

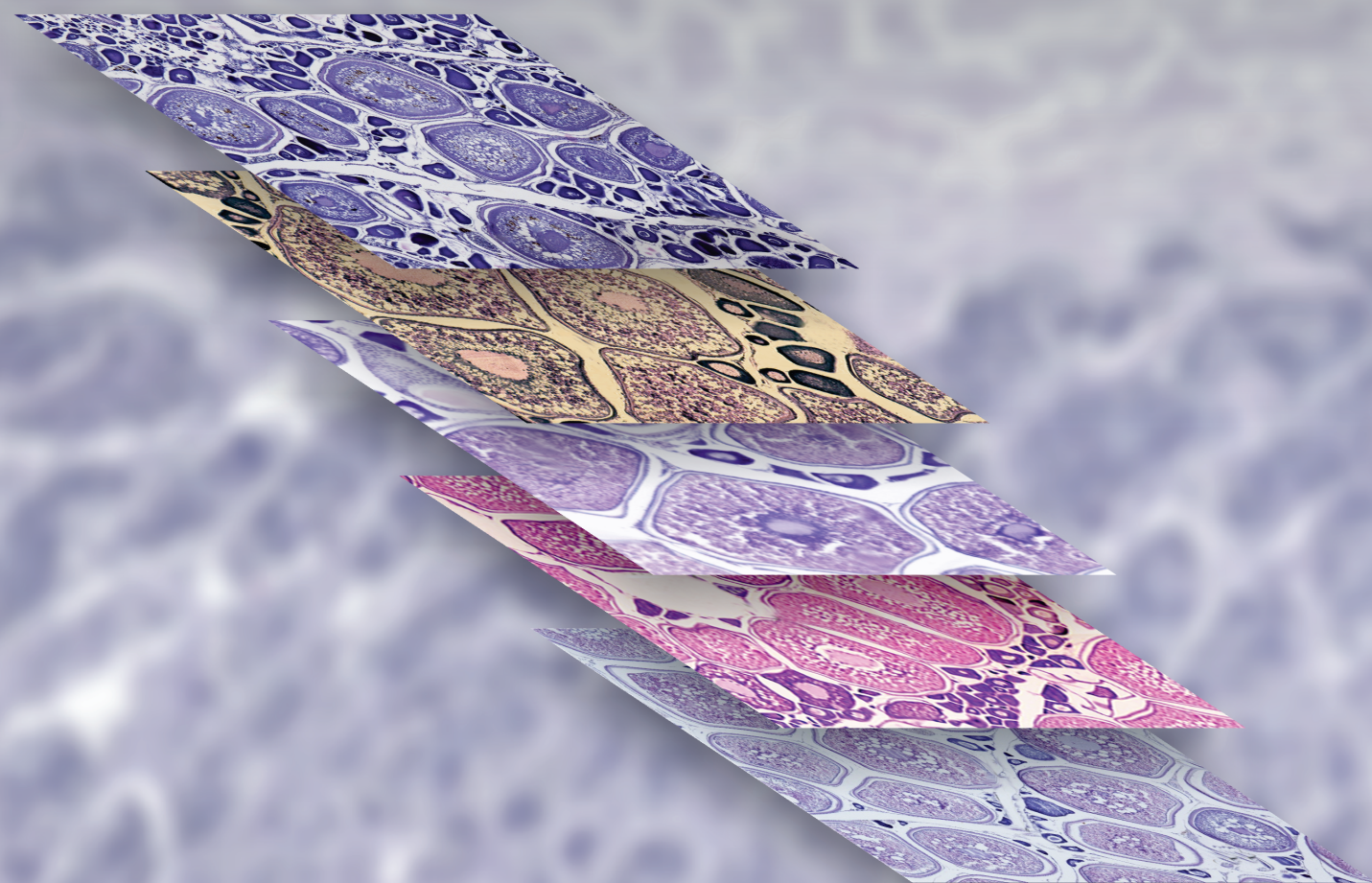


BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458 – 7766

VOLUMEN 30, Números 1-2



Enero - Diciembre 2015
Callao, Perú

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).

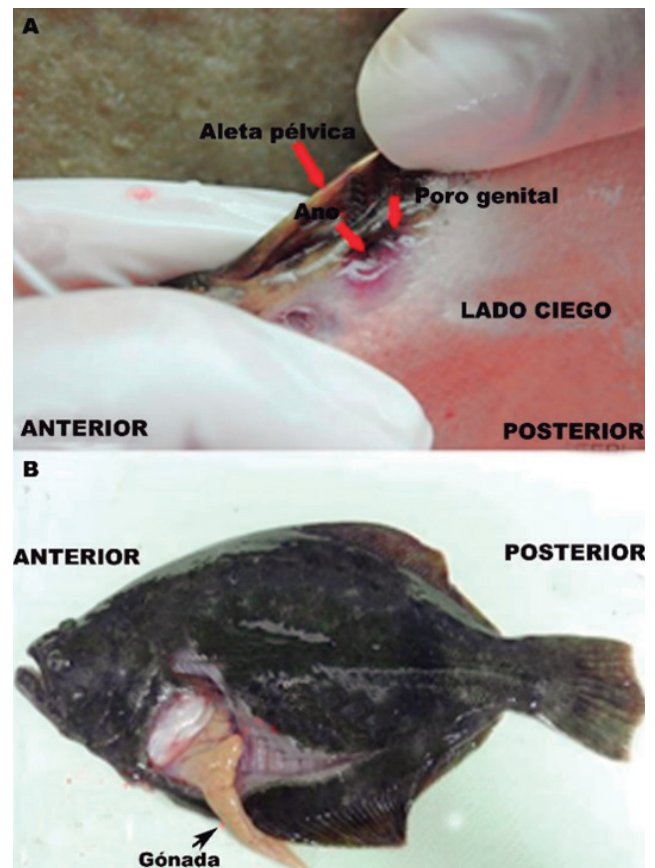


Figura 1.- *Paralichthys adspersus* hembra. A Poro genital y ano, B: Localización del ovario

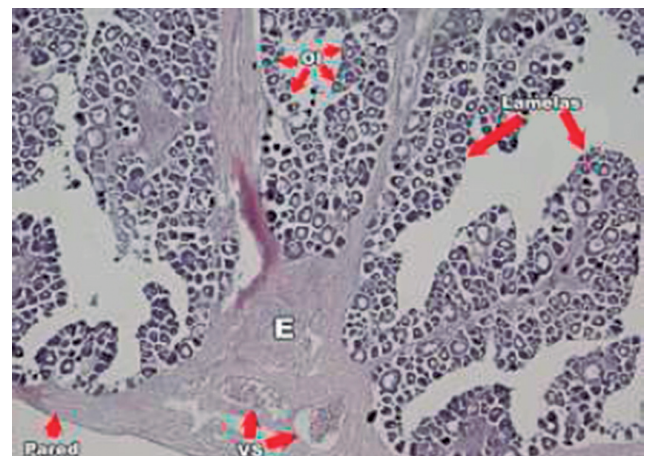


Figura 2.- *Paralichthys adspersus* hembra. Corte transversal de ovario. OI: Ovocitos Inmaduros, E. Estroma, VS. Vasos sanguíneos. Aumento 40x

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 espermatogénicas (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).

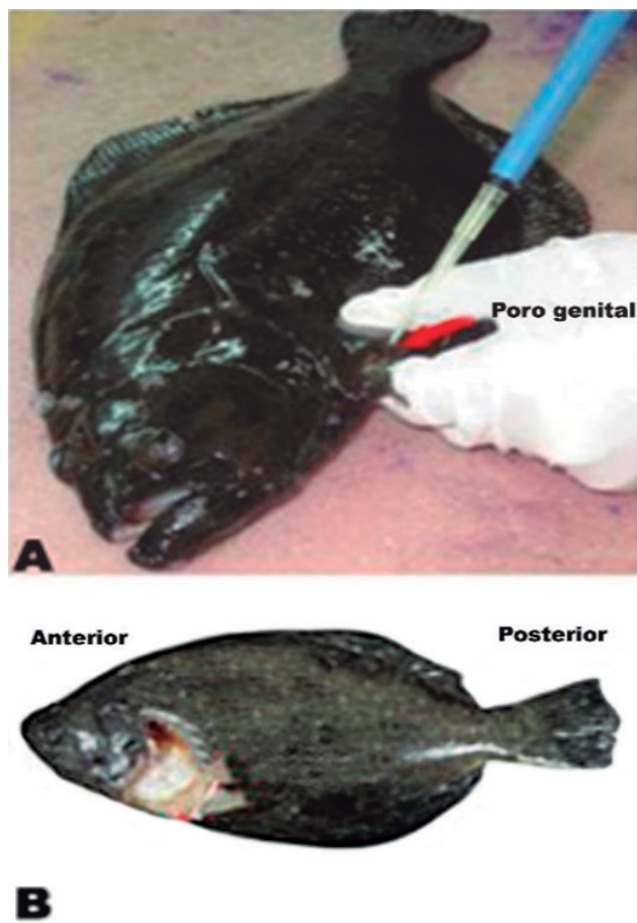


Figura 3.- Macho de lenguado *Paralichthys adspersus*, mostrando A: Poro genital, B: Localización del testículo

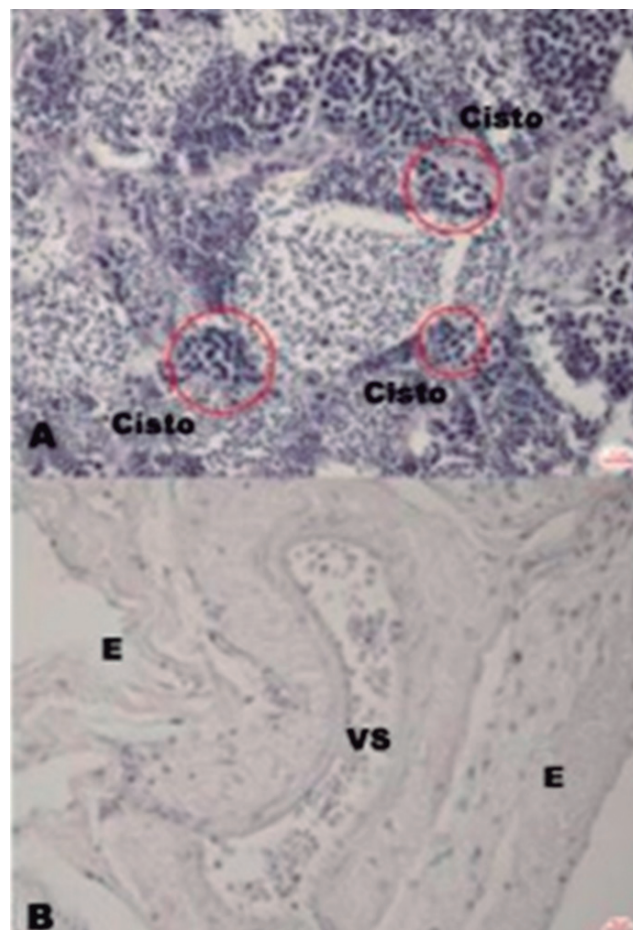


Figura 4.- Corte transversal del testículo de *Paralichthys adspersus*. C: Cistos. Escala 10 µ. Aumento 600x

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

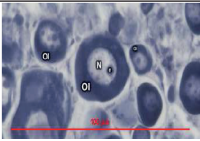
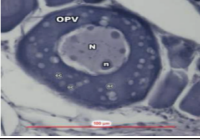
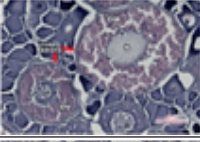
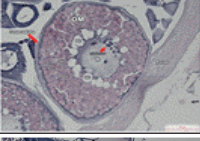
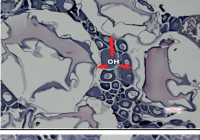
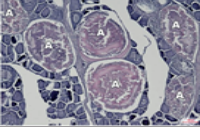
OVOCITOS	DESCRIPCIÓN	FOTO
Inmaduro OI	Células esféricas. El núcleo ocupa mayor volumen que el citoplasma central. Presenta uno a dos nucléolos ubicados en la membrana nuclear. Aumento: 400x.	
Pre vitelogenado OPV	Células esféricas. El núcleo ocupa menor volumen que el citoplasma central. Contiene numerosos 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*

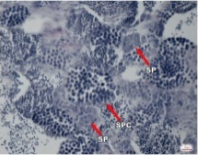
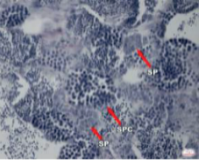
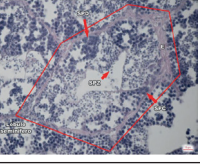
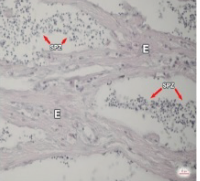
CÉLULAS	DESCRIPCIÓN	FOTO
Espermatogonios SP	Células esféricas de gran tamaño con citoplasma. Nucléolo y gránulos de cromatina visibles. Aumento: 40 x.	
Espermatocitos SPC	Células más pequeñas que las espermatogonias. De forma esférica. Presentan citoplasma reducido. Núcleo central con cromatina visible en forma de grumos. Presencia de los cistos con espermatocitos que se ubican en la periferia de los túbulos seminíferos. Aumento: 200x	
Espermátidas	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, espermátidas y espermátidas. 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 espermátidas 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).

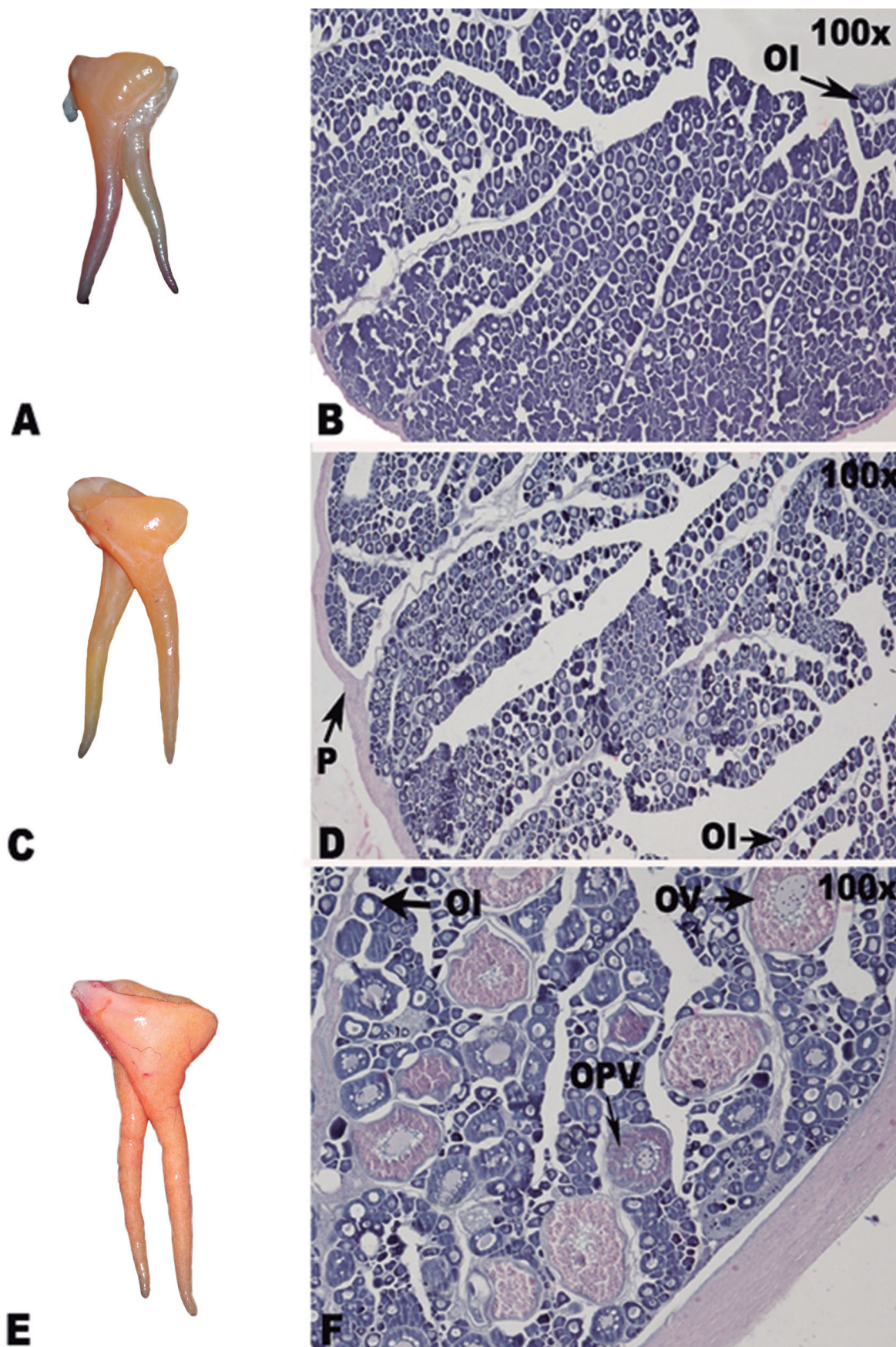


Figura 5.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.
 A-B: Virginal, C-D: Reposo, E-F: En maduración.
 OI: Ovocito inmaduro, OPV: Ovocito pre vitelogenado, OV: Ovocito vitelogenado, P: Pared del ovario

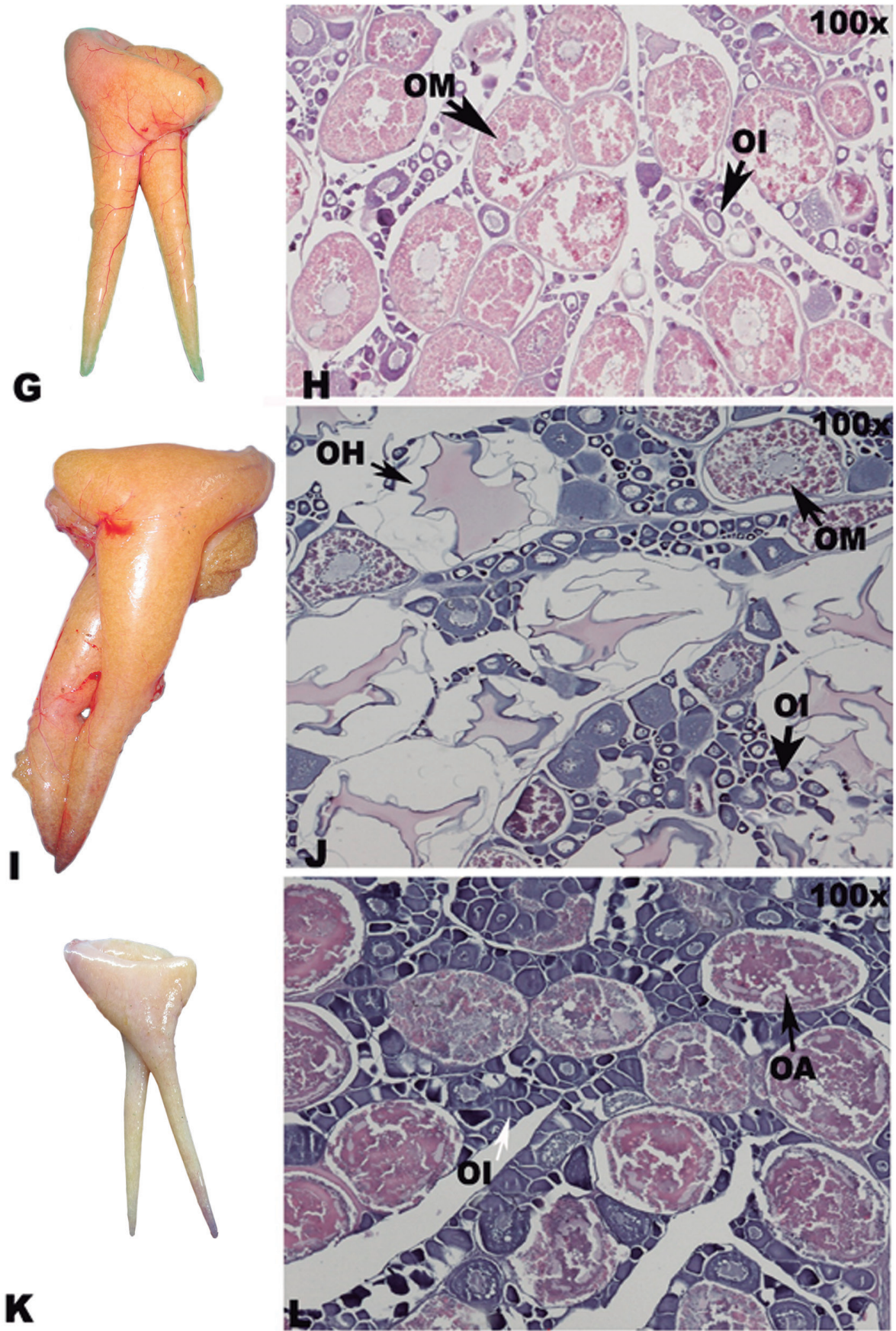


Figura 6.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.

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

OI: Ovocito inmaduro, OM: ovocito maduro, OH: ovocito hidratado, OA: Ovocito atrónico

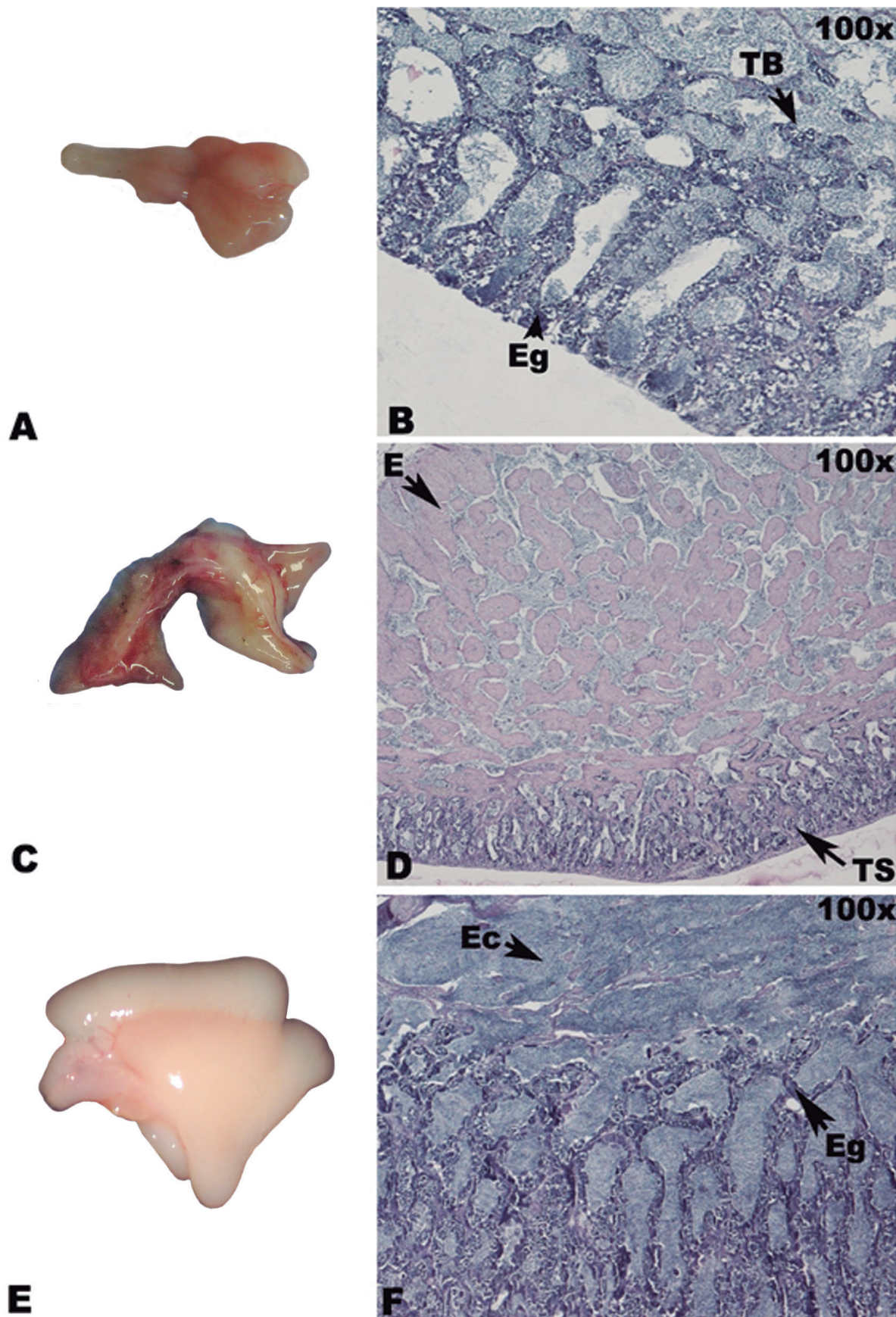


Figura 7.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.
A-B: Virginal, C-D: Reposo, E-F: En maduración.
Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, E: Estroma TB; Tubo colector, TS: Tubulos seminíferos

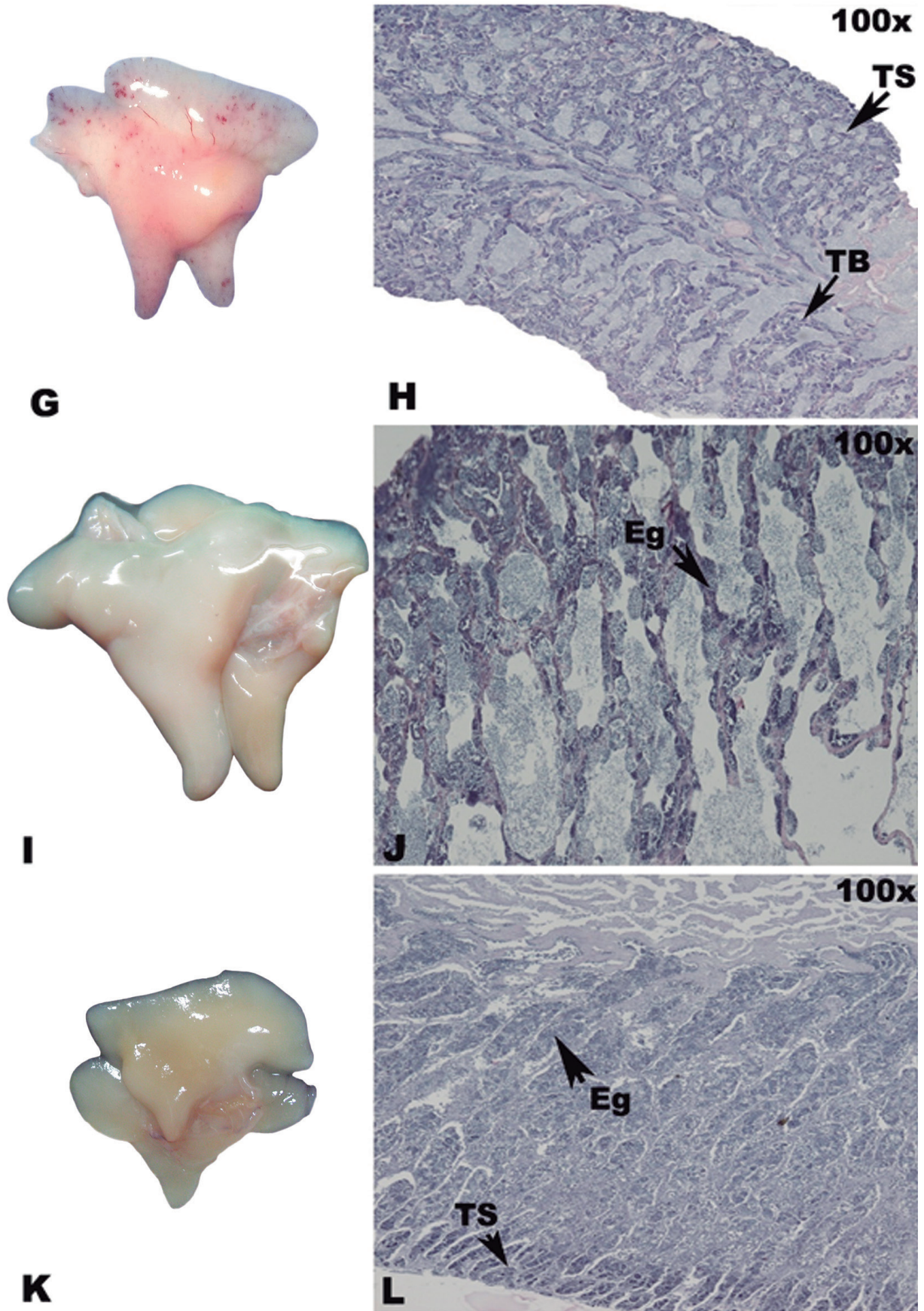


Figura 8.- Fotografía macroscópica y microscópica de estadios de madurez gonadal de *Paralichthys adspersus*.

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 lumen 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 lumen (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: Espermatogonios, SPC: Espermatocitos, SPD: Espermatides, SPZ: Espermatozoides

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, SILBINGER 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 orthomops* (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.