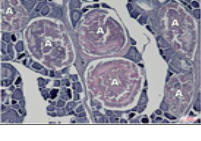
OVOCITOS	DESCRIPCIÓN	FOTO
Inmaduro OI	Células esféricas. El núcleo ocupa mayor volumen que el citoplasma central. Presenta uno a dos nucléolos ubicados en la membrana nuclear. Aumento: 400x.	
Pre vitelogenado OPV	Células esféricas. El núcleo ocupa menor volumen que el citoplasma central. Contiene numerosos nucléolos. Presenta gránulos corticales y de vitelo. Son notorias envolturas del ovocito (zona radiata y granulosa). Aumento: 400x.	
Vitelogenado OV	Células esféricas, con núcleo central y numerosos nucléolos. Gránulos corticales visibles. Presenta zona radiata, granulosa y teca. Aumento: 400x.	
Maduro OM	Células de forma esférica, con un núcleo central y numerosos nucléolos. Los gránulos corticales visibles alrededor del núcleo, comienzan a unirse. Son evidentes la teca, granulosa y zona radiata. Aumento: 200x.	
Hidratado OH	Células de gran tamaño, núcleo disuelto con gotas de aceite. Incremento del ovocito por la incorporación de agua en el citoplasma para la ovulación y desove. Aumento: 400x	
Atrésico OA	Células en proceso de reabsorción y citoplasma desorganizado con diferentes grados de degradación. Aumento: 200x	

Tabla 2.- Descripción de los principales tipos de células sexuales en machos de *Paralichthys adspersus*

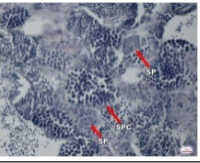
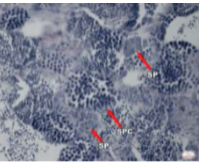
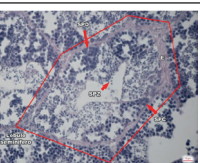
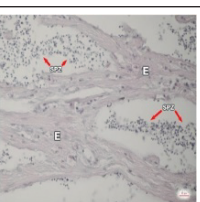
CÉLULAS	DESCRIPCIÓN	FOTO
Espermatogonios SP	Células esféricas de gran tamaño con citoplasma. Nucléolo y gránulos de cromatina visibles. Aumento: 40 x.	
Espermatocitos SPC	Células más pequeñas que las espermatogonias. De forma esférica. Presentan citoplasma reducido. Núcleo central con cromatina visible en forma de grumos. Presencia de los cistos con espermatocitos que se ubican en la periferia de los túbulos seminíferos. Aumento: 200x	
Espermátides	Células de menor tamaño que los espermatocitos. Núcleo visible y basófilo. Las espermátidas están en la pared de los lóbulos seminíferos. Estas células se transforman en espermatozoides. Las espermátidas son las que se observan con más frecuencia. Grupo de cistos delimitado con línea roja.	
Espermatozoides SPZ	Están conformados por un núcleo de forma esférica. Son fuertemente basófilos. Los espermatozoides se observan en el lumen de los túbulos seminíferos y en el sistema de ductos eferentes de la zona de colección de los testículos. Los espermatozoides se encuentran en el túbulo colector a manera de franjas y correderas que pueden ser desordenadas. Aumento: 200x.	

Tabla 3:- Características de los diferentes estadios de la escala microscópica de madurez gonadal de hembras de *Paralichthys adspersus*. Mayor cantidad de signos + indican aumento del grosor de la pared del ovario o proyecciones de las lamelas. O: Ovogonias, OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, OH: Ovocito hidratado, FPO: Folículo post ovulatorio

Estadio	Pared (grosor)	Lamelas (proyecciones)	Estroma(vasoso sanguíneos)	Tipo de ovocito	FPO y atresia
Inmaduro (0)	+	+		O,OI,OPV	
En maduración (II)	++	++		O, OI, OPV, OV	
Maduro (III)	++	+++		O, OI, OPV, OV,OM	
Desovante (IV)	+	++	Vasos sanguíneos	O, OI, OPV, OV, OM, OH	FPO
Recuperación (V)	+++	++	Vasos sanguíneos	O, OI, OPV, V, OM	Atresia
Inactivo (I)	+++	+		O, OI, OPV	

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: El tamaño del ovario se incrementa con respecto al estadio anterior, es de color anaranjado. Ligera flacidez. La pared es delgada con signos de vascularización superficial. Se puede observar unos pocos ovocitos blanquecinos (vitelogenados) a simple vista (Fig. 5-E).

Características microscópicas: La pared aumenta su grosor y el estroma se desarrolla, ocupando mayor espacio. Las lamelas alcanzan mayor proyección y el lumen se reduce. Se observan ovogonias, ovocitos inmaduros y en mayor proporción previtelogenados y vitelogenados. La observación de este estadio es poco frecuente (Fig. 5-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Los ovarios continúan incrementando su tamaño, ocupando gran parte de la cavidad abdominal extendiéndose hasta casi dos tercios del cuerpo. Turgentes. Coloración anaranjada. La pared presenta una visible vascularización. Los ovocitos son visibles a simple vista (Fig. 6-G).

Características microscópicas: Predominan los ovocitos maduros, encontrándose también ovocitos vitelogenados, pre vitelogenados e inmaduros. Además, pueden ser observados ovocitos con núcleo migratorio. El estroma ocupa mayor volumen (Fig. 6-H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Máximo tamaño y turgencia. Coloración anaranjado. Se encuentran dos tipos (Fig. 6-I).

Tipo I.- Ovarios que presentan ovocitos hidratados:

Apariencia similar al estadio III, pero la pared es delgada y turgente. Se observan ovocitos translúcidos (hidratados). Los ovocitos pueden salir con mucha facilidad al ejercer presión.

Tipo II.- Ovarios que presentan folículos post-ovulatorios: Se presenta reducción del tamaño y gran flacidez de los ovarios. Se sigue observando ovocitos blanquecinos y también se puede observar, en mucho menor porcentaje, ovocitos translúcidos.

Características microscópicas: Pared del ovario delgada. En el estroma se observan vasos sanguíneos bien desarrollados. Las proyecciones de las lamelas y el lumen disminuyen. La característica más notable de este estadio es la presencia de ovocitos hidratados y/o folículos post-ovulatorios además, se observa ovocitos maduros, vitelogenados, pre vitelogenados e inmaduros. Se pueden observar ovocitos hidratados en el lumen (Fig. 6-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Se observa una reducción del tamaño de los ovarios, al igual que la intensidad de la coloración. La pared se va engrosando. La vascularización superficial disminuye, al igual que la visibilidad de los ovocitos. Los ovocitos atrésicos, característicos de este estadio, se presentan en forma de grumos (Fig. 6-K).

Características microscópicas: La pared es gruesa. Los vasos sanguíneos continúan en el estroma. También se sigue observando la pérdida de las proyecciones de las lamelas. Se observan ovocitos atrésicos en un porcentaje mayor al 50%. Se observan además ovocitos inmaduros, pre vitelogenados, vitelogenados y maduros (Fig. 6-L).

MACHOS**VIRGINAL (ESTADIO 0)**

Características macroscópicas: Testículos pequeños y turgentes, de color rosado a anaranjado claro. No hay presencia de vascularización superficial. Translúcidos (Fig. 7-A).

Características microscópicas: En la zona de crecimiento se observan lóbulos seminíferos con cistos de espermatogonias, espermatocitos y espermatidas. En el lumen de cada lóbulo se observan pocos espermatozoides. En la zona de colección hay presencia de espermatozoides en pequeñas cantidades (Fig. 7-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Testículos color anaranjado claro con restos de vascularización superficial, de tamaño semejante al estadio II (Fig. 7-C).

Características microscópicas: Características similares al estadio 0, pero presenta el estroma que ocupa un mayor volumen. La proporción de espermatocitos es mayor al de espermatogonias (Fig. 7-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: De color rosado. Son firmes. Es posible observar vascularización poco desarrollada. Presentan turgencia leve, debido al aumento de la cantidad de espermatozoides (Fig. 7-F). De mayor tamaño en comparación al estadio inmaduro.

Características microscópicas: Los túbulos seminíferos contienen cistos en diferentes grados de desarrollo espermatogénico en sus paredes y espermatozoides en el lumen, los cuales son perfectamente visibles. La zona de colección muestra aumento en la cantidad de

espermatozoides y el estroma alcanza mayor volumen (Fig. 7-E).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Producto de la madurez, los testículos ocupan gran parte de la cavidad abdominal, el lóbulo de la parte posterior se proyecta hacia la región caudal adoptando los testículos forma cónica. La coloración se torna blanco cremoso. Presenta flacidez. Tiene un desarrollo vascular mayor que los estadios anteriores. El aspecto turgente de este estadio es igualmente notorio. Frente a la presión abdominal liberan con facilidad el semen (Fig. 8-G).

Características microscópicas: El lumen de los lóbulos seminíferos se encuentra totalmente ocupado por espermatozoides. Los cistos agrupados en diferentes grados de desarrollo son observados en la periferia de cada lóbulo. En los ductos eferentes, los espermatozoides incrementan su densidad. El estroma alcanza gran desarrollo en volumen, observándose vascularización (Fig. 8-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: De aspecto flácido y poco turgente, producto de la expulsión. El semen frente a cualquier movimiento fluye con facilidad (Fig. 8-I).

Características microscópicas: Los lúmenes de los lóbulos seminíferos se pueden observar llenos producto de la espermiación y vacíos por la liberación de los espermatozoides. La zona de colección puede contener zonas muy llenas con espermatozoides o zonas semi-vacías producto de la expulsión. El estroma se observa comprimido (Fig. 8-J).

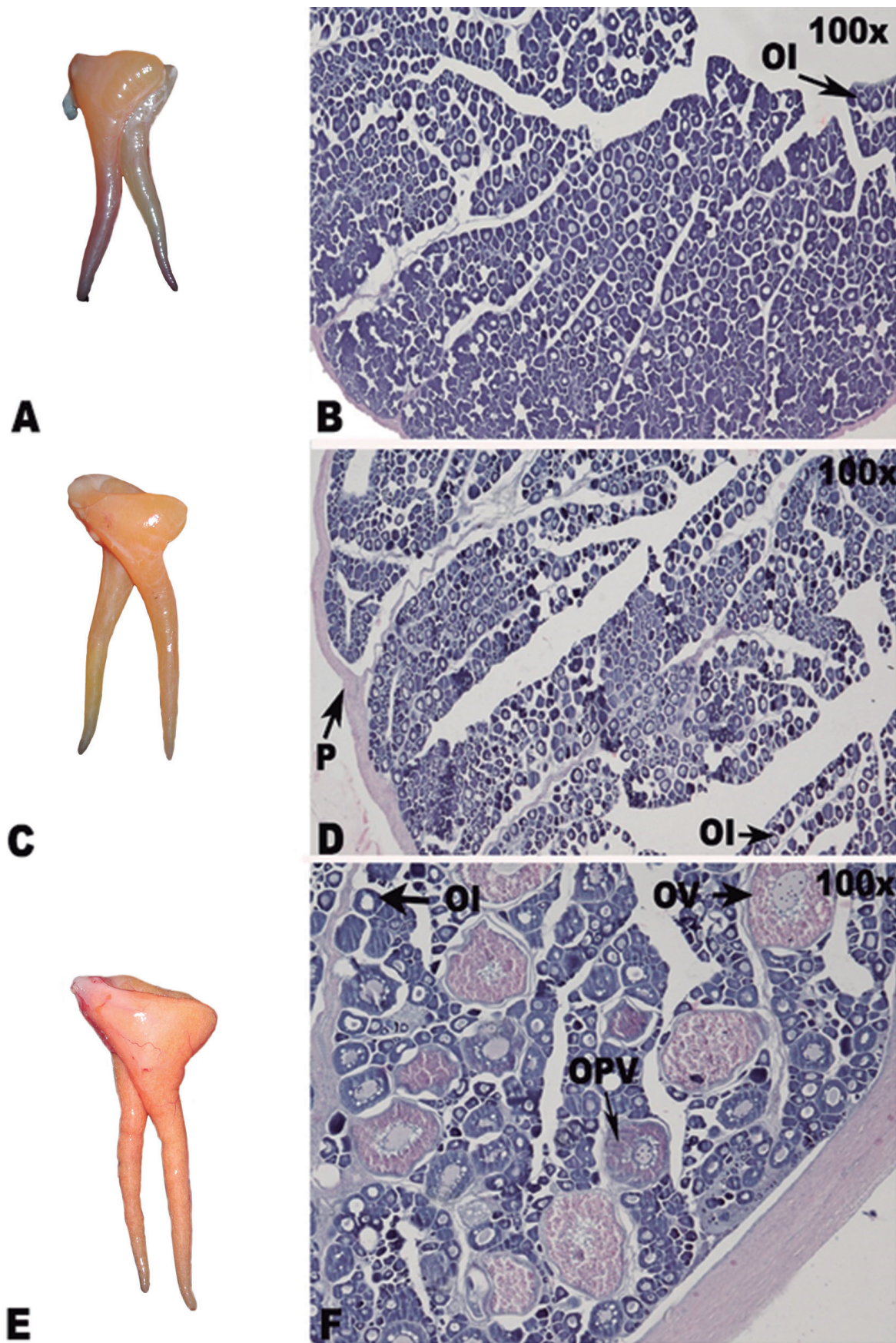


Figura 5.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.
A-B: Virginal, C-D: Reposo, E-F: En maduración.
OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, P: Pared del ovario

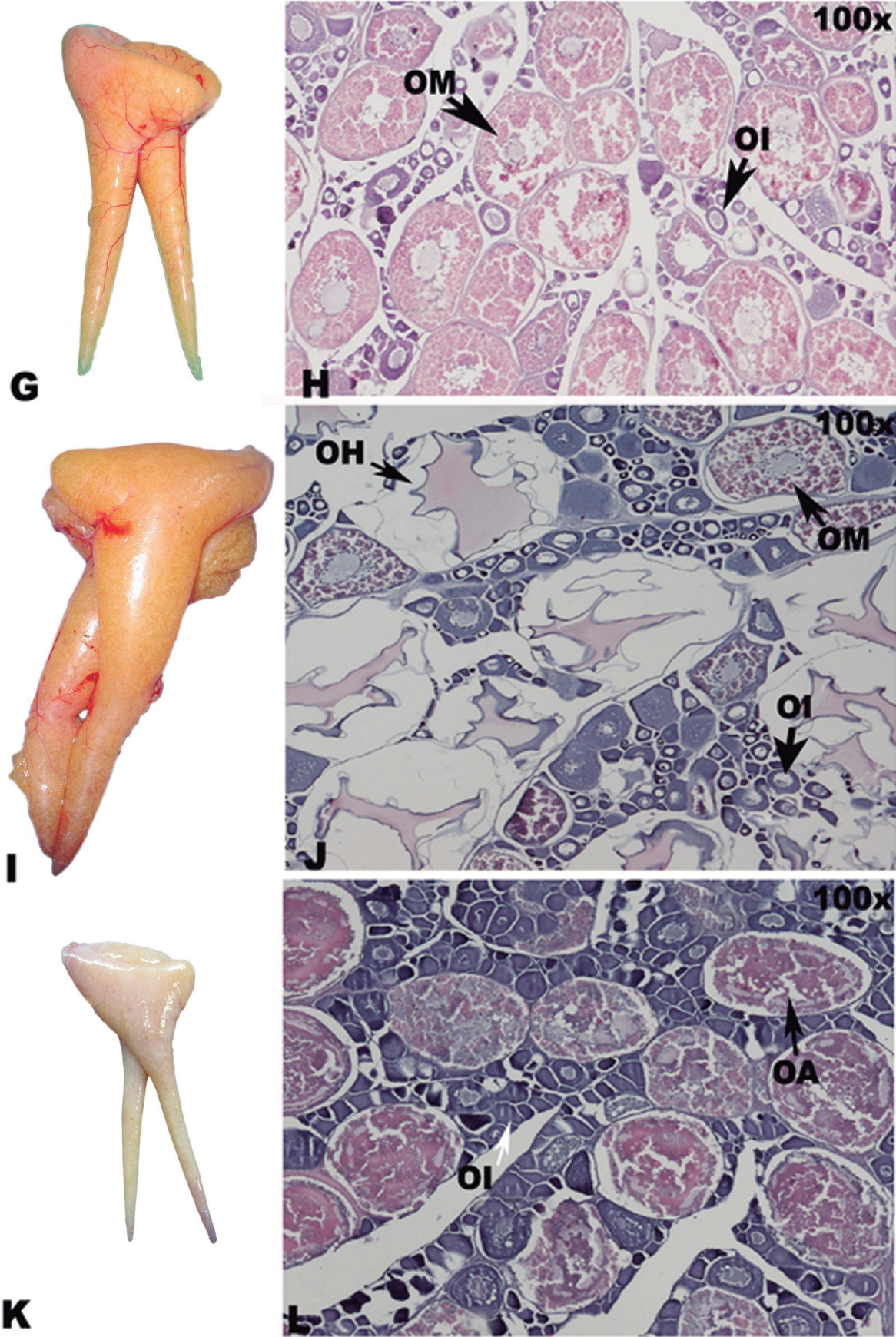


Figura 6.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.
G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.
OI: Ovocito inmaduro, OM: ovocito maduro, OH: ovocito hidratado, OA: Ovocito atrético

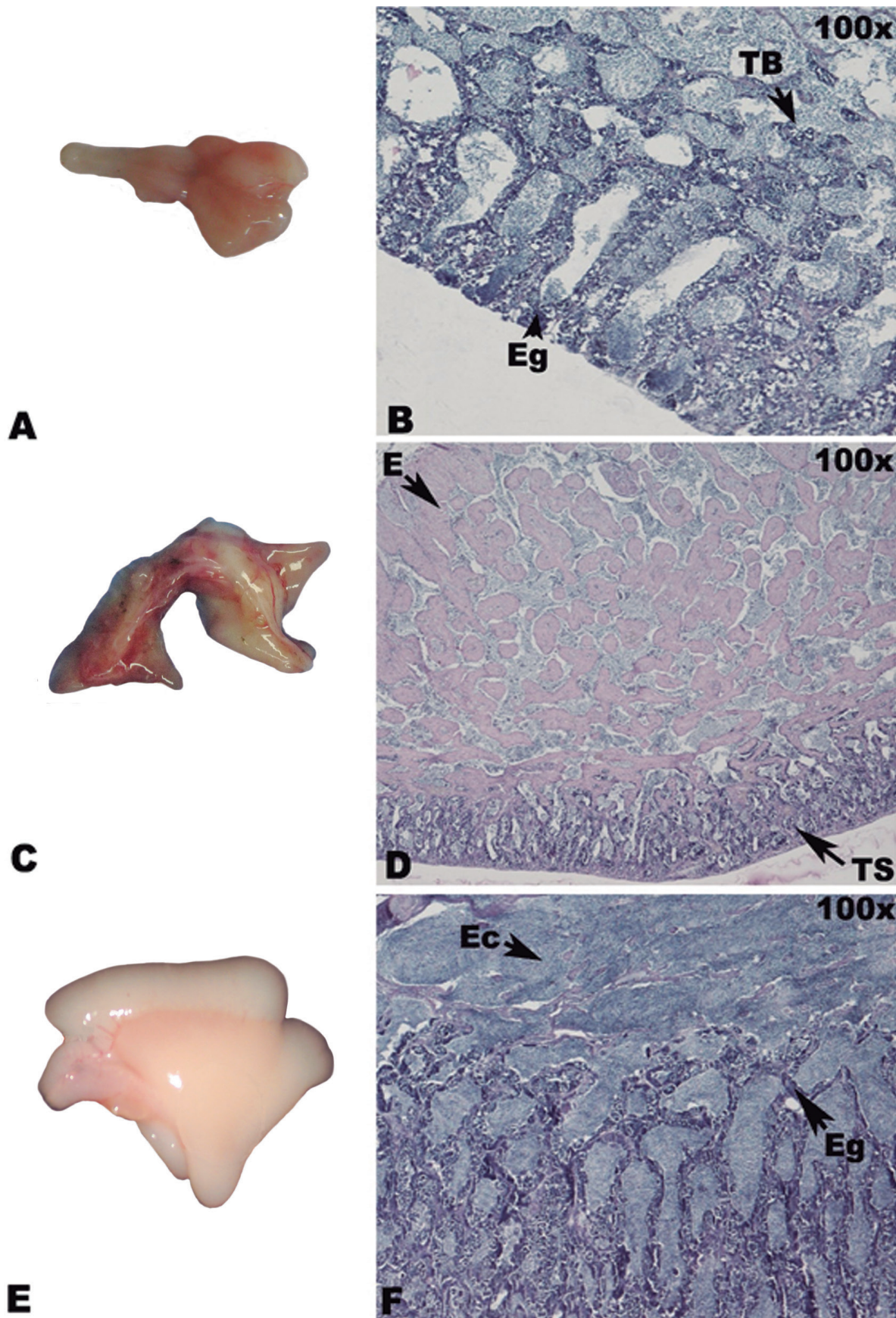


Figura 7.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.

A-B: Virginal, C-D: Reposo, E-F: En maduración.

Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, E: Estroma TB; Tubo colector, TS: Tubulos seminíferos

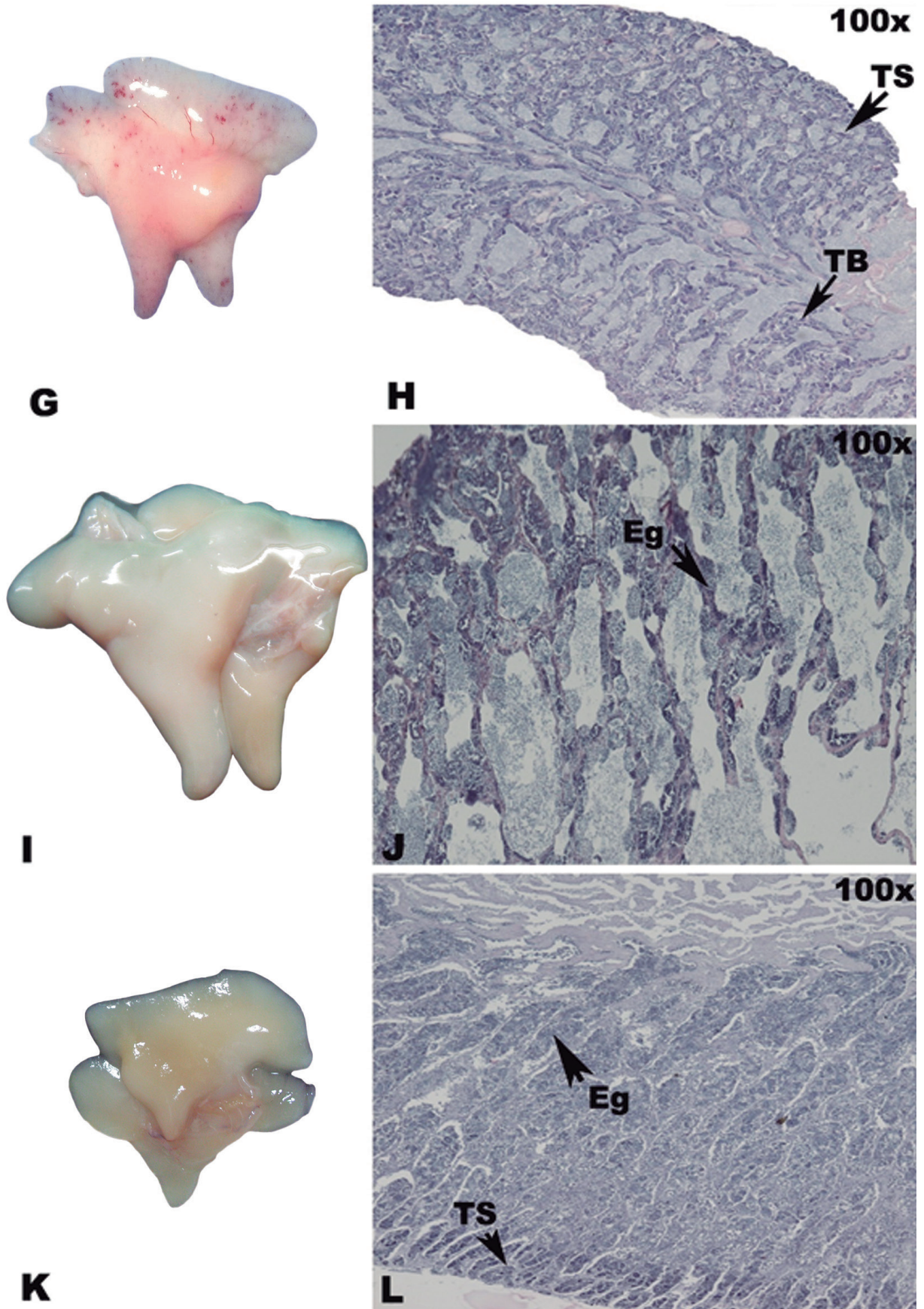


Figura 8.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.

G-H: Maduro, I-J: Expulsante, K-L: Post-expulsante.

Eg: Espermatogonios, TC: Túbulo colector, TS: Tubulos seminíferos

POST-EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: El tamaño se reduce por la expulsión de esperma. La coloración varía de crema a ligeramente anaranjada. Se tornan menos turgentes. La vascularización superficial disminuye en relación al estadio anterior (Fig. 8-K).

Características microscópicas: Las paredes de los lóbulos seminíferos contienen cistos en mayor proporción que el Estadio IV; el lúmen de estos lóbulos se observan poco llenos de espermatozoides. Los ductos eferentes de la zona de colección se observan vacíos o casi vacíos, producto de la expulsión de espermatozoides. El estroma aumenta su volumen (Fig. 8-L).

4. DISCUSIÓN

SAMAMÉ y CASTAÑEDA (1999) adaptaron la escala macroscópica de JOHANSEN (1919) para *Paralichthys adspersus*; sin embargo la gran cantidad de estadios dificultan su uso. ÁNGELES y MENDO (2005) compararon la maduración de *P. adspersus* con la escala macroscópica utilizada por RAMOS (1982) en *Solea solea*. En otros miembros de la familia Paralichthyidae MACCHI y DÍAZ (1996) y DIAS et al. (2005) no consideran el estadio recuperación y/o inactivo, que es agrupado en el estadio inmaduro y el estadio maduro lo subdividen en diferentes grados de maduración (temprano, intermedio y avanzado).

El desarrollo ovocitario ha sido descrito por varios autores y sus diferentes clasificaciones se basan en los criterios utilizados por cada uno de ellos; por lo que las caracterizaciones pueden ser distintas dependiendo de las especies y de la metodología utilizada y no a las diferencias morfofuncionales en el proceso de la gametogénesis, la cual parece tener un desarrollo semejante entre los teleósteos (FLORES y HIRT 1999, BAZZOLI 2003). Este trabajo se basó en la observación de las características más resaltantes del desarrollo ovocitario tales como observación de gránulos corticales, gránulos de vitelo, envolturas ovocitarias entre otras, la clasificación fue en pocas divisiones comparadas con otros trabajos (MACCHI y DÍAZ 1996, DIAS et al. 2005).

De acuerdo al desarrollo asincrónico de los ovocitos, se determinó que esta especie es un reproductor parcial, al igual que en otros peces planos como lenguado ojón *Hippoglossina macrops* (TITO 2008) y dover sole *Microstomus pacificus* (HUNTER et al. 1992, ABOOKIRE y MACEWICZ 2003). Por el contrario, otros peces planos como la platija europea *Pleuronectes platessa* (URBAN 1991), *Hippoglossoides platessoides* (MADOCK y BURTON 1999) y *Dexistes rikuzenius* (NARIMATZU 2005) tienen un desarrollo ovocitario del grupo sincrónico.

Los folículos vacíos o post-ovulatorios (FPO) son remanentes de la ovulación de ovocitos vitelogenados, constituidos por la granulosa y teca de esos folículos y presencia de lúmen (DRUMMOND et al. 2000). Los nuevos folículos post-ovulatorios, cerca al periodo de desove, son fácilmente identificables pero se degeneran rápidamente, según la temperatura (WEST 1990). En *P. adspersus* la velocidad en que los folículos se degeneran no es conocida, por lo tanto los FPO no fueron clasificados en función de los días como en *Engraulis ringens* y sus características fueron similares a las de otras especies de peces (HUNTER y MACEWICZ 1985).

Aunque la atresia es definida como un proceso normal y fisiológico en los ovarios de los vertebrados, también se ha informado que el mecanismo de atresia puede ser desencadenado por factores variables como la hipofisectomía, fotoperiodismo y cambios de salinidad, agentes antigonadotrópicos, estrés y contaminación (ÜÇÜNCÜ y ÇAKICI 2009). También, es probable que la atresia forme parte de la regulación del potencial reproductivo (WITTHAMES y GREER 1995), sin embargo MIRANDA y ROJAS (1993) consideran que la atresia no causa una drástica disminución en la fecundidad de los peces. Los ovocitos atrésicos fueron similares a los observados en otras especies de peces (MIRANDA y ROJAS 1993, ÜÇÜNCÜ y ÇAKICI 2009). También se observó que la atresia es más frecuente en los ovarios después del desove (estadio V en esta escala). Según ÜÇÜNCÜ y ÇAKICI (2009), los ovocitos no vitelogenados tienen menor incidencia de atresia porque su estructura genética orientada hacia el modelado de los tejidos es menos activa.

La clasificación de los estadios de madurez gonadal de los machos es más difícil que de las hembras (WEST 1990), debido a que macroscópicamente no presentan muchas diferencias durante su desarrollo, sin embargo la histología es una metodología importante utilizada para distinguir los estadios. La maduración testicular es un proceso continuo, no obstante, en este trabajo se ha podido identificar diferentes grados de llenura de los túbulos seminíferos y ductos eferentes, los que permitió tener criterios para clasificar en diferentes grados la maduración testicular (Tabla 4). Esto no se ha encontrado en trabajos de otros autores, donde generalmente se clasifica en tres grandes divisiones: inmaduro, maduro y expulsante (DIAS et al. 2005).

La presencia de dos zonas en los testículos: de crecimiento y de colección -la primera presenta los túbulos seminíferos y la segunda el sistema de ductos eferentes- es similar a lo encontrado en otros Pleuronectiformes como *Solea senegalensis* (GARCÍA-LÓPEZ et al. 2005) y en otras especies de teleósteos

Tabla 4.- Características de los diferentes estadios de la escala microscópica de madurez gonadal de machos de *Paralichthys adspersus*. Mayor cantidad de signos + indica aumento del volumen del estroma. SP: Espermatozonios, SPC: Espermatozonios, SPD: Espermatozonios, SPZ: Espermatozonios

Estadios	Lóbulos seminíferos (SPZ en el lumen)	Ductos eferentes (SPZ)	Estroma (volumen)	Células espermatogénicas
Inmaduro (0)	Pocos SPZ en el lumen	Pocos SPZ	+	SP, SPC, SPD, SPZ
En maduración (II)	Aumentan los SPZ en el lumen	Aumenta los SPZ	+++	SP, SPC, SPD, SPZ
Maduro (III)	Gran cantidad de SPZ en el lumen	Gran cantidad de SPZ	+++	SP, SPC, SPD, SPZ
Expulsante (IV)	Lumen con gran cantidad de SPZ en el lumen y algunos vacíos	Menor cantidad de SPZ	++	SP, SPC, SPD, SPZ
Post expulsante (IV)	Disminuye cantidad de SPZ en el lumen y algunos vacíos	Menor cantidad de SPZ	++	SP, SPC, SPD, SPZ
Inactivo (I)	Pocos SPZ en el lumen de la gran mayoría	Pocos SPZ	++	SP, SPC, SPD, SPZ

citadas en este último trabajo (*Lophiomus setigerus*, *Rachycentron canadum* y *Thunnus thynnus*). Todos los tipos de las células espermatogénicas se observaron en los testículos de *P. adspersus* durante el periodo de estudio, presentando variaciones en su proporción y ubicación. Las espermatogonias se observaron a lo largo de los túbulos seminíferos. En *P. adspersus*, como en la mayoría de los teleósteos a lo largo de las paredes de los túbulos seminíferos se observa los cistos del mismo tipo de células espermatogénicas (GARCÍA-LÓPEZ et al. 2005), quien indica que este tipo de espermatogénesis corresponde al cístico, que se aplica en la mayoría de los teleósteos.

La determinación de la escala de madurez gonadal basada en características específicas de esta especie será útil, dada la importancia de *P. adspersus* como especie de valor comercial y potencial para la acuicultura. La clasificación en pocas divisiones comparada con otros trabajos, resalta la practicidad de su aplicación con fines de manejo en el medio natural o en cautiverio.

5. REFERENCIAS

- ABOOKIRE AA, MACEWICZ BJ. 2003. Latitudinal variation in reproductive biology and growth of female Dover sole (*Microstomus pacificus*) in the North Pacific, with emphasis on the Gulf of Alaska stock. *Journal of Sea Research*. 50: 187-197.
- ACUÑA E, CID L. 1995. On the ecology of two sympatric flounders of the genus *Paralichthys* in the Bay of Coquimbo, Chile. *Netherlands Journal of Sea Research*. 34(1-3): 7-18.
- ÁNGELES B, MENDO J. 2005. Crecimiento, fecundidad y diferenciación sexual del lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner) de la costa central del Perú. *Ecología Aplicada*. 4: 105-112.
- BAZZOLI N. 2003. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. En H. P. Godinho Y A. L. Godinho (edit.). *Águas, Peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. SOGRAFE: 291-306.
- CARRERA L. 2006. Obtención de semilla de lenguado *Paralichthys adspersus* en el Perú. *Ruta Pesquera*. 58: 38-39.
- CARRERA L, SANTOS C. 2007. Cultivo de lenguado *Paralichthys adspersus* (Steindachner, 1867) en cautiverio. Informe Técnico Anual. Instituto del Mar del Perú.
- CHIRICHIGNO N. 1998. Clave para la identificación de los peces marinos del Perú. Publicación Especial Instituto del Mar del Perú. 3. 500 pp.
- DIAS JF, FIADI CB, SILBGER HLN, SOARES LSH. 2005. Reproductive and population dynamics of the Bay whiff *Citharichthys spilopterus* Günther, 1862 (Pleuronectiformes: Paralichthyidae) in the Mamanguá Inlet, Rio de Janeiro, Brazil. *Neotropical Ichthyology*. 3: 411-419.
- DRUMMOND CD, BAZZOLI N, RIZZO E, SATO Y. 2000. Post-ovulatory follicle: A model for experimental studies of programmed cell death or apoptosis in teleosts. *The Journal of Experimental Zoology*. 287: 176-182.
- FLORES S, HIRT L. 1999. Biología reproductiva de las hembras de *Hemiodus orthonops* (Eigemann y Kenedy, 1909) (Pisces, Hemiodidae). *Boletim do Instituto de Pesca*. 25: 111-120.
- GARCIA-LOPEZ A, MARTINEZ-RODRIGUEZ G, SARASQUETE C. 2005. Male reproductive system in Senegalese sole *Solea senegalensis* (Kaup): Anatomy, histology and histochemistry. *Histology and Histopathology*. 20: 1179-1189.
- HUNTER JR, MACEWICZ BJ. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fishes. En: R. Lasker. NOAA Technical Report NMFS 36. U.S. Department of Commerce. 79-94.

- HUNTER JR, MACEWICZ BJ, LO NC, KIMBREL CA. 1992. Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. *Fishery Bulletin*. 90 (1): 101-128.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring – spawning sea – herring (*Clupea harengus* L.) in the north – west European waters. *Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind.* 5(8): 1-56.
- MACCHI GJ, DÍAZ JM. 1996. Ciclo reproductivo y fecundidad del lenguado *Paralichthys patagonicus* Jordan. En: Jordan y Goss 1889. *Revista de Investigación y Desarrollo Pesquero*. 10: 73-83.
- MADDOCK DM, BURTON MPM. 1999. Gross and histological observations of ovarian development and related condition changes in American plaice. *J. Fish. Biol.* 53: 928-944.
- MIRANDA C, ROJAS R. 1993. Prevalencia de patologías oportunistas en el cultivo experimental del lenguado *Paralichthys adspersus*. *Analytical Microbiology*. 1: 51-54.
- NARIMATZU Y, KITAGAWA D, HATTORI T, ONODERA H. 2005. Reproductive biology of female Rikuzen sole (*Dexistes rikuzenius*). *Fish. Bull.* 103: 635-647.
- PIAGET N, VEGA A, SILVA A, TOLEDO P. 2007. Effect of the application of β -glucans and mannan-oligosaccharides (β G MOS) in an intensive larval rearing system of *Paralichthys adspersus* (Paralichthyidae). *Investigaciones Marinas*. 35: 35-43.
- PRODUCE. 2012. Anuario Estadístico Pesquero y Acuicola. Ministerio de la Producción. 180 pp.
- RAMOS J. 1982. Contribución al estudio de la sexualidad del lenguado *Solea solea* (Linneo, 1758) (Pisces, Soleidae). *Investigación Pesquera*. 46(2): 275-286.
- SAMAMÉ M, CASTAÑEDA J. 1999. Biología y pesquería del lenguado *Paralichthys adspersus*, con especial referencia al área norte del litoral peruano, departamento de Lambayeque. *Boletín Instituto del Mar del Perú*. 18(1-2): 15-48.
- SILVA A, FLORES H. 1989. Consideraciones sobre el desarrollo y crecimiento larval del lenguado (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) cultivado en laboratorio. *Pacífico Sur. Número Especial*: 629-634.
- SILVA A, FLORES H. 1994. Observations on the growth of the Chilean flounder (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) in captivity. *European Aquaculture Society Special Publication*. 22: 323-331.
- SILVA A. 1999. Efecto de la microalga *Isochrysis galbana* en el cultivo temprano de larvas de *Paralichthys adspersus*. *Ciencias Marinas*. 25: 267-276.
- SILVA A, OLIVA M, CASTELLÓ F. 2001. Evaluación del crecimiento de juveniles de lenguado chileno (*Paralichthys adspersus*, Steindachner, 1867) cultivado en estanques. *Biología Pesquera*. 29: 21-30.
- TITO L. 2008. Escala y talla de primera madurez gonadal del lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops* (Steindachner, 1876), de la zona comprendida entre Puerto Pizarro y Huarmey (3°30'S y 10°S). Universidad Nacional de Piura. 66 pp.
- TRESIERRA A, CULQUICHICON Z, VENEROS B. 2002. *Biología reproductiva en peces*. 2nd ed. Perú, Ed. Nuevo Norte. 285 pp.
- ÜÇÜNCÜ Sİ, ÇAKICI O. 2009. Atresia and apoptosis in preovulatory follicles in the ovary of *Danio rerio* (Zebrafish). *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 19: 215-221.
- URBAN J. 1991. Reproductive strategies of North Sea plaice *Pleuronectes platessa* and North Sea sole, *Solea solea*: Batch spawning cycle and batch fecundity. *Meeresforsch.* 33: 330-339.
- WEST G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a Review. *Marine and Freshwater Research*. 41(2): 199-222.
- 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*. 8(1): 91-109.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE CACHEMA

Cynoscion analis (JENYNS, 1842)

GONADAL MATURITY SCALE OF PERUVIAN WEAKFISH

Cynoscion analis (JENYNS, 1842)

Angel Perea

Javier Sánchez

Javier Castillo

RESUMEN

PEREA A, SÁNCHEZ J, CASTILLO J. 2015. Escala de madurez gonadal de cachema *Cynoscion analis* (Jenyms, 1842). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 79-86.- En este trabajo se realiza la validación de la escala de madurez gonadal macroscópica de cachema *Cynoscion analis*. Se analizaron 242 muestras de gónadas provenientes del Seguimiento de la Pesquería Artesanal y los Cruceros de Evaluación de Recursos Demersales del 2005. A cada individuo se le asignó un estadio de madurez macroscópica. Posteriormente, se analizó el desarrollo ovocitario y espermatozoidal en cortes histológicos de gónadas. Se describieron seis estadios de maduración que van desde el estadio 0 (virginal) hasta el 5 (recuperación en hembras, post expulsante en machos). Se compara la descripción de esta escala con trabajos anteriormente realizados.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

PEREA A, SÁNCHEZ J, CASTILLO J. 2015. Gonadal maturity scale of Peruvian weakfish *Cynoscion analis* (Jenyms, 1842). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 79-86.- In this paper we present the gonadal maturity scale of cachema *Cynoscion analis*. 242 gonad samples were analyzed from the Coastal Fishery Monitoring System and Demersal Trawl Surveys in 2005. Based on the oocyte development, a gonadal maturity stage was assigned for each individual. Six stages of maturity ranging from stage 0 (virgin) to stage 5 (recovery in females, post expulsion in males) were described. This gonadal maturity scale is compared with other studies.

KEYWORDS: Stages of maturity, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

El Perú posee una gran diversidad de peces, dentro de los cuales las especies demersales constituyen uno de los principales componentes en la pesca para el consumo humano directo. Entre ellos, la cachema *Cynoscion analis*, ostenta buena aceptación por la población peruana, es una especie que posee una distribución costera (SAMAMÉ et al. 1983), que va desde Santa Elena (Ecuador) hasta Coquimbo (Chile), pero sus mayores concentraciones se encuentran en el norte del país, especialmente en Santa Rosa y Paita (MENDO 1987).

Los estudios reproductivos en los stocks de peces son claves en el desarrollo de modelos de evaluación y manejo de los recursos. En este sentido, MEJIA et al. 1970 señalaron que la cachema es una especie que no presenta dimorfismo sexual, siendo su proporción de sexos de 1:1 y que los desoves ocurren todo el año, pero con mayor intensidad en los meses de primavera y verano. SAMAMÉ (1971), realizó el estudio del ciclo de madurez gonadal donde señala 8 estadios basándose en la escala empírica de JOHANSEN (1919)

y ratificó que la mayor intensidad del desove sucede en los meses de primavera y verano.

La elaboración de escalas debe basarse en criterios que permitan la asignación de los diferentes estadios de maduración para proporcionar el mínimo error posible (GONCALVES et al. 2004), siendo la base para la obtención de otros parámetros poblacionales, tales como las ojivas de madurez.

En este trabajo, se determina la escala de madurez gonadal para la cachema *Cynoscion analis* en seis estadios, tanto en hembras como en machos. Cada estadio de madurez gonadal es descrito a nivel macro y microscópico, para facilitar su adecuada identificación.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron un total de 242 gónadas de cachema *Cynoscion analis*, colectadas el 2005 como parte del Programa de Seguimiento de la Pesquería Artesanal y del Crucero de Investigación de Recursos Demersales 0505-06 (Tabla 1).

Tabla 1.- Procedencia de las muestras de gónadas de hembras y machos de *Cynoscion analis* utilizadas para determinación de la escala de madurez gonadal validada

Procedencia	Sexo	Rango de talla (cm)	N° ejemplares
Seguimiento 2005	hembra	14 – 36	103
Seguimiento 2005	macho	16 – 35	99
Crucero demersal 2005	hembra	17 – 32	22
Crucero demersal 2005	macho	16 – 28	18
Total		14 – 36	242

3. RESULTADOS

HEMBRAS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Las hembras de este estadio nunca han tenido un proceso de maduración gonadal. Los ovarios son poco turgentes. Presentan coloración que varía de amarillo pálido hasta anaranjado claro, mostrando en algunos casos cierto grado de translucidez. Poseen escaso o nulo desarrollo vascular (Fig. 1-A).

Características microscópicas: Se observa presencia de ovocitos inmaduros y/o pre vitelogenados, distribuidos dentro de las lamelas de manera ordenada. La pared del ovario es delgada. Adicionalmente, se observa cerca de las paredes del ovario, las ovogonias que son los precursores de los ovocitos (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Los individuos en este estadio han desovado por lo menos una vez, por tal motivo son considerados adultos. Los ovarios presentan coloración que va de anaranjado claro a anaranjado rojizo, con presencia de zonas rojizas más intensas. Son de textura lisa y poco turgente. Se observa marcada vascularización debido al desarrollo, producto del proceso de maduración gonadal previo (Fig. 1-C).

Características microscópicas: Histológicamente es similar al estadio 0 (virginal), es decir, se puede observar la presencia de ovocitos inmaduros y/o pre-vitelogenados, los que se distribuyen de manera desordenada dentro de las lamelas a diferencia del estadio virginal. Adicionalmente, puede observarse ovocitos atrésicos avanzados en diferentes grados de degeneración, producto de la reabsorción ovárica. La pared del ovario es gruesa (Fig. 1-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Los ovarios son color anaranjado claro, en algunos casos con presencia de zonas rojizas. Puede observarse pequeñas zonas translúcidas debido a la presencia de gran cantidad de ovocitos inmaduros en esas zonas, así como ovocitos a simple vista. Al tacto, los ovarios tienen una mediana turgencia y claramente se observa la presencia del vaso sanguíneo principal y los secundarios aun en desarrollo, que corren a través de la cara ventral del ovario (Fig. 1-E).

Características microscópicas: Se puede observar presencia de ovocitos inmaduros, ovocitos pre vitelogenados y ovocitos vitelogenados, distribuidos dentro de las lamelas, las cuales adquieren un mayor desarrollo (Fig. 1-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Los ovarios son color anaranjado, variando sus tonalidades desde anaranjado claro hasta anaranjado intenso. Se aprecia claramente el vaso sanguíneo principal y los secundarios totalmente desarrollados. Son ovarios turgentes y claramente se observan los ovocitos a simple vista (Fig. 2-G).

Características microscópicas: En este estadio se observan ovocitos inmaduros, pre vitelogenados, vitelogenados y maduros, estos últimos son de gran tamaño en comparación a los anteriores debido a la presencia de los gránulos de vitelo y gotas oleosas alrededor del núcleo. En algunos casos se puede observar ovocitos atrésicos pero en una proporción no mayor al 50% con respecto a los maduros (Fig. 2-H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Son ovarios de gran tamaño, presentan marcada turgencia cuando se hallan en máxima hidratación, observándose claramente la presencia de ovocitos hidratados. Cuando están en una etapa avanzada de desove, puede observarse la presencia de zonas sanguinolentas y poseen relativa flacidez (Fig. 2-I).

Características microscópicas: Se observa la presencia de ovocitos hidratados y/o folículos post ovulatorios, ovocitos inmaduros, pre vitelogenados, vitelogenados y maduros (Fig. 2-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Los ovarios son flácidos y no presentan turgencia. Por lo general, la zona posterior es sanguinolenta. Su coloración varía de anaranjado a marrón. Los ovocitos atrésicos se pueden visualizar en forma de puntos amarillos claros sobre la superficie del ovario (Fig. 2-K).

Características microscópicas: Se aprecia la presencia de ovocitos atrésicos (en cantidad igual o mayor al 50% de ovocitos maduros en el campo observado) que son característicos del proceso de reabsorción ovárica. También puede observarse ovocitos inmaduros, pre vitelogenados, vitelogenados y maduros (Fig. 2-L).

MACHOS

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Los testículos son pequeños, muy delgados y de apariencia translúcida. La coloración va de blanco humo a rosado pálido, puede presentar nulo o escaso desarrollo vascular (Fig. 3-A).

Características microscópicas: Se observan espermatozonios y algunos espermatozonios. Presencia de tejido conectivo rodeando al tubo colector (Fig. 3-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Estos individuos han madurado gonadalmente alguna vez a lo largo de su vida. Pero se encuentran en una etapa de inactividad gonadal. Los testículos son de tamaño mediano, angosto y poco turgente. La coloración es rosado oscuro (Fig. 3-C).

Características microscópicas: Se puede observar espermatozonios y algunos espermatozonios. Presencia de mayor cantidad de tejido conectivo y la pared del testículo es gruesa (Fig. 3-D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Agrupa a individuos que comienzan la maduración testicular. Son de tamaño mediano a grande. Presentan una coloración que va de blanco humo a rosado claro, con presencia de algunas zonas rojizas, las cuales están ubicadas en su mayoría en los extremos de la gónada. Poseen un moderado desarrollo vascular. Puede observarse la formación de pequeños pliegues a lo largo de los lóbulos (Fig. 3-E).

Características microscópicas: Se puede observar la presencia uniforme de espermatozonios; además de espermatozonios en los túbulos seminíferos. En ciertas zonas puede apreciarse espermatozonios (Fig. 3-F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Son gónadas de mayor tamaño que el estadio II, de color blanco lechoso, en algunos casos con zonas más blanquecinas que otras debido al grado de madurez de la gónada. Puede presentar, algunas veces en los extremos de la gónada, una coloración rojiza. Se aprecia un mayor desarrollo de pliegues en los lóbulos de los testículos, al tacto son turgentes y se observa un desarrollo vascular marcado (Fig. 3-G).

Características microscópicas: Se puede observar espermatozonios, espermatozonios y espermatozonios. El tejido conjuntivo es escaso (Fig. 3-H).

EXPULSANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Las gónadas presentan su máximo tamaño, son muy turgentes, de color blanco lechoso. A la menor presión, libera el semen. Puede observarse zonas blancas o lechosas a manera de parches junto a zonas rojizas, que indican que la gónada ha empezado el proceso de expulsión. Los pliegues a lo largo del lóbulo, se aprecian de manera muy marcada (Fig. 3-I).

Características microscópicas: Se observa gran presencia de espermatozonios, que llenan los túbulos seminíferos. Puede observarse poca presencia de espermatozonios. Además, es posible observar algunas zonas vacías debido al proceso de expulsión de espermatozonios (Fig. 3-J).

POST - EXPULSANTE (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Son testículos de consistencia flácida y poco turgentes, debido al término de la expulsión. Son de color blanco cremoso a blanco amarillento, con algunas zonas y bordes rojizos a lo largo de la gónada, dependiendo del grado de expulsión (Fig. 3-K).

Características microscópicas: Se observa la presencia de espermatozonios, espermatozonios, restos de espermatozonios. Además, existe gran cantidad de zonas vacías debido al proceso de expulsión de los espermatozonios (Fig. 3-L).

4. DISCUSIÓN

Esta escala de seis estadios tiene base en las observaciones microscópicas de cada uno de los estadios de hembras y machos. El menor número de estadios facilita la catalogación y reduce los errores de parte del observador; esto se basa en las recomendaciones sugeridas por el "Grupo de trabajo sobre enfoques modernos para evaluar la madurez y la fecundidad de los peces y calamares de aguas cálidas y frías" (KJESBU et al. 2003).

Se tomó en cuenta las características observables, aplicadas por SÁNCHEZ et al. (2013) en la determinación de la escala de madurez gonadal de *Trachurus murphyi*, como coloración, vascularización, turgencia, flacidez, transparencia y presencia de ovocitos o semen. Estas características fueron relacionadas con las microscópicas para determinar las características que delimitan con mayor exactitud el estadio de madurez gonadal.

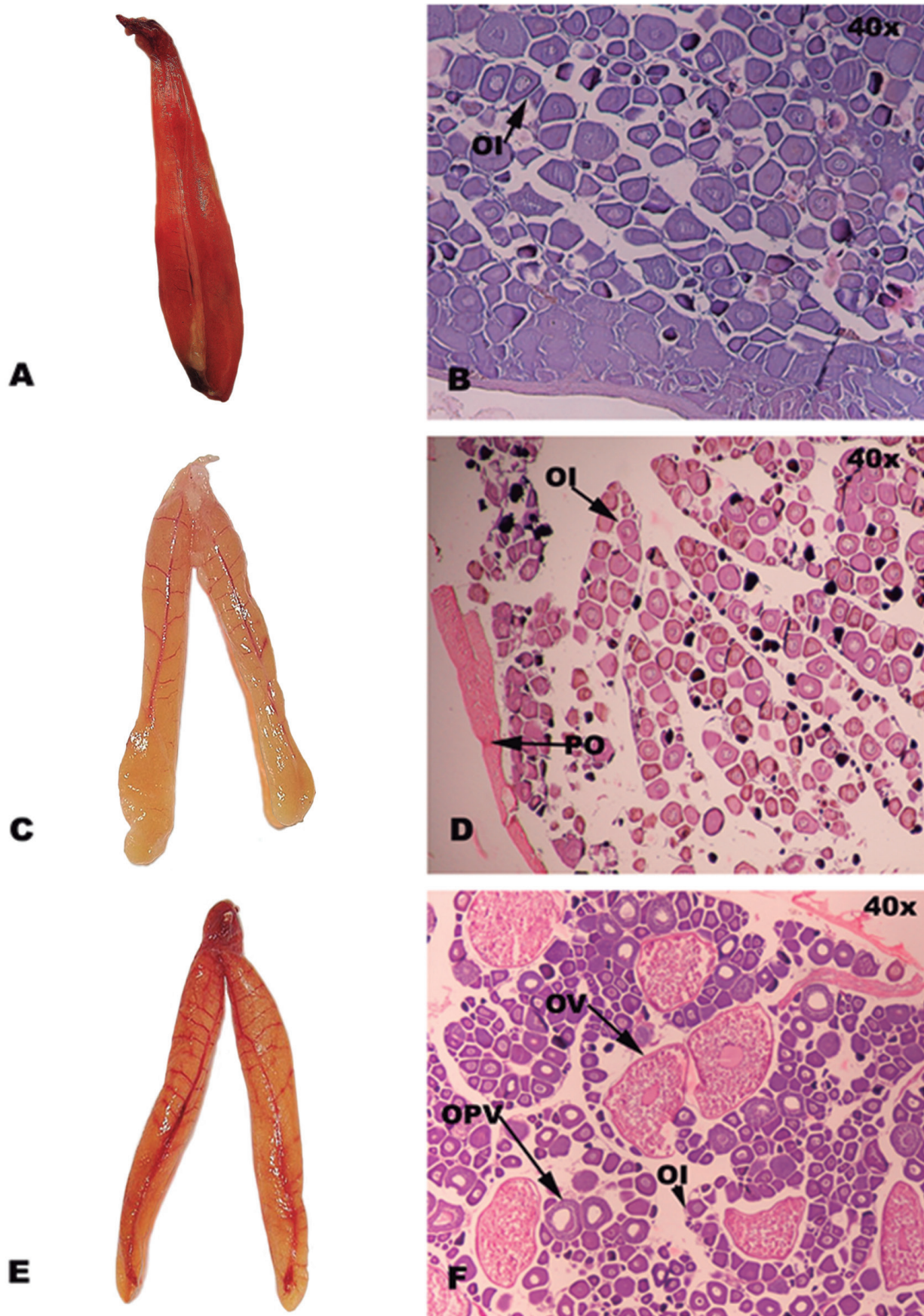


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de hembras de *Cynoscion analis* A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.

OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, PO: Pared del ovario

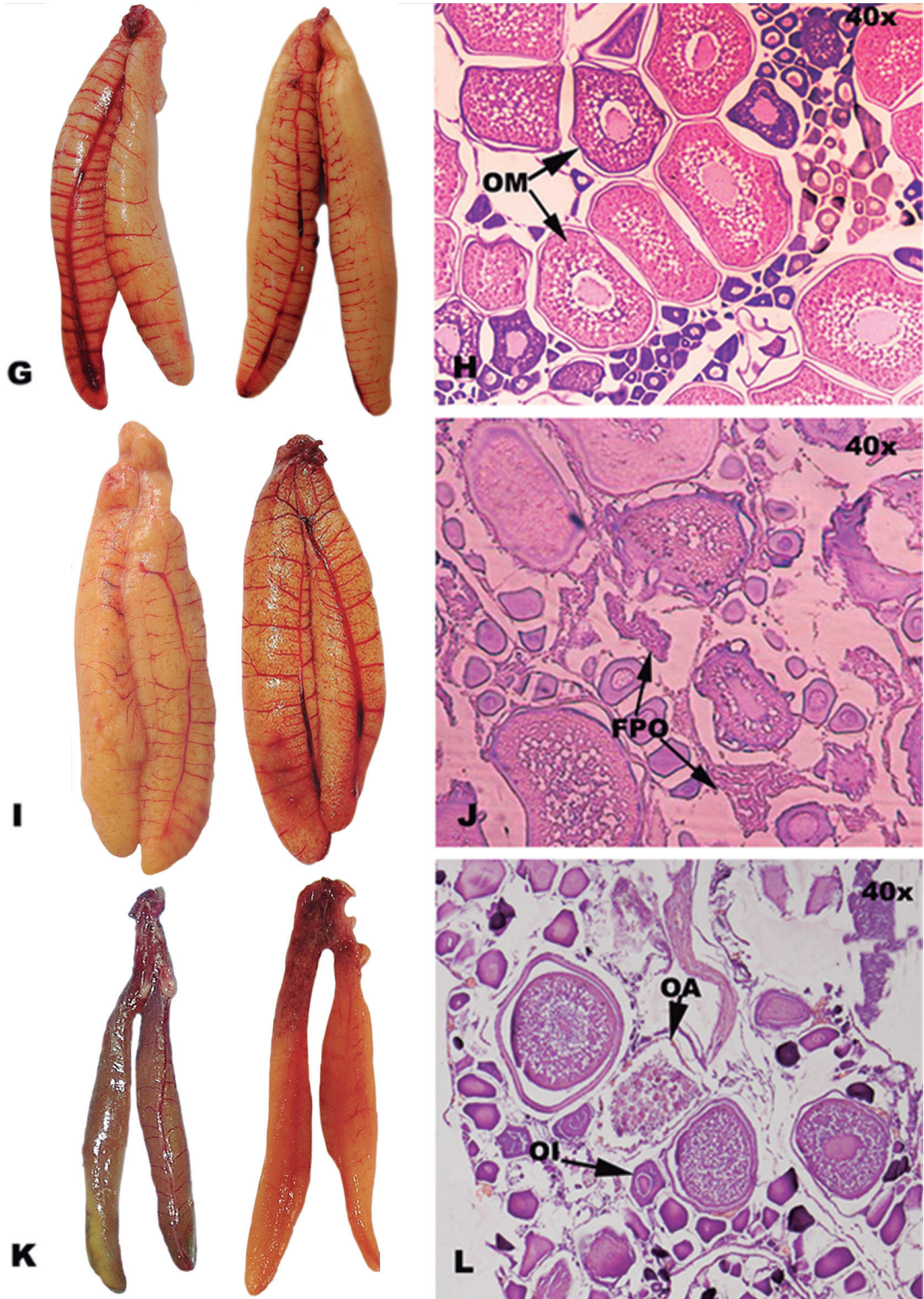


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de hembras de *Cynoscion analis*.
G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.
OI: Ovocito inmaduro, OM: Ovocito maduro, FPO: Folículo post-ovulatorio, OA: Ovocito atrésico

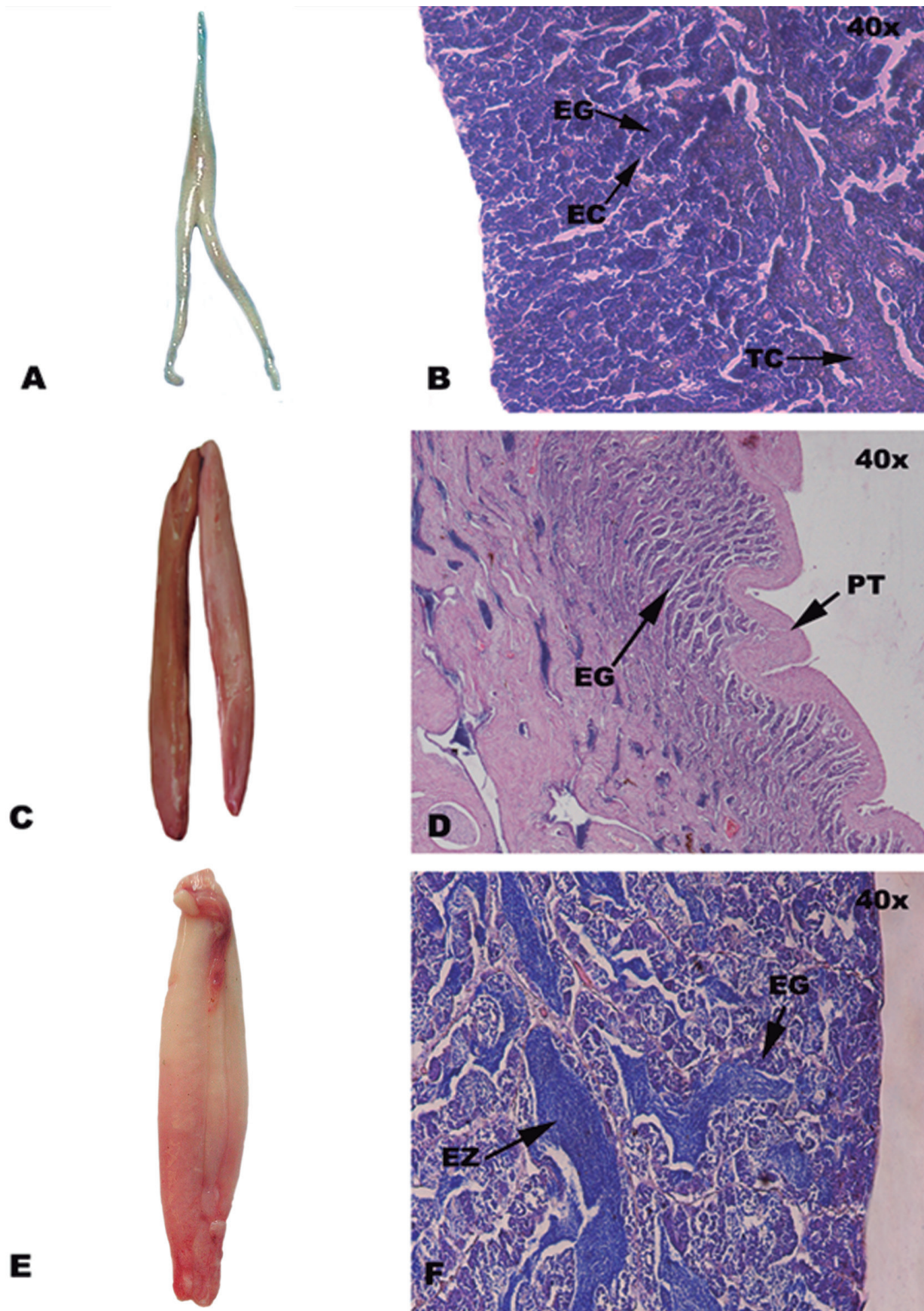


Figura 3.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de machos de *Cynoscion analis*.
A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.
EG: Espermatogonio, EC: Espermatocono, EZ: Espermatozoide, TC: Túbulo colector, PT: Pared del testículo

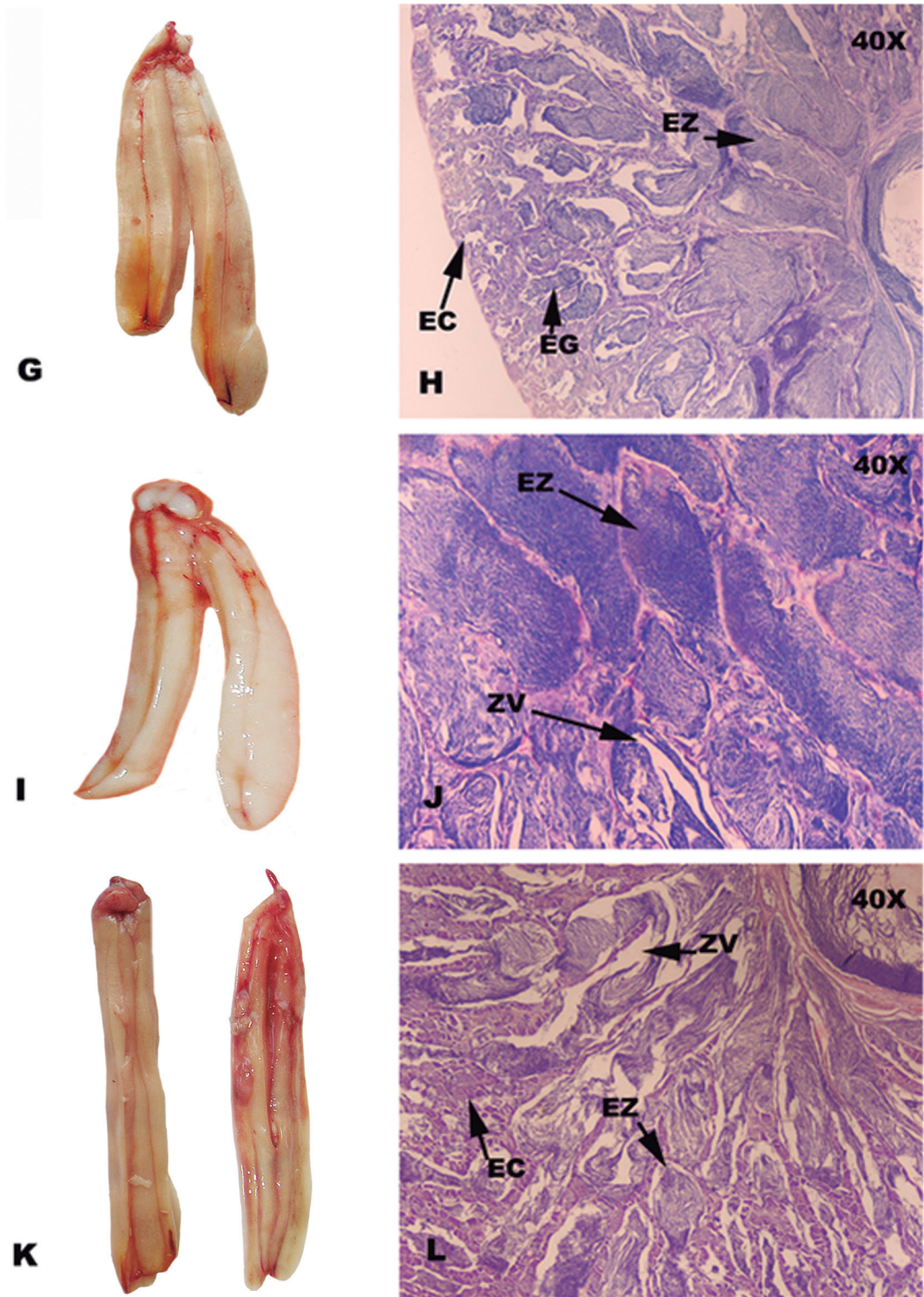


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de machos de *Cynoscion analis*.
G-H: Maduro; I-J: Expulsante; K-L: Post-expulsante.
EG: Espermatogonias, EC: Espermatocito, EZ: Espermatozoides, ZV: Zonas vacías

SAMAMÉ (1971), realizó una de las primeras escalas de madurez gonadal para cachema en donde adaptó la escala empírica de JOHANSEN (1919) manteniendo los 8 estadios. Dicha escala comprendió un desarrollo gonadal graduable, donde el estadio VI agrupa a los ejemplares desovantes, en este trabajo es el estadio IV; el estadio desovante agrupa individuos con gónadas hidratadas y a los que no presenten hidratación pero poseen folículo post-ovulatorio.

La identificación del estadio en recuperación puede causar alguna confusión con el estadio en reposo, pero en este último no se observan los gránulos amarillos en cada lóbulo que corresponden a los ovocitos atrésicos.

Las gónadas de cachema debido al tamaño y volumen que poseen, son más fáciles de discriminar entre los diversos estadios propuestos, a diferencia de lo que sucede con otros peces pequeños como la anchoveta *Engraulis encrasicolus*, donde se recomienda realizar cortes histológicos cuando hay alguna duda del estadio de madurez (FERRARI et al. 2009).

5. REFERENCIAS

- FERRARI R, BASILONE G, D'ELIA M, TRAINA A, SABORIDO-REY F, MAZZOLA S. 2009. Validation macroscopic mature stages according to microscopic histological examination for European anchovy. *Marine Ecology*. 30: 181-187.
- GONCALVES P, CUNHA E, COSTA A. 2004. Escalas de maturacao microscópica e macroscópica das gonadas femininas de pescada (*Merluccius merluccius*). *Relat. Cient. Tec IPIMAR. Serie digital* (<http://ipimariniap.ipimar.pt>) 21. 27pp.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring-spawning sea-herring (*Clupea harengus l.*) in the north-west European waters. *Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind.* 5(8): 1-56.
- 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. *Fisken og Havet* 12: 7-9.
- MEJÍA J, SAMAMÉ M, PASTOR A. 1970. Información básica de los principales peces de consumo. *Inf. Inst. Mar Perú*: pág. 2.
- MENDO, J. 1987. Edad y crecimiento de una especie de cachema *Cynoscion analis* de la zona frente a Paita. *Bol. Inst. Mar Perú*. 11(1): 1-39.
- SAMAMÉ M. 1971. Observaciones de la madurez sexual y desove de la cachema *Cynoscion analis* (Jenyns) de Paita. *Serie de informes especiales Inst. Mar Perú*. IM-81: 1-44.
- SAMAMÉ M, ESPINO M, CASTILLO J, MENDIETA A, DAMM U. 1983. Evaluación de la población de merluza y otras especies demersales en el área de Pto. Pizarro-Chimbote (Cr. BIC Humboldt 8103-04, marzo-abril 1981). *Bol. Inst. Mar Perú-Callao*. 7(5): 111-191.
- SÁNCHEZ J, PEREA A, BUITRÓN B, ROMERO L. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. *Rev. peru. biol.* Lima. 20(1): 35-44.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE HEMBRAS DE LENGUADO DE OJO GRANDE *Hippoglossina macrops* (STEINDACHNER, 1876)

GONADAL MATURITY SCALE FEMALES OF BIG EYE FLOUNDER

Hippoglossina macrops (STEINDACHNER, 1876)

Angel Perea

Luis Tito

Betsy Buitrón

RESUMEN

PEREA A, TITO L, BUITRÓN B. 2015. Escala de madurez gonadal de hembras de lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops* (Steindachner, 1876). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 87-92.- El lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops* es un recurso potencial poco estudiado. Tiene una amplia distribución latitudinal (3°S-8°S) y batimétrica (90-380 m de profundidad). Para determinar la escala de madurez gonadal, se analizaron 570 ovarios colectados en los Cruceros de Evaluación de Recursos Demersales de los años 2003 al 2007. Se determinó seis estadios de madurez gonadal: 0 (virginal), I (reposo), II (en maduración), III (maduro), IV (desovante), V (recuperación), los que permiten conocer con mayor certeza, la condición reproductiva de las hembras de esta especie y su principal periodo de reproducción.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

PEREA A, TITO L, BUITRÓN B. 2015. Gonadal maturity scale females of big eye flounder *Hippoglossina macrops* (Steindachner, 1876). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 87-92.- Big eye flounder *Hippoglossina macrops* is a potential resource, whose biology is not well known. It has a wide latitudinal (3°S-8°S) and bathymetric (up to 90 and 380 m depth) distribution. To determine the gonadal maturity scale of females, 570 ovaries were collected and analyzed on Demersal Trawl Surveys from 2003 to 2007. Six stages of gonadal maturation were determined: 0 (virgin), I (resting), II (maturing), III (mature), IV (spawning), V (recovery) which allow knowing with greater certainty, reproductive condition of this resource and its main breeding period.

Keywords: Stages of maturity, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

El lenguado ojón *Hippoglossina macrops*, presenta dimorfismo sexual (las hembras son más grandes que los machos). Es un reproductor parcial con desarrollo ovocitario asincrónico y se reproduce con mayor intensidad durante los meses de verano, siendo esta una estrategia que lo conduce a obtener éxito reproductivo (TITO 2008).

En el Perú, para la determinación de los estadios de madurez gonadal en peces, se contaba únicamente con escalas macroscópicas empíricas, como la de EINARSSON et al. (1966), para anchoveta *Engraulis ringens*, al igual que la escala de JOHANSEN (1919) originalmente hecha para el arenque, y que en la actualidad es aplicada a todas las especies peruanas pelágicas, costeras y demersales como es el caso del lenguado de ojo grande.

En este trabajo se presenta la escala de madurez gonadal del lenguado de ojo grande o lenguado ojón, la que ha sido validada histológicamente.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 570 gónadas de lenguado de ojo grande colectadas en enero, mayo, junio del 2003 al 2007,

durante los Cruceros de Evaluación de Recursos Demersales de verano (0401, 0601 y 0701) y otoño (0305-06, 0605-06 y 0705-06) (Tabla 1).

Procedencia de las muestras de gónadas de hembras de *Hippoglossina macrops*, para determinación de la escala de madurez gonadal

Procedencia	Rango de talla (cm)	N° ejemplares
Cruceros		570
0305-06	19 - 31	115
0401	14- 34	162
0601	14 - 33	60
0605-06	15 - 34	57
0701	21 - 37	95
0705-06	25 - 34	81

La caracterización macroscópica de los ovarios se realizó mediante la observación visual; mientras que la caracterización microscópica se efectuó teniendo como base los diferentes tipos de ovocitos. Para este fin se emplearon los criterios propuestos por OLIVA et al. (1986), HUNTER y MACEWICZ (1985) y PEREA et al. (1998). Los ovarios fueron fotografiados en cada estadio antes de que fueran fijados y los cortes histológicos fueron microfotografiados.

Mediante el análisis histológico realizado a los ovarios, y considerando las características macroscópicas de los mismos, se determinaron seis estadios de madurez gonadal para el lenguado de ojo grande, los cuales están conformados por los ovocitos en sus diferentes grados de desarrollo, además del folículo post-ovulatorio (FPO) y el ovocito atrésico (OA).

3. RESULTADOS

CARACTERIZACIÓN DE GÓNADAS

Conforme las gónadas aumentan de tamaño, se vuelven extremadamente cónicas (HAAKER 1975) y se encuentran fusionadas por una delgada membrana (membrana interlobular) y adheridas al celoma.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

VIRGINAL (ESTADIO 0)

Características macroscópicas: Ovarios pequeños de aspecto transparente. Presentan poca o ninguna vascularización. Pared del ovario delgada (Fig. 1-A).

Características microscópicas: Los ovarios presentan oogonias y ovocitos inmaduros (OI), siendo estos últimos los predominantes. La pared del ovario es muy delgada y se observa orden en el parénquima ovárico (Fig. 1-B).

REPOSO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Los ovarios se caracterizan por ser pequeños y de aspecto flácido. La pared del ovario es gruesa en comparación con la pared de un ovario virginal. Presenta muy poca o ninguna vascularización y la coloración es opaca (Fig. 1 - C).

Características microscópicas: Se caracteriza por la presencia de ovocitos inmaduros (OI), previtelogenados (OPV) y algunos ovocitos de atresia (OA) avanzada (Fig. 1 - D).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Ovarios con ovocitos pequeños y poco visibles a simple vista. Presentan vascularización con una rama principal y unas pocas ramas secundarias, las mismas que son más delgadas. La coloración de los ovarios se hace desde incolora hasta amarillenta (Fig. 1 - E).

Características microscópicas: Se caracteriza por presentar ovocitos inmaduros (OI), ovocitos previtelogé-

nicos (OPV) y ovocitos vitelogénicos (OV), siendo los OPV o los OV predominantes (Fig. 1 - F).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Los ovarios presentan en la zona anterior proyecciones a manera de ciegos, los cuales son perfectamente visibles a partir de este estadio de madurez. Se observan ovocitos grandes a simple vista. La vascularización es mayor, presentando un vaso principal y vasos secundarios notorios. La coloración de los ovarios es intensa, presentando tonos que van desde amarillo hasta anaranjado (Fig. 2-G).

Características microscópicas: Presencia de ovocitos inmaduros (OI), ovocitos previtelogénicos (OPV), ovocitos vitelogénicos (OV) y ovocitos maduro (OM). (Fig. 2 - H).

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Presencia de ovocitos hidratados, los cuales son transparentes y visibles a simple vista. El ovario presenta un aspecto turgente y la vascularización es intensa con un vaso principal y muchos secundarios que son de un grosor similar al principal. La coloración que presentan los ovarios es intensa y los tonos van desde crema hasta anaranjado (Fig. 2 - I).

Características microscópicas: Presenta ovocitos inmaduros (OI), ovocitos previtelogénicos (OPV), ovocitos vitelogénicos (OV), ovocitos maduros (OM), ovocitos hidratados (OH) y folículos post-ovulatorios (FPO). Su característica principal es la presencia de OH y/o FPO (Fig. 2-J).

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: Los ovarios presentan, como característica principal, a los ovocitos atrésicos, los cuales se observan como puntos amarillentos de color intenso que contrastan con la coloración del ovario. El aspecto del ovario es menos turgente y la coloración que presenta va desde crema hasta anaranjada (Fig. 2-K).

Características microscópicas: Este estadio está conformado por ovocitos atrésicos (OA) los que se encuentran presentes en mayor cantidad en comparación con los demás tipos de ovocitos, teniendo como condición ser >50% (Fig. 2-L).

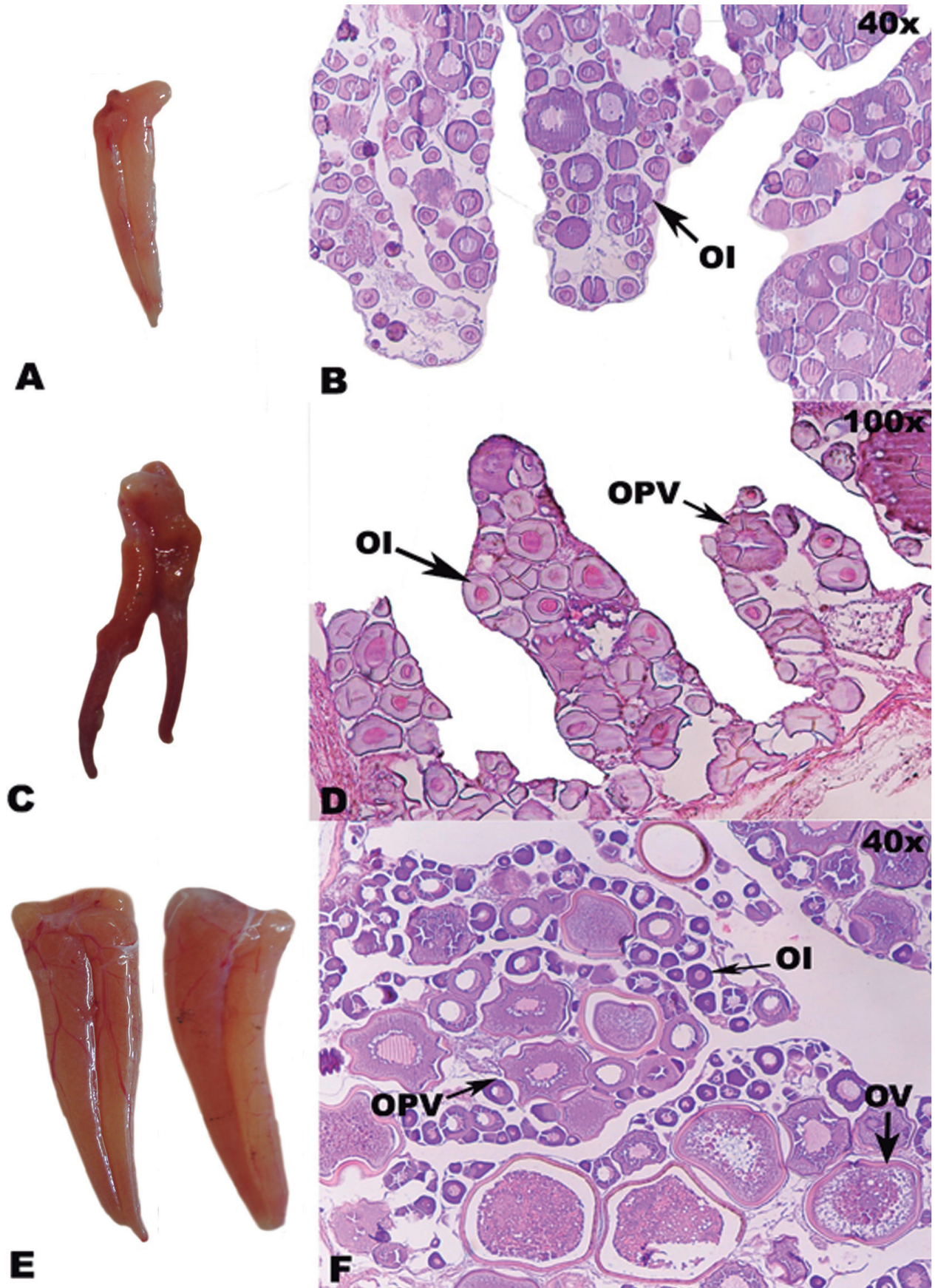


Figura 1.- Representación gráfica macro y micro de estadios de madurez gonadal de hembras de *Hippoglossina macrops* A-B: Virginal; C-D: Reposo; E-F: En maduración.

OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito previtelogenado, OV: Ovocito vitelogenado

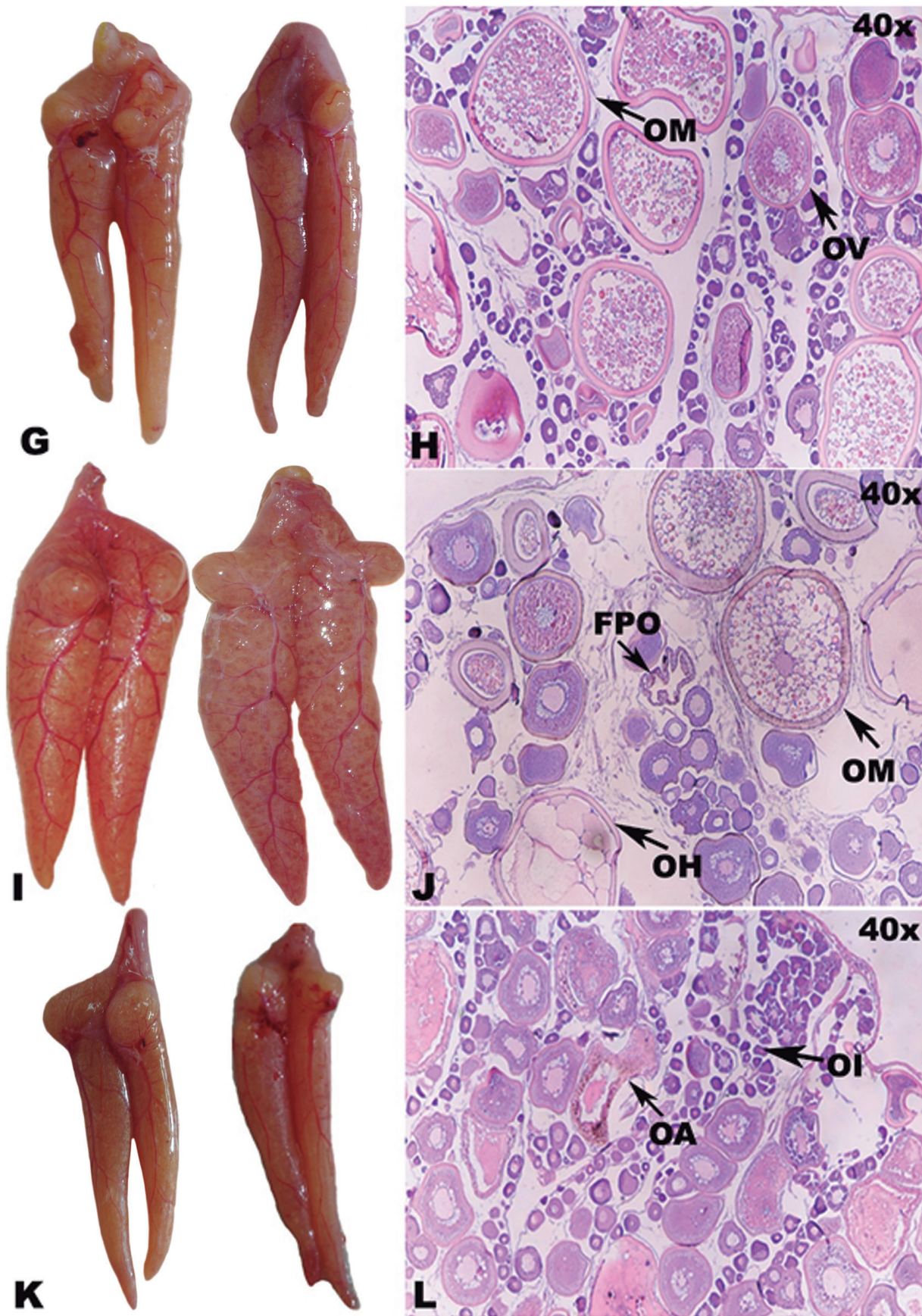


Figura 2.- Representación gráfica macro y micro de estadios de madurez gonadal de hembras de *Hippoglossina macrops*
 G-H: Maduro; I-J: Desovante; K-L: Recuperación.
 OI: Ovocito inmaduro, OV: ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, OA: Ovocito atrésico, FPO: Folículo post-ovulatorios

4. DISCUSIÓN

Los ovarios de *Hippoglossina macrops* tienen una forma particular comparados con otras especies de peces (TRESIERRA et al. 2002). Así, los ovarios en su parte anterior son de forma triangular para luego, conforme se aproxima a la región caudal, van adoptando una forma tubular y alargada. Este cambio de la forma gonadal es una adaptación del órgano reproductivo acorde a la forma aplanada de la especie y es observada en otros lenguados como *Paralichthys adspersus* (PEREA com. pers.) y corresponde al tipo cistovariano, en donde el lumen tiene continuidad con el oviducto (HOAR 1969 en BAZZOLI 2003) y se extiende hasta la parte posterior de los ovarios. Los ovocitos se desprenden hacia el lumen, inclusive desde la parte más distal de la gónada (posterior) hasta llegar al poro genital durante el desove.

El empleo de escalas de madurez gonadal validadas histológicamente y propias de cada especie, es de gran utilidad, dada la necesidad de aportar información precisa de los principales parámetros reproductivos, necesarios para el manejo pesquero. Así mismo las escalas no deberían contar con muchos estadios de madurez, y a la vez deben permitir que su aplicación genere la disminución de sesgos durante las catalogaciones realizadas a las especies en estudio (PEREA et al. 1998, KJESBU et al. 2003).

El análisis de las características macroscópicas y microscópicas de las gónadas, permite elaborar escalas que posibilitan la evaluación del estado de madurez de los peces en el campo (FLORES y HIRT 1999). Las características macroscópicas tales como la longitud, ancho, peso, turgencia, coloración, irrigación sanguínea, grado de transparencia y presencia de ovocitos a simple vista permiten la clasificación de los estadios en las escalas de madurez (GONZÁLEZ et al. 2001, FLORES y HIRT 1999, MONTREUIL et al. 2001). Con respecto a las características microscópicas, la diferenciación y clasificación de los ovocitos se basó en criterios de distribución y presencia de vitelo, forma de la capa folicular y tamaño de los ovocitos, de acuerdo a lo reportado por HUNTER y MACEWICZ (1985) y, para la determinación de los estadios de madurez, se consideró la proporción de los diferentes tipos de ovocitos, como los criterios propuestos por OLIVA et al. (1986), HUNTER y MACEWICZ (1985), y PEREA y CARRERA (2002), utilizando la terminología usada por estos autores.

De acuerdo con el patrón de desarrollo de los ovocitos, la reproducción de los peces teleósteos, puede ser de tipo asincrónico (desovadores parciales), sincrónico (desovadores totales) o grupo sincrónico (ZANUY y CARRILLO 1987, CARRILLO y ZANUY 1993). El ovario asincrónico contiene ovocitos en diferentes estados de desarrollo (MURUA y SABORIDO-REY 2003). Este tipo de ovario es característico de especies con desove

múltiple como *E. ringens* (ALHEIT 1989), *E. mordax* (HUNTER y MACEWICZ 1985) y peces planos como el lenguado *Paralichthys adspersus* (PEREA et al. com. pers.) y el Dover sole *Microstomus pacificus* (ABOOKIRE y MACEWICZ 2003).

Una característica propia de los ovarios de *H. macrops* es la presencia frecuente de ovocitos hidratados, dando indicios de alta frecuencia de desove, lo cual no es común en otros peces.

Existe escasa información sobre la reproducción del lenguado ojón (TITO 2008), de manera que se hace necesario plantear algún programa de seguimiento, sobre la base de esta escala macroscópica validada, que permita describir el ciclo reproductivo de esta especie y otros aspectos reproductivos como hora pico de desove, zonas de desove, tallas de primera madurez y fecundidad.

5. REFERENCIAS

- ABOOKIRE AA, MACEWICZ BJ. 2003. Latitudinal variation in reproductive biology and growth of female Dover sole (*Microstomus pacificus*) in the North Pacific, with emphasis on the Gulf of Alaska stock. *Journal of Sea Research*. 50: 187–197.
- ALHEIT J. 1989. Comparative spawning biology of anchovies, sardines and sprats. *Rapp. P.-v. Reun. Cons. Int. Explor. Mer* 191: 7-14. 1989.
- BAZZOLI N. 2003. Parâmetros reprodutivos de peixes de interesse comercial na região de Pirapora. En H. P. Godinho Y A. L. Godinho (edit.). *Águas, Peixes e pescadores do São Francisco das Minas Gerais*. SOGRAFE: 291-306.
- CARRILLO M, ZANUY S. 1993. Fisiología de la reproducción de los teleósteos. En: "Acuicultura marina: fundamentos biológicos y tecnología de la producción". Universidad de Barcelona. España. 125-142.
- 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.
- FLORES S, HIRT L. 1999. Biología reproductiva de las hembras de *Hemiodus orthonops* (Eigemann y Kenedy, 1909) (Pisces, Hemiodidae). *Boletim do Instituto de Pesca*. 25: 111-120.
- GONZÁLEZ-MARTÍNEZ D, MADIGOU T, ZAMORA N, ANGLADE I, ZANUY S, ZOHAR Y, ELIZUR A, MUÑOZ-CUETO JA, KAH O. 2001. Differential expression of three different prepro-GnRH (Gonadotrophin-releasing hormone) messengers in the brain of the European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Comp. Neurol.* 429: 144-155.
- HAAKER PL. 1975. The biology of the California halibut, *Paralichthys californicus* (Ayres), in Anaheim Bay, California. Páginas 137-151 In: E.D. Lane and C.W. Hills, eds. *TG Marine Resources of Anaheim Bay*. Calif. Dep. Fish Game Fish. Bull. 165 pp.
- HUNTER JR, MACEWICZ BJ. 1985. 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*

- northern anchovy, *Engraulis mordax*. NOAA tech. Rep. NMFS. 36: 79-94.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring – spawning sea – herring (*Clupea harengus* L.) in the north – west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- 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. Fiskeri og Havet 12: 7-9.
- MONTREUIL V, AUREA G, RONALD R. 2001. Biología reproductiva de “boquichico” *Prochilodus nigricans*, en la Amazonía Peruana. Folia Amazónica. IIAP 12(1-2): 5-13.
- MURUA H, SABORIDO-REY F. 2003. Female reproductive strategies of marine fish fishes of the North Atlantic. J. Northw. Atl. Fish. Sci. 33: 23-31.
- OLIVA J, CARVAJAL W, TRESIERRA A. 1986. Biología Reproductiva e Histología de gónadas en peces. Dpto. Ciencias Biológicas. Universidad Nacional de Trujillo, Perú. 151 pp.
- PEREA A, BUITRÓN B, MECKLENBURG E. 1998. Condición reproductiva y maduración temprana de la meluza, *Merluccius gayi peruanus*. Crucero BIC José Olaya Balandra 9806-07. Inf. Inst. Mar Perú 138: 56-62.
- PEREA A, CARRERA L. 2002. Seguimiento de la maduración y desove en cautiverio del lenguado *Paralichthys adspersus*. Inf. Inst. Mar. Perú. 39(1-2): 82-87.
- TITO L. 2008. Escala y talla de primera madurez gonadal del lenguado de ojo grande *Hippoglossina macrops* (Steindachner, 1876), de la zona comprendida entre Puerto Pizarro y Huarmey (03°30'S y 10°S). Universidad Nacional de Piura. 66 pp.
- TRESIERRA A, CULQUICHICON Z, VENEROS B. 2002. Biología reproductiva en peces. 2nd ed. Perú, Ed. Nuevo Norte. 285 p.
- ZANUY S, CARRILLO M. 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. En: Reproducción en acuicultura. (J. Espinoza de los monteros, U. Labarta, Eds.) CAICYT. Madrid. 1-131.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE *Vinciguerria lucetia* (GARMAN, 1899)

GONADAL MATURITY SCALE OF *Vinciguerria lucetia* (GARMAN, 1899)

Angel Perea

Ana Cecilia Cure

Betsy Buitrón

RESUMEN

PEREA A, CURE AC, BUITRÓN B. 2015. Escala de madurez gonadal de *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 93-99.- *Vinciguerria lucetia* es uno de los recursos mesopelágicos más abundantes e inexplorados. En el presente trabajo, mediante el análisis de 774 gónadas (597 ovarios y 177 testículos) colectados en el BIC José Olaya durante los Cruceros de Investigación de agosto 2010 y diciembre 2011, se establece una escala histológica de madurez gonadal para hembras, que ha permitido validar una escala macroscópica de 5 estadios. En el caso de los machos, se identificaron 4 estadios de madurez gonadal tanto microscópicamente como macroscópicamente. Esta escala permite facilitar la obtención de datos reproductivos en diversas circunstancias como prospecciones de campo y muestreo a bordo.

PALABRAS CLAVE: Estadios de madurez, desarrollo gonadal, histología

ABSTRACT

PEREA A, CURE AC, BUITRÓN B. 2015. Gonadal maturity scale of *Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899). *Bol Inst Mar Perú*. 30(1-2): 93-99.- *Vinciguerria lucetia* is one of the most abundant and unexploited mesopelagic resources. In this paper, by analyzing 774 gonads (597 ovaries and 177 testes) collected on the RV Jose Olaya during research surveys in August 2010 and December 2011, a histological gonadal maturity scale is established. The maturity scale for females has five stages and for males has four stages, both microscopically and macroscopically identified. This gonadal maturity scale can facilitate obtaining reproductive data in various circumstances such as field surveys and sampling on board.

KEYWORDS: Stages of maturity, gonadal development, histology

1. INTRODUCCIÓN

Vinciguerria lucetia constituye, según la FAO, el tercer stock más importante, en cuanto a su biomasa (ITP, 1999). Se encuentra distribuida en la mayoría de los océanos (AHLSTROM y CAUNTS 1958, citados por CABRERA y ÑIQUEÑ 1990), habitando el Índico y Pacífico Este, frente a California y de Panamá a Chile (JDSTA - IMARPE 2009).

V. lucetia es uno de los principales consumidores de zooplancton y forma parte de la dieta alimentaria de especies de importancia comercial como merluza (cuando ésta abandona la plataforma continental), jurel, caballa y calamar gigante, de tal manera que su importancia radica en que provee un vínculo entre los depredadores superiores y el zooplancton (DIOSES 2004; SÁNCHEZ y BUITRÓN 2008, MARKAIDA 2001). En el aspecto nutricional posee un alto nivel de proteína en harina (72% aproximadamente), frente al de anchoveta (60–72%) (DIOSES 2004) y en el económico, se considera un recurso potencial para el desarrollo de una nueva pesquería.

Para el seguimiento del estado poblacional de este recurso, los estudios sobre la condición reproductiva

de *V. lucetia* se iniciaron en agosto – setiembre de 1998, donde se determinó que presenta reproducción asincrónica con un tipo de desove parcial, es decir, se reproduce por baches o tandas de desove, lo cual podría indicar que desova durante todo el año. Se elaboró una escala microscópica de madurez gonadal de cinco estadios para hembras y se estimó la fecundidad (BUITRÓN et al. 1998). En el segundo estudio realizado en esta especie, se catalogó macroscópicamente el estado de madurez de las gónadas en cuatro estadios (PEREA y BUITRÓN 1999), sobre la base de la escala microscópica propuesta por BUITRÓN et al. (1998).

El seguimiento de la condición reproductiva de esta especie es importante para sugerir vedas reproductivas y conocer variables como la talla de primera madurez. Por tales motivos, en este trabajo se establece una escala histológica de madurez gonadal que ha permitido validar una escala macroscópica para facilitar el manejo de la obtención de datos en el trabajo de rutina (como prospecciones de campo, muestreo a bordo, entre otros), sin tener que recurrir al uso de sofisticada maquinaria que actualmente es requerida para este tipo de investigación.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

En total se utilizaron 774 ejemplares (597 hembras y 177 machos), los cuales fueron colectados a bordo del BIC. José Olaya en los Cruceros de Investigación realizados por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), durante agosto del 2010 y diciembre del 2011. Para la captura se empleó una red de arrastre de media agua.

3. RESULTADOS

HEMBRAS

CARACTERIZACIÓN DE GÓNADAS

El sistema reproductor de las hembras consiste en dos ovarios alargados y tubulares, unidos en la parte anterior por tejido mesentérico a un solo oviducto, el cual se comunica al exterior a través del poro genital, localizado en la parte ventral del cuerpo posterior al ano. Las partes media y posterior de los ovarios adoptan una forma tubular, se extienden hacia la región caudal y terminan con puntas redondeadas.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

INMADURO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Ovarios pequeños, delgados, transparentes y flácidos. La pared es delgada y no hay presencia de vascularización superficial. No se visualizan ovocitos a simple vista (Fig. 1-A).

Características microscópicas: El estroma ocupa pocos espacios, las lamelas son poco identificables debido a que los ovocitos ocupan todo el lugar. Las ovogonias, ovocitos inmaduros y pre-vitelogenados, en algunos casos, están presentes cubriendo las lamelas (Fig. 1-B).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: El tamaño del ovario se incrementa con respecto al estadio anterior. Ovarios delgados, flácidos y semi-transparentes o translúcidos en algunos sectores, por la presencia de ovocitos vitelogenados que se visualizan a simple vista. La pared es delgada y no hay presencia de vascularización superficial (Fig. 1-C).

Características microscópicas: En este estadio comienza la maduración gonadal. La pared aumenta su grosor y el estroma ocupa mayores espacios. Se puede observar la combinación de ovogonias, ovocitos inmaduros y en mayor proporción, pre-vitelogenados y vitelogenados (Fig. 1-D).

MADURO (ESTADIO III)

Características macroscópicas: Ovarios pequeños, pero de mayor tamaño con respecto al estadio

anterior, gruesos, consistentes o turgentes, firmes al tocarlos y de color blanco opaco, debido a la presencia de ovocitos maduros que se visualizan a simple vista. La pared es delgada y en algunos casos se pueden observar vasos sanguíneos (Fig. 1-E).

Características microscópicas: La pared se extiende por el aumento del volumen del ovario, producto de la maduración de los ovocitos. El estroma ocupa mayor volumen. Se encuentran de dos a más ovocitos maduros, estando presentes los ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados y vitelogenados (Fig. 1-F). Además, pueden ser observados ovocitos con núcleo migratorio.

DESOVANTE (ESTADIO IV)

Características macroscópicas: Los ovarios alcanzan su máximo tamaño, ocupando gran parte de la cavidad abdominal extendiéndose hasta casi dos tercios del cuerpo. Son grandes y transparentes debido a la presencia de ovocitos hidratados (OH). De apariencia similar al estadio II, pero la pared es delgada y turgente. A pequeña presión la pared puede romperse y los ovocitos salir con facilidad (Fig. 2-G).

Características microscópicas: La pared se muestra delgada. La característica más notable de este estadio es la presencia de ovocitos hidratados (Fig. 2-H) y/o folículos post-ovulatorios. Además, se observan ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y maduros.

RECUPERACIÓN (ESTADIO V)

Características macroscópicas: No se puede reconocer macroscópicamente

Características microscópicas: Se observan ovocitos atrésicos, estos indican la finalización del proceso reproductivo. Hay presencia de ovocitos inmaduros, pre-vitelogenados, vitelogenados y maduros.

MACHOS

CARACTERIZACIÓN DE GÓNADAS

En la cavidad peritoneal se localizan los dos testículos de forma laminar. De cada uno emergen ventralmente ductos deferentes fusionándose para formar el ducto espermático, que se abre al exterior a través del poro urogenital.

ESCALA DE MADUREZ GONADAL

INMADURO (ESTADIO I)

Características macroscópicas: Testículos pequeños, flácidos y de color blanco. No hay presencia de vascularización superficial (Fig. 3-A).

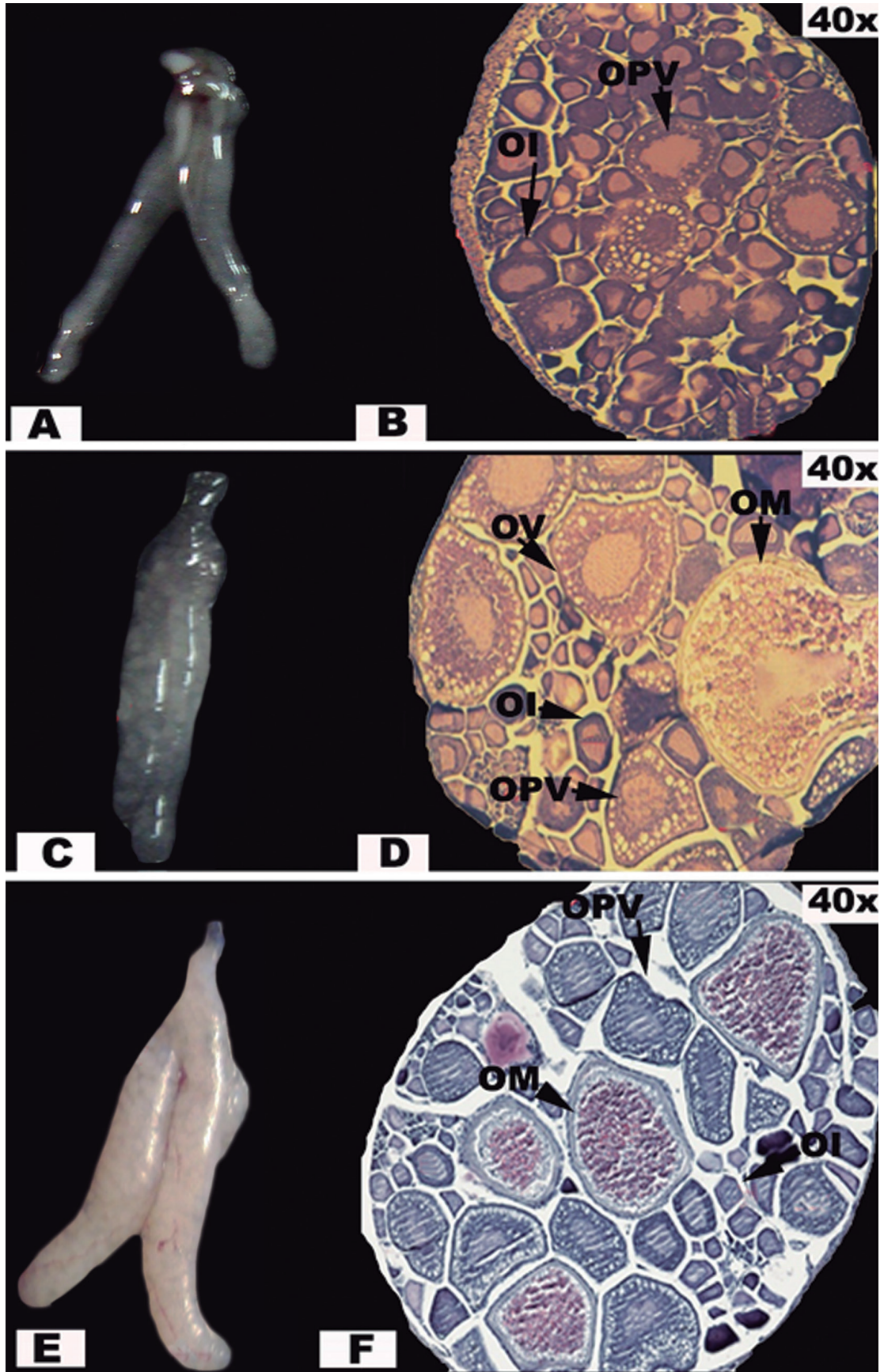


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de gónadas de hembras de *Vinciguerria lucetia* en diferente estadio de madurez
 A-B: Inmaduro (I); C-D: En maduración (II); E-F: Maduro (III).

OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito Pre – vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, OM: Ovocito maduro, OH: Ovocito hidratado

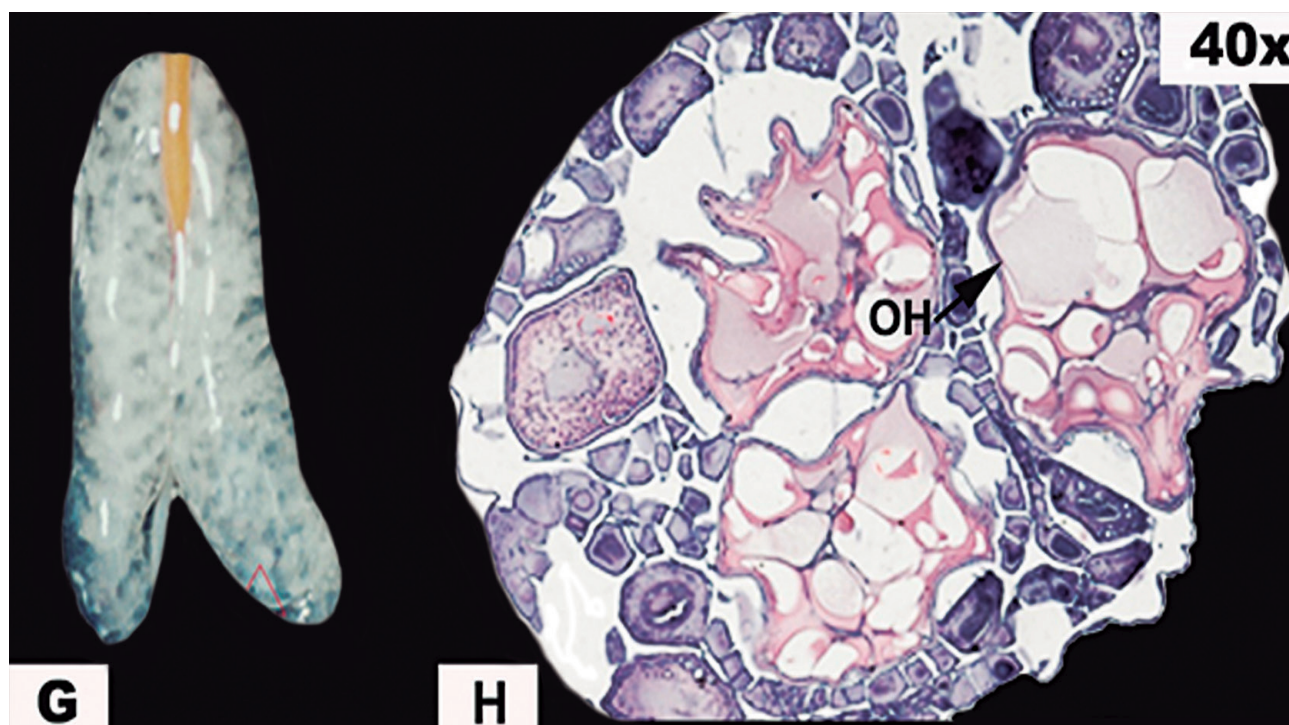


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de gónadas de hembras de *Vinciguerria lucetia* en estadio desovante
OH: Ovocito hidratado

Características microscópicas: En la zona de crecimiento observamos túbulos seminíferos con cistos de espermatogonias, espermatocitos y espermátidas. En los lúmenes de los túbulos seminíferos no se observan espermatozoides o contienen muy pocos. En el túbulo de colección común hay presencia de espermatozoides pero muy pocos (Fig. 3-B).

EN MADURACIÓN (ESTADIO II)

Características macroscópicas: Los testículos adquieren un mayor tamaño en comparación al estadio inmaduro. El color se torna blanco cremoso. Presentan una pequeña turgencia debido al aumento de la cantidad de espermatozoides en la zona central o zona de colección. El túbulo de colección común (TCC) se engrosa y se observa de color blanco cremoso más intenso que en las demás zonas del testículo (Fig. 3-C).

Características microscópicas: Los túbulos seminíferos contienen cistos en diferentes grados de desarrollo espermatogénico y algunos túbulos tienen espermatozoides en su lumen. El tubo de colección común muestra un crecimiento de la cantidad de espermatozoides en relación al estadio anterior, pero no está completamente lleno. La zona de crecimiento alcanza un mayor volumen (Fig. 3-D).

Maduro (Estadio III)

Características macroscópicas: Los testículos ocupan una gran parte de la cavidad abdominal. La

coloración se torna blanco cremoso y la turgencia se incrementa debido al aumento en la cantidad de espermatozoides con respecto al estadio anterior. El grosor del túbulo de colección común (TCC) se engrosa aún más en las zonas anterior y media (Fig. 3-E).

Características microscópicas: El lumen de cada uno de los túbulos seminíferos se encuentra ocupado totalmente por espermatozoides, dándole el aspecto de turgencia. Los cistos agrupados en diferentes grados de desarrollo, pueden ser observados en la periferia de cada túbulo aunque en menor proporción al estadio II. El tubo de colección común está completamente lleno de espermatozoides (Fig. 3-F). La zona de crecimiento se va reduciendo.

Expulsante (Estadio IV)

Características macroscópicas: Los testículos se observan de aspecto flácido y poco turgente, producto de la espermiación (Fig. 4-A).

Características microscópicas: Algunos lúmenes de los túbulos seminíferos se observan menos llenos, producto de la liberación de los espermatozoides hacia los ductos eferentes. El tubo de colección común puede contener zonas muy llenas de espermatozoides o zonas semi-vacías producto de la expulsión (Fig. 4-B). La zona de crecimiento es muy delgada.

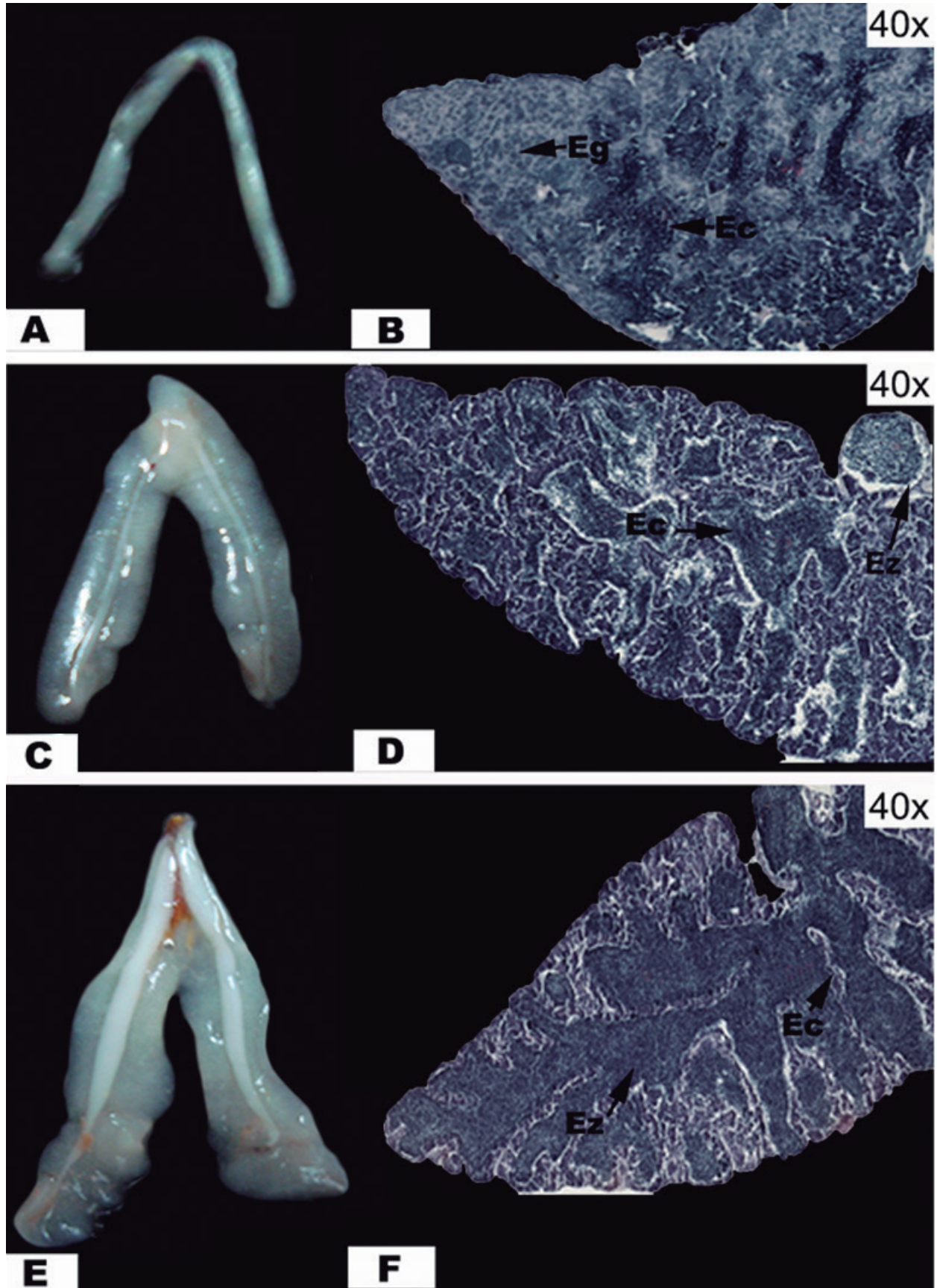


Figura 3.- Estadios macroscópicos y microscópicos de madurez gonadal de machos de *Vinciguerria lucetia*.
A-B: Inmaduro (I); C-D: En maduración (II); E-F: Maduro (III).
Eg: Espermatozonias, Ec: Espermatozonios, Ez: Espermatozonios

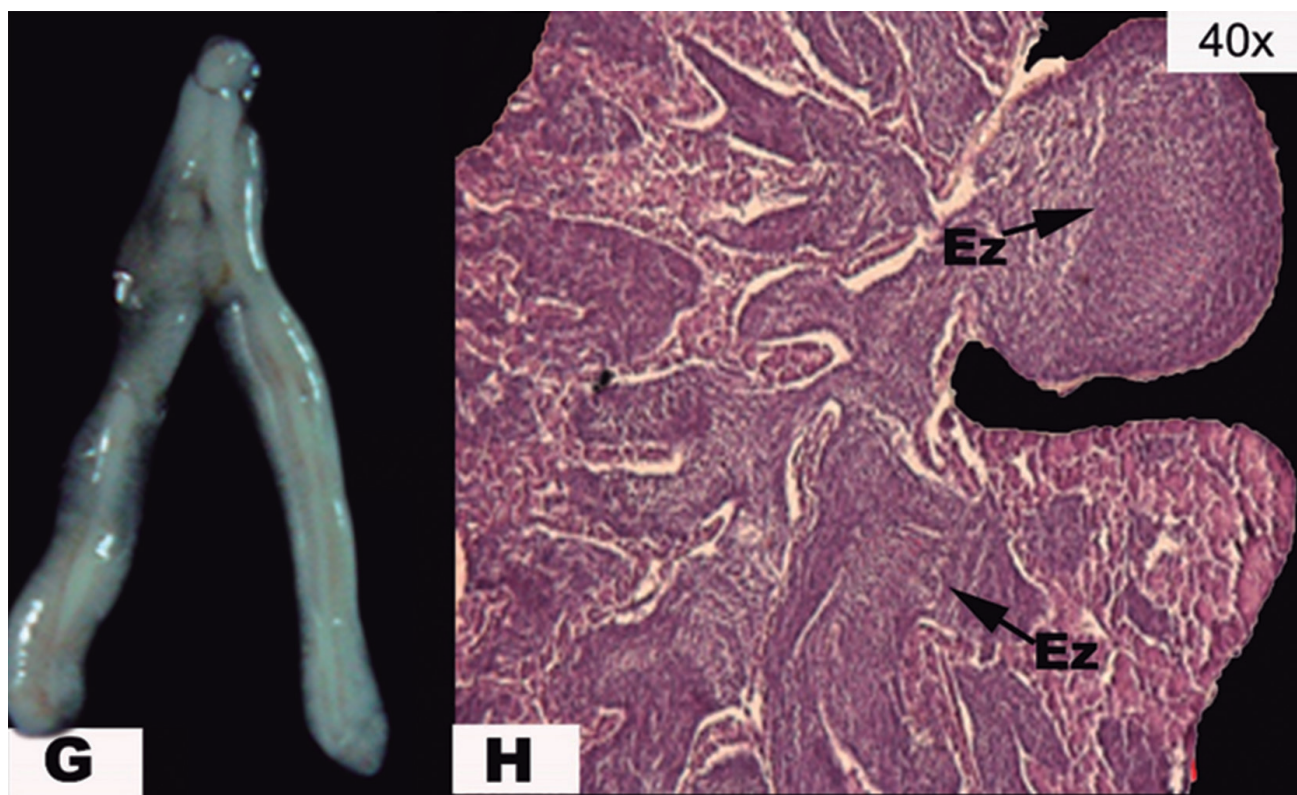


Figura 4.- Estadios macroscópicos y microscópicos de madurez gonadal de machos de *Vinciguerria lucetia*. G-H: Expulsante (IV). Donde: Ez: espermatozoides

4. DISCUSIÓN

Las gónadas de *Vinciguerria lucetia* mostraron cambios en el tamaño y aspecto durante su maduración. NAGAHAMA (1983) asocia estos cambios a que la mayoría de los teleósteos son reproductores cíclicos y las gónadas varían mucho en su apariencia en diferentes momentos del ciclo; sin embargo, en *V. lucetia* estos cambios no se manifiestan en las variaciones cromáticas producto de la maduración gonadal, siendo esta una de las características propias de esta especie. La falta de coloración de los ovarios durante el proceso de maduración hace más difícil la catalogación macroscópica, teniendo que observar otras características como turgencia, translucidez o tamaño de los ovocitos. No se conocen las razones que producen la falta de color en las gónadas, pero es probable que su causa sea una distinta composición química del vitelo producto de la dieta (BUITRÓN et al. 1998).

Dada la baja fecundidad parcial (365 ovocitos por gramo de peso corporal) y el pequeño tamaño de las gónadas, en este trabajo la clasificación de los ovarios fue realizada sobre la base de la presencia del tipo de ovocito más avanzado.

La escala de madurez gonadal descrita sobre la base del desarrollo ovocitario consta de 5 estadios, conforme a lo descrito por BUITRÓN et al. (1998), quienes adaptan la escala macroscópica de JOHANSEN (1919) para esta especie, los estadios son: inmaduro, en maduración, maduro, desovante y recuperación. A partir de las observaciones macroscópicas se pudo establecer una escala de maduración gonadal dividida en 4 estadios. Es importante mencionar que el estadio en recuperación sólo se observó en los estadios microscópicos.

En el caso de los machos, al igual que en las hembras, se establecieron 4 estadios de madurez testicular macroscópica: inmaduro, en maduración, maduro y expulsante. La clasificación en estadios de madurez gonadal de los testículos es más difícil que en las hembras, debido a que macroscópicamente no presentan muchas diferencias visuales durante su desarrollo. Por lo tanto, el grado de llenura del tubo de colección común es clave para determinar el estadio de madurez testicular macroscópico. La maduración testicular es un proceso continuo. En este trabajo se ha podido identificar diferentes grados de llenura de los túbulos seminíferos y tubo de colección común, lo que permitió tener criterios para clasificar los grados de maduración testicular a nivel microscópico.

La importancia de *V. lucetia*, tanto en el aspecto ecológico, nutricional y potencial para el desarrollo de la pesquería, conllevan y motivan al estudio de aspectos biológicos como la determinación de una escala de madurez gonadal basada en las características específicas de esta especie. Lo recomendable en estos casos sería aplicar siempre los estudios histológicos, a pesar de ser una metodología costosa y que involucra gran cantidad de tiempo, es el método más apropiado y preciso para identificar los estadios de madurez gonadal, frecuencia de desove, además de ser un método preciso para conocer el periodo reproductivo y estimar tallas de primera madurez (HUNTER y MACEWICZ 1985, WEST 1990). Sin embargo, cuando no sea posible utilizar las observaciones histológicas, el presente trabajo propone una escala macroscópica validada microscópicamente, que puede ser aplicada en prospecciones de campo, como muestreos a bordo, entre otros.

5. REFERENCIAS

- BUITRÓN B, MECKLENBURG E, PEREA A. 1998. Condición reproductiva y fecundidad de *Vinciguerria lucetia pacifici* durante el Crucero BIC Humboldt 9808-09. Callao, 1998. Inf. Inst. Mar Perú. 141: 34 - 42.
- CABRERA W, ÑIQUEÑ M. 1990. Biometría y proporción sexual de *Vinciguerria lucetia pacifici*. Rev. Ciencias UNMSM. 75 (1): 30 - 38.
- DIOSES T. 2004. El recurso "vinciguerria" en el Perú. Revista Pesca. Noviembre - Diciembre: 4 - 7.
- HUNTER J, MACEWICZ. 1985. Measurement of spawning frequency in multiple spawning fish. In: R. Lasker (ed.), An Egg Production Method for Estimating Spawning Biomass of Pelagic Fish: Application to the Northern Anchovy (*Engraulis mordax*) NOAA Technical Report NMFS. 36: 79 - 94.
- ITP. 1999. Alternativas tecnológicas para recursos pesqueros no explotados. Rev. Focus. 2(1). 38 pp.
- JAPAN DEEP SEA TRAWLERS ASSOCIATION (JDSTA), IMARPE. 2009. Libro de peces de aguas profundas del Perú. 123 pp.
- JOHANSEN AC. 1919. On the large spring - spawning sea - herring (*Clupea harengus* L.) in the north - west European waters. Medd. Fra. Komm. Havunders, Ser. Fiskeri Bind. 5(8): 1-56.
- MARKAIDA U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el golfo de California, México. Tesis doctoral. Centro de investigación científica y de educación superior de Ensenada. Ensenada, Baja California, México. 426 pp.
- 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. 9(A): 223 - 275 pp.
- PEREA A, BUITRÓN B. 1999. Condición reproductiva de *Engraulis ringens* y *Vinciguerria lucetia pacifici* en el mar peruano durante la primavera 1998. Inf. Inst. Mar Perú. 146: 60 - 65 pp.
- SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2008. Condición reproductiva de la anchoveta peruana y la vinciguerria en la primavera 2002. Inf. Inst. Mar Perú. 35 (4): 269 - 272 pp.
- WEST G. 1990. Methods of assessing ovarian development in fishes: a review. Marine and freshwater research. 41(2): 199 - 222.

GLOSARIO

Ciclo de madurez: Secuencia ordenada de los estadios de madurez que se inicia con los individuos virginales (estadio 0) y finaliza con los individuos en estadio de recuperación (estadio V).

Ciclo reproductivo: Descripción de los periodos de desove y reposo gonadal registrados a lo largo de un año.

Cisto: Agrupación de células sexuales dentro del testículo.

Desove: Salida de gametos femeninos al medio.

Dimorfismo sexual: Variaciones fisionómicas externas que permiten diferenciar a hembras de machos.

Expulsión: Vertimiento de gametos masculinos al medio.

Lamelas: Cavidades que conforman los ovarios y agrupan las células sexuales en sus diferentes grados de madurez.

Lumen: Zona vacía dentro del ovario o testículo.

Mesotelio: Membrana que forma el recubrimiento de varias cavidades corporales.

Ovario: Órgano sexual femenino conformado por ovocitos, pared ovárica y lamelas.

Ovocito: Célula sexual femenina que se ubica en el ovario.

Ovocito atrésico: Ovocito en estado de auto degeneración.

Talla de primera madurez: Longitud en la que el 50% de los individuos se encuentran maduros.

Talla mínima de captura: Medida regulatoria que refleja la longitud a partir de la cual los individuos pueden ser extraídos del medio.

Testículo: Órgano sexual masculino conformado por espermatocitos, pared testicular y microtúbulos.

Turgente: Aumento en tamaño debido al fenómeno de hinchazón de células, por presión ejercida al incrementarse los fluidos y contenido celular.

Tubo colector: Zona ubicada en la parte central o periférica del testículo, donde desembocan los espermatozoides previos a la expulsión.

Vaso sanguíneo: Desarrollo venoso visible a simple vista, encargado de transportar la sangre.

Vitelo: Conjunto de sustancias nutritivas en forma de gránulos de proteína.

Vitelogénesis: Proceso de producción de vitelo.

PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SERIADAS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

Boletín IMARPE Bol Inst Mar Perú ISSN 0458-7766 (BIMP)

Informe IMARPE Inf Inst Mar Perú ISSN 0378-7702 (IIMP)

INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

En principio, sus páginas están abiertas a las investigaciones realizadas por el personal técnico y científico del propio Instituto del Mar del Perú (IMARPE), pero podrán aceptarse trabajos realizados en otras instituciones o laboratorios, autorizados por la Dirección Ejecutiva Científica, previa calificación por Revisores Especializados y aceptación del Comité Editorial. Además, publica notas científicas, notas técnicas, reseñas bibliográficas, y obituarios referidos a destacados investigadores marinos, peruanos y de otras nacionalidades.

MANUSCRITOS ORIGINALES

La solicitud para publicación de un trabajo en el IIMP deberá ser remitida a la sede del Instituto del Mar del Perú, dirigida al Director Ejecutivo Científico. Los manuscritos deberán presentarse impresos en original, a una columna, (incluyendo ilustraciones y tablas) en una sola cara en papel tamaño A4, a doble espacio y con márgenes amplios. Se acompañará además del CD o USB. Los textos deberán seguir estrictamente la estructura adoptada en el último volumen del IIMP, o serán devueltos a los autores.

La primera página incluirá: (1) **TÍTULO DEL TRABAJO** (explícito, descriptivo y tan corto como sea posible), debajo, irá el título traducido al inglés; (2) **EL NOMBRE COMPLETO DEL AUTOR O LOS AUTORES** [(a) El autor debe decidir una forma definitiva de expresar su nombre, es decir no utilizar a veces los dos nombres de pila y los dos apellidos; otras veces sólo un nombre y un apellido; otras veces poner sólo iniciales para el segundo nombre y el segundo apellido; si esto cambia, en los registros y en las bases de datos, ya se trataría de autores diferentes; (b) se aconseja a los autores que generalmente utilizan sus dos apellidos, los unan mediante un guion; también debe incluirse la dirección institucional, el correo electrónico, en notas al pie de página.

En las páginas siguientes, deberá ir un **RESUMEN** en español, incluyendo palabras clave y un **ABSTRACT** en inglés, incluyendo keywords (Resúmenes en otros idiomas son opcionales). También debe incluirse el título abreviado sugerido para los encabezamientos de páginas impares. Las notas, reseñas bibliográficas, etc. no tendrán resúmenes.

Los **textos** deberán ser concisos, claros y directos, e incluirán usualmente una **INTRODUCCIÓN**, **MATERIAL Y MÉTODOS**, **RESULTADOS**, **DISCUSIÓN** (podría ser un solo capítulo, **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**) y **CONCLUSIONES**, además de **AGRADECIMIENTOS** y **REFERENCIAS**.

Los nombres científicos deberán ser escritos en cursivas e irán acompañados por autor y familia cuando sean citados por primera vez en el texto. Los nombres científicos deben ser corroborados con cuidado.

Las medidas y sus abreviaturas deben corresponder al Sistema Internacional de Unidades (SI).

En las citas bibliográficas en el texto, los nombres de autores irán en letras **VERSALES**, seguidos por el año de publicación, p.ej. (GUEVARA-CARRASCO 2004), ESPINOZA y ZEBALLOS (2004) o ESTRELLA et al. (2006).

En las **REFERENCIAS** se incluirán únicamente los artículos mencionados en el texto, y se seguirá estrictamente el formato del IIMP. Se ordenarán alfabéticamente por autor y cronológicamente para cada autor. Los títulos de publicaciones periódicas irán abreviados. Las referencias a libros o capítulos de libros deberán ser completas, incluyendo ciudad, editorial y paginación. En todos los casos, los nombres del autor principal y los colaboradores, en la relación de Referencias, se anotarán por el apellido y la inicial del nombre de pila, sin punto, solamente separado por coma; año de publicación; Título del artículo, Revista y número de páginas. Ejs.: DELGADO E, SÁNCHEZ S, CHANG F, VILLANUEVA P. 2001. Título artículo---Revista---Vol. (Núm.): pp.

En las referencias electrónicas, la norma general incluye también el nombre del autor, fecha de publicación en internet, título del artículo o documento <URL>, fecha de acceso, Ejemplos:

- BROWNING T. 1997. Embedded visuals: student desing in Wb spaces. Kairons: A Journal foreachers of Writing in Webbd Environments 3(1). <http://englisch.ttu.edu/kairos/2.1/features/browning/bridge.html>. Accesed 1997 Oct 21.
- KENNETH IA. 2000. A buddisht response to the natures of human rights. Journal of Buddist Ethics 8/4), <http://www.cac.psu.edu/jbe.twocont.html>. Obtenido el 20 de febrero de 2001.

Se recomienda el tipo "palatino linotype", y su tamaño en el artículo variará de la siguiente manera:

Título en español, **14 NEGRA ALTA** (= mayúsculas) **centrado**.

Título en inglés, **12 NEGRA ALTA centrado**.

Autores: nombre, *12 cursiva blanca*; dirección 9 blanca, centrado

RESUMEN y **CAPÍTULOS 12 negra, alta. Subcapítulo, 12 negra alta y baja** (mayúscula y minúscula), alineado a la izquierda. Texto en general 11 blanca, inicio de párrafos con sangría. Referencias de Literatura, en tipo 10 blanca.

Ilustraciones y tablas

Las fotografías, dibujos, gráficos y mapas serán considerados como **FIGURAS**, numeradas consecutivamente con guarismos arábigos. Se recomienda remitir las ilustraciones y tablas como imágenes digitalizadas contenidas en archivos electrónicos (separadas del archivo conteniendo el texto).

Si se tratara de dibujos, normalmente deberán ser efectuados con tinta china sobre papel Canson y montados sobre cartulina blanca. Las fotografías (a color o blanco y negro) impresas en papel brillante (no mate) deberán ser nítidas y contrastadas, y serán montadas en cartulina blanca; no se recomienda la remisión de diapositivas. Cuando sea pertinente, la ilustración llevará una indicación del grado de aumento o reducción con respecto al original; se recomienda utilizar una barra en escala métrica e indicar el tamaño final con que deberá aparecer en la publicación (tomando en cuenta el tamaño de página del IIMP (A4). Toda ilustración deberá estar claramente identificada con nombres de autores, título del manuscrito y número de figura. Las leyendas para las ilustraciones, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

Las **TABLAS** deberán ir numeradas consecutivamente, con guarismos arábigos, e impresas en páginas aparte. Sus leyendas, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

Nota.- Debemos resaltar dos aspectos importantes:

1. En el Sistema Internacional de Unidades (SI): Algunos de los símbolos actuales aceptados son: **m** (metro), **cm** (centímetro), **mm** (milímetro), **km** (kilómetro), **kg** (kilogramo), **g** (gramo), **ha** (hectárea), **mn** (milla náutica), **L** (litro), **mL** (mililitro), **W** (vatio), **kW** (kilovatio), **Hz** (hertzio), **kHz** (kilohertzio).
2. En la escritura de cantidades: - No debe usarse el punto decimal, sino la coma decimal. Ej. Un sol con cincuenta céntimos será S/. **1,50** (~~está mal si se escribe 1.50~~). Ver también a continuación.
 - Las cantidades de miles y millones, deben separarse por puntos, cada tres dígitos: Ejs. Oncemil quinientos soles con cincuenta céntimos será: S/. **11.500,50** (~~estará mal si se escribe 11,000.50~~)-
 - Quince millones trescientos cincuenta mil y veinticinco céntimos se deberá escribir **15.350.000,25**
 - Cuando en un texto se tratan cifras con muchos ceros puede escribirse en letras. Ej. 1.000.000.000 (mejor escribir **mil millones**), o en vez de 100.000 escribir **cient mil**.

Cualquier consulta a: eantonietti@imarpe.gob.pe, centrodocu@imarpe.gob.pe, vvaldiviesom@yahoo.es