

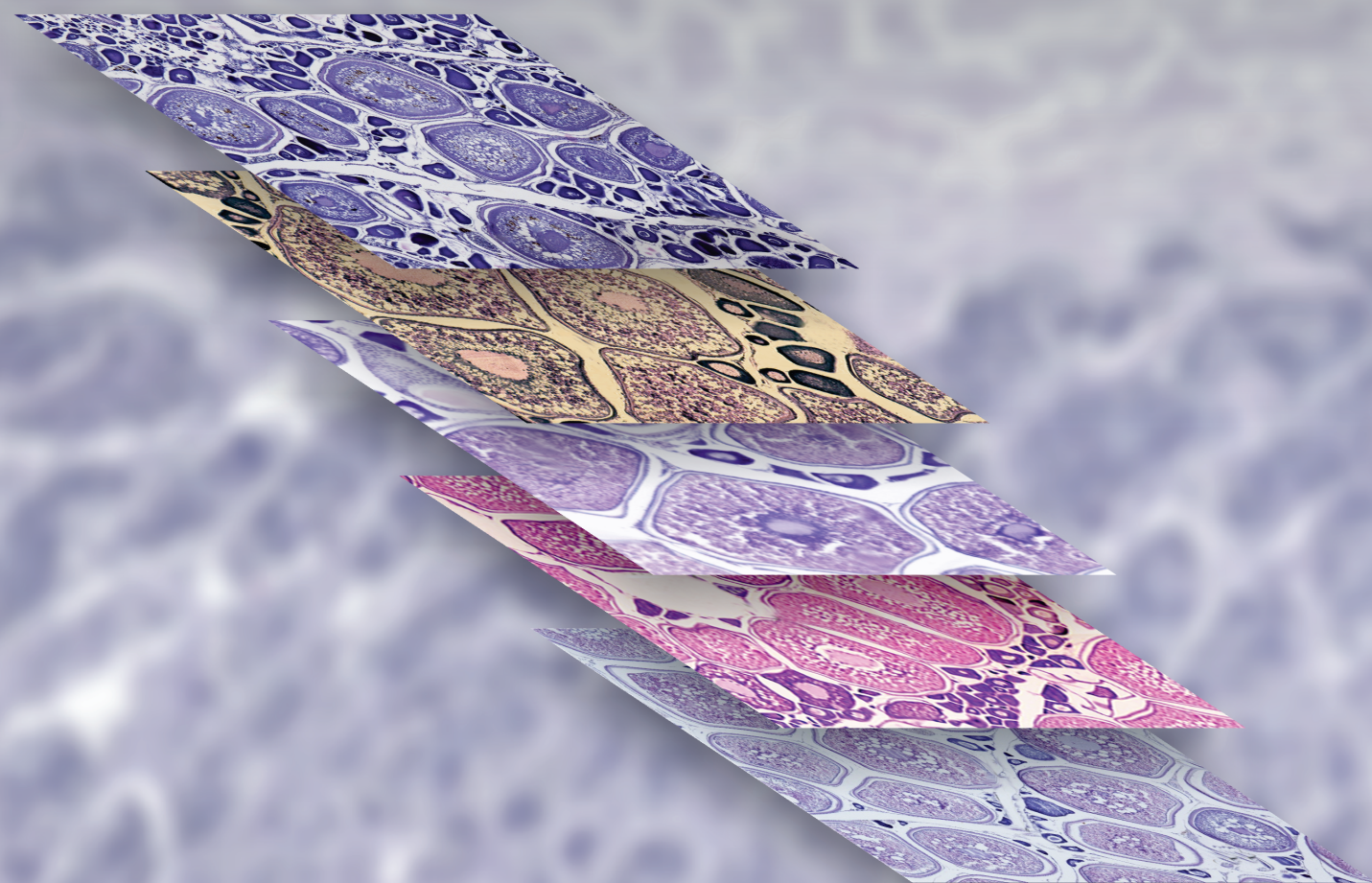


# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 30, Números 1-2



Enero - Diciembre 2015  
Callao, Perú

# 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%).

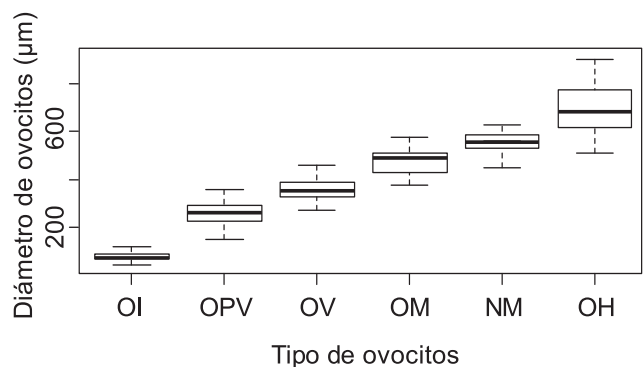


Figura 3.- Diámetro de ovocitos de *Scomber japonicus peruanus*, según tipo

##### 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  $\alpha$ ) con una frecuencia igual o mayor al 50% con respecto a los ovocitos vitelogenados. También se puede observar atresia en otros grados de degeneración ( $\beta$  o  $\gamma$ ) (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 espermatocitos son las células sexuales características en este estadio; sin embargo, pueden no estar presentes los espermatocitos (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 espermatocitos (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, espermatocitos 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, espermatocitos (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).

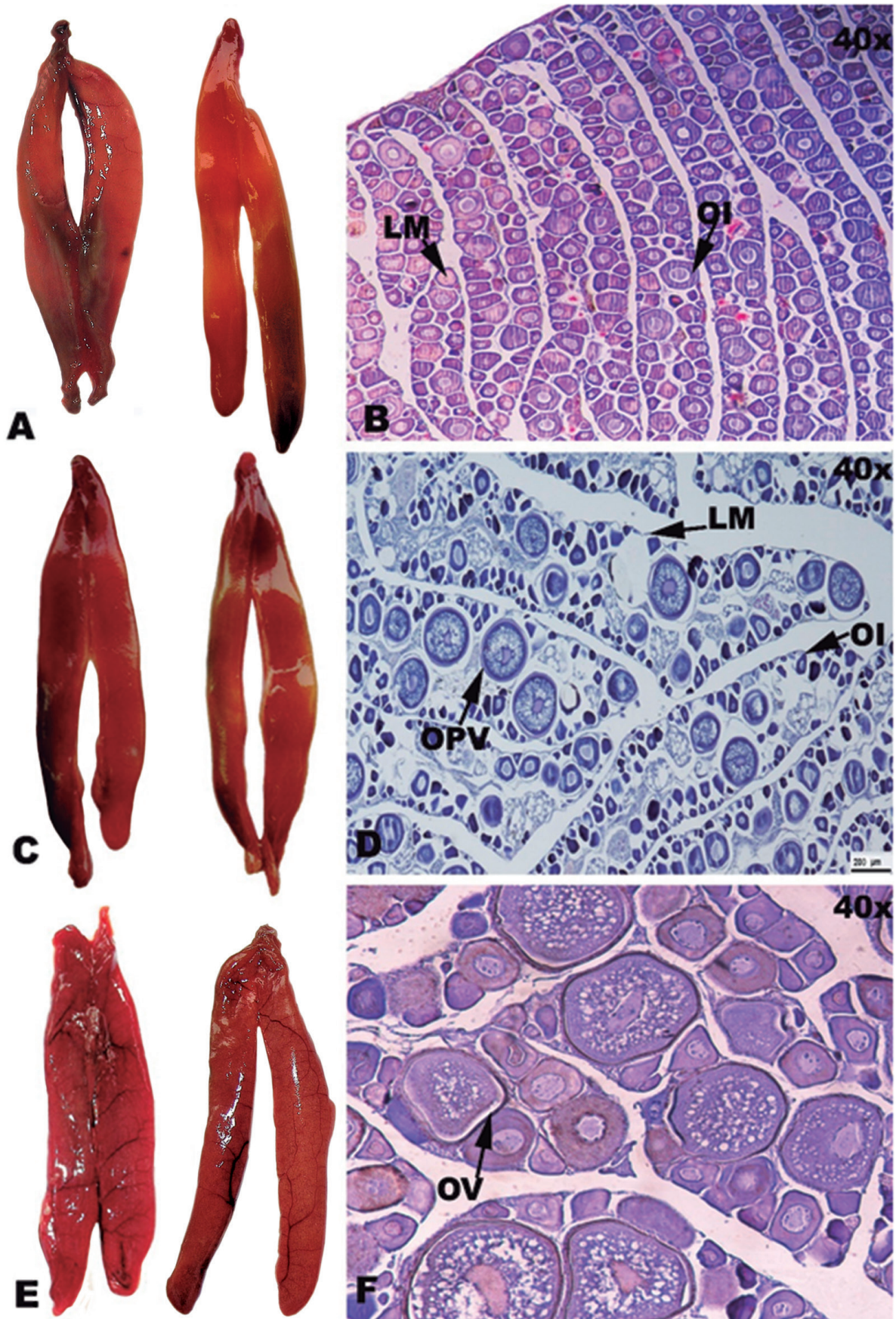


Figura 1.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus* peruanus.

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

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

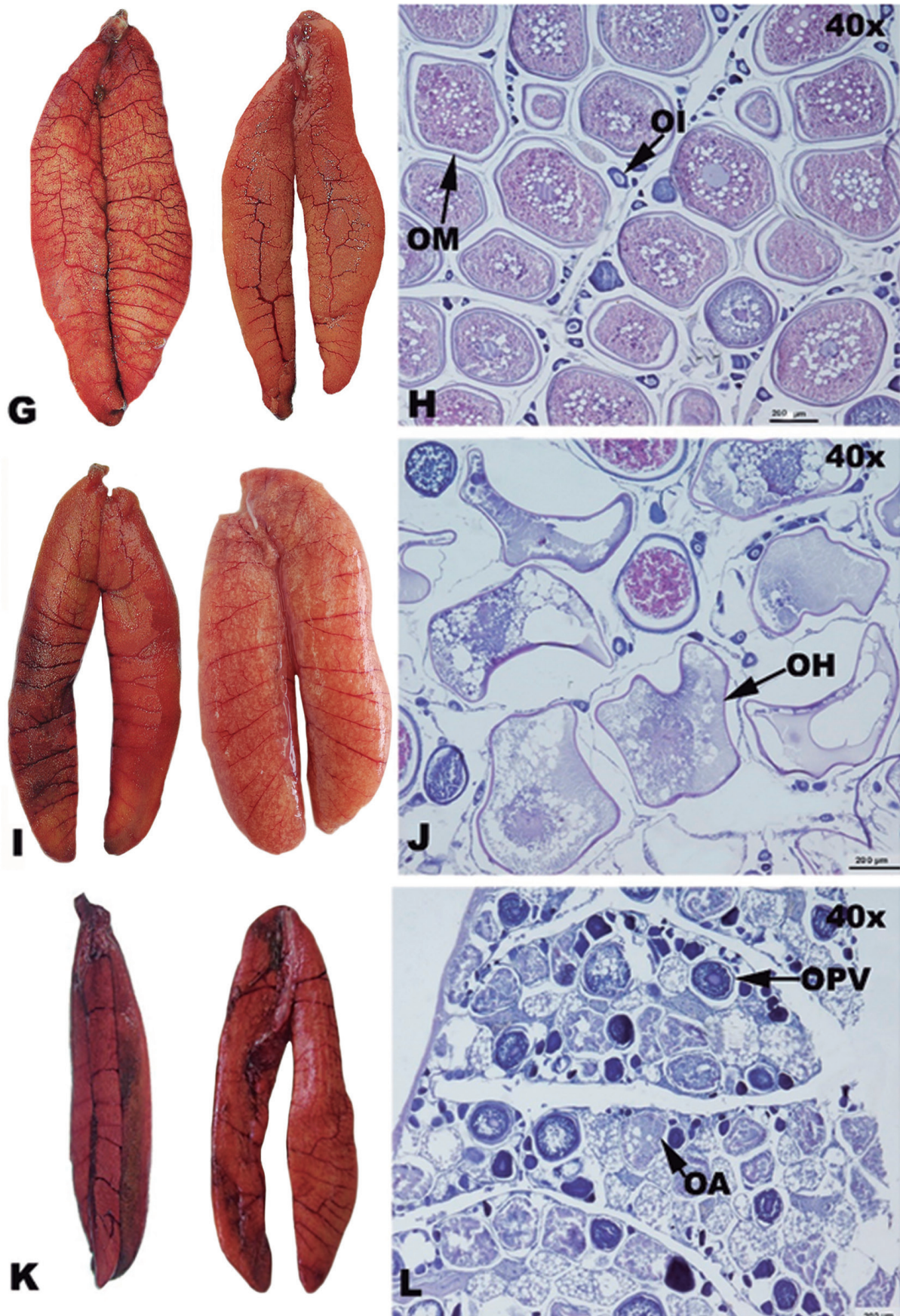


Figura 2.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.  
 G-H: Maduro, I-J: Desovante, K-L: Recuperación.  
 OI: Ovocito inmaduro, OPV: ovocito pre-vitelogenado, OM: ovocito maduro, OH: ovocito hidratado, OA: Ovocito atrésico

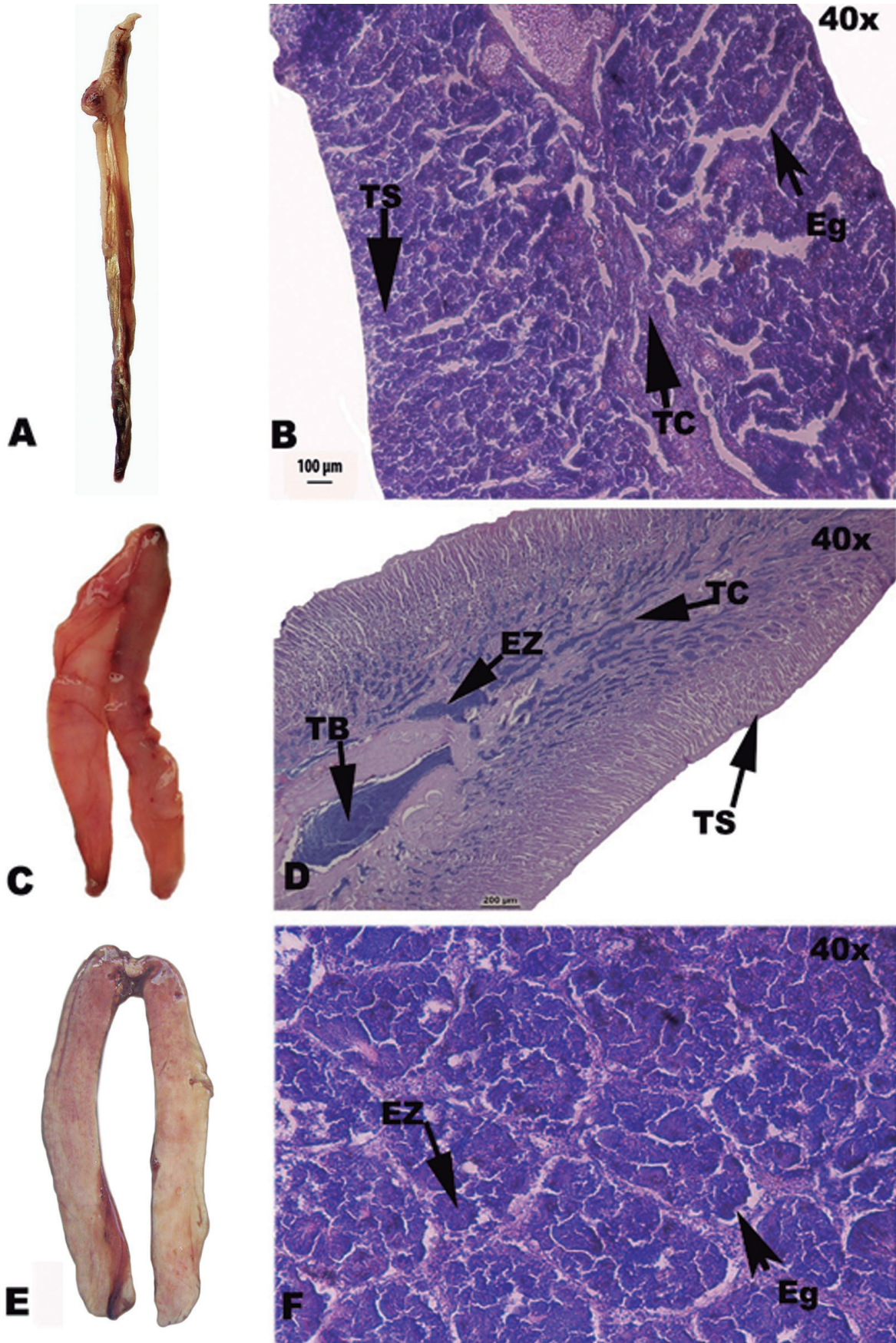


Figura 4.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.

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

Eg: Espermatogonio, Ez: espermatozoides, TB: Tubo colector, TC: Tejido conectivo, TS: Túbulos seminíferos

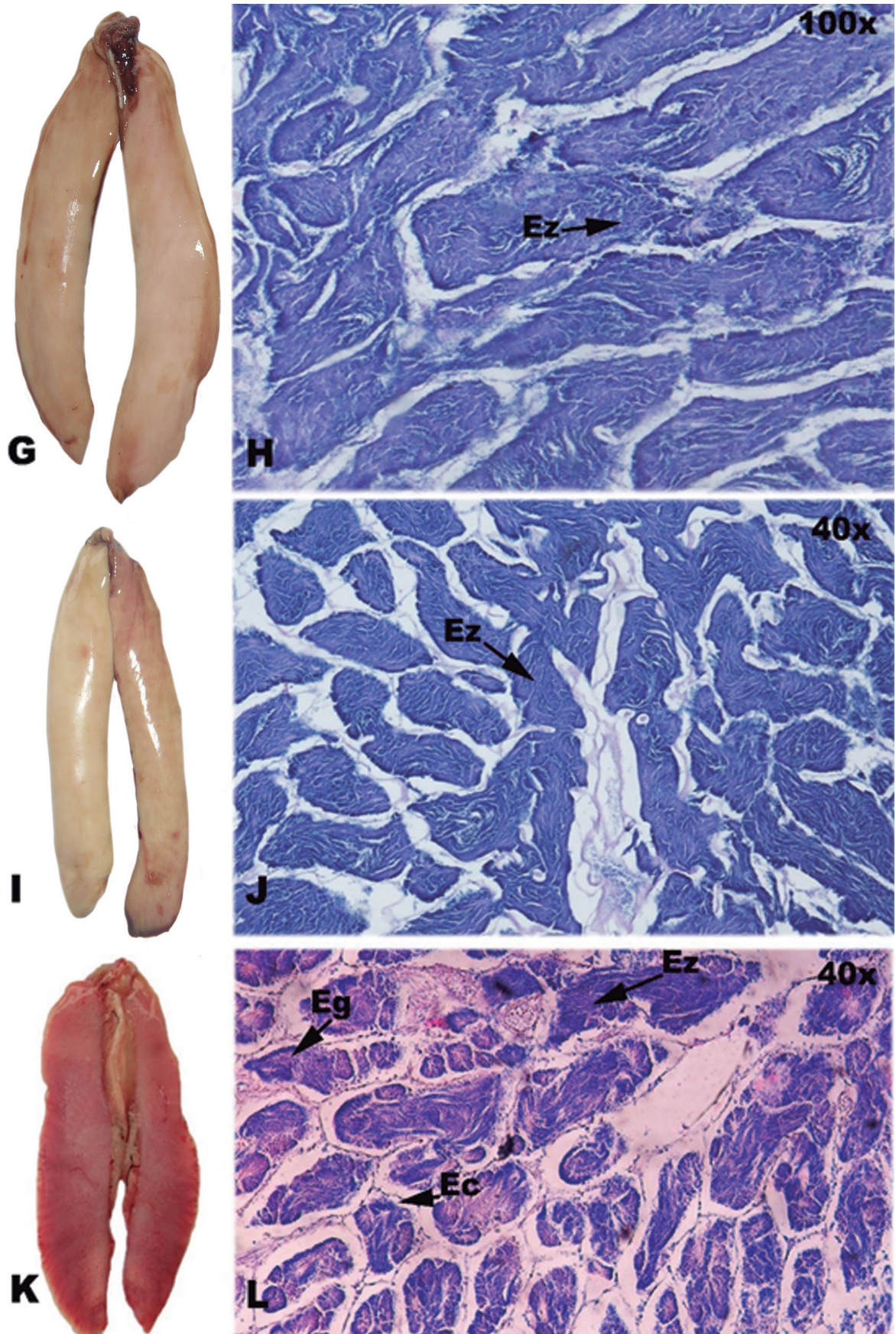


Figura 5.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Scomber japonicus peruanus*.

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

Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, Ez: Espermatozoides



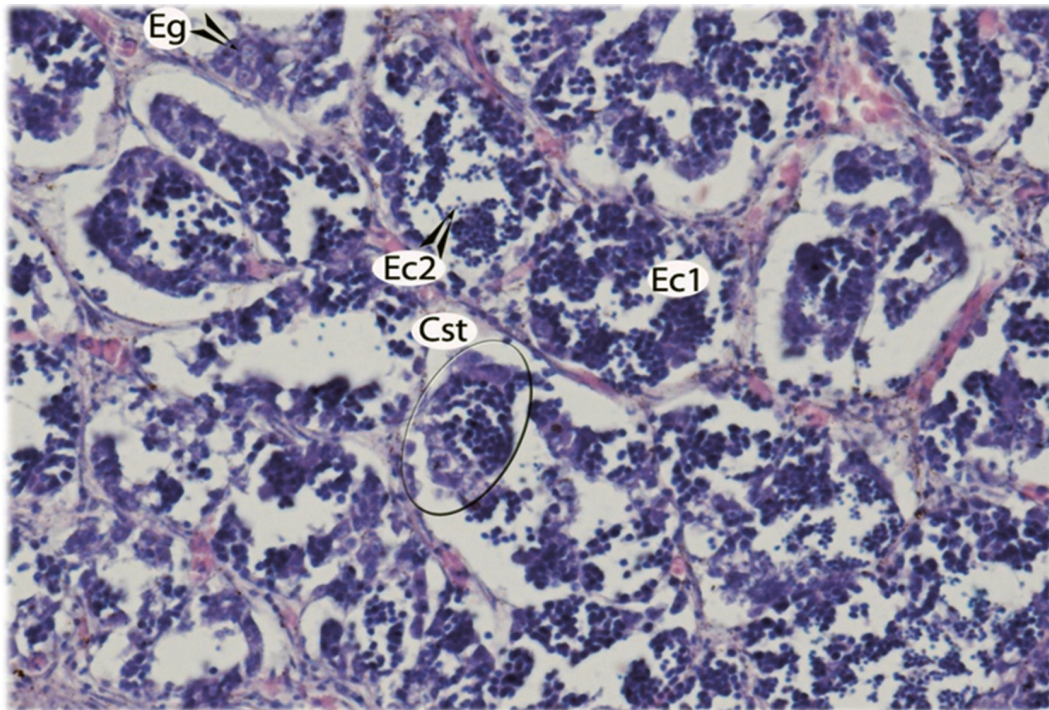


Figura 6.- Ubicación en los túbulos seminíferos de principales células sexuales en *Scomber japonicus peruanus* machos. Aumento: 200x.  
Eg: Espermatogonio, Ec1: Espermatocito 1, Ec2: Espermatocito 2, Cst: Cisto

#### 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 atrónico

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: Espermatozoide

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. Fiskeri 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.