



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

MATURITY GRADING KEY OF *MESODESMA DONACIUM* (BIVALVIA, MESODESMATIDAE)

ESCALA DE MADUREZ GONADAL DE *MESODESMA DONACIUM* (BIVALVIA: MESODESMATIDAE)

Ángel Perea¹ & Marie Anne Gálvez¹

²Laboratorio de Biología reproductiva IMARPE, Callao Correo: eringens@gmail.com

The Biologist (Lima), 13(2), jul-dec: 257-269.

ABSTRACT

The new maturity grading key for *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) was made, reducing the subjectivity in determining the stages of the gonadal maturity. The aim of this study was to describe the scale of gonadal maturity of the species, both females and males. Six stages were considered: Virginal (0), at rest (I), in maturation (II), mature (III), spawning / expelling (IV), recovery / post expelling (V). Differences of this grading key with those made previously are discussed.

Key words: gonad, macha, maturity stages, reproduction.

RESUMEN

Se realizó la nueva escala de madurez gonadal de *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818), reduciendo la subjetividad en la determinación de los estadios de madurez gonadal. El objetivo del presente estudio fue describir la escala de madurez gonadal de la especie, tanto en hembras como en machos. Se consideraron seis estadios de madurez gonadal: virginal (0), reposo (I), en maduración (II), maduro (III), desovante/ expulsante (IV), recuperación/ post expulsante (V). La especie *M. donacium* presenta maduración de tipo cortical con tres tipos de células sexuales en hembras (ovocitos inmaduros, en maduración y maduros) y cuatro en machos (espermatozonios, espermocitos, espermátides y espermatozoides). Se discuten las diferencias de la presente escala, con aquellas realizadas anteriormente.

Palabras clave: macha, estadios de madurez, reproducción, gónada.

INTRODUCCIÓN

Mesodesma donacium, conocida comúnmente como “macha” es una especie endémica de la corriente de Humboldt (Perú y Chile), que pertenece a la familia Mesodesmatidae. Se caracteriza por habitar playas areno-fangosas y arenosas expuestas a fuerte oleaje (Lorenzen *et al.* 1979).

En Perú, el auge de su pesquería fue entre 1975 – 1980, registrándose desembarques fluctuantes y decrecientes desde 1980 hasta el 2000. La extracción era realizada principalmente por pescadores artesanales que excavaban en la arena hasta encontrar el recurso enterrado. Thiel *et al.* (2007), mencionan que esta pesquería es uno de los clásicos ejemplos de “boom and bust”, ya que las mejoras en las tecnologías de extracción, generaron la sobreexplotación y declive del

recurso, años después. Por otra parte, el incremento de la temperatura superficial del mar (TSM), influenciado por los periodos El Niño Oscilación Sur (ENOS) en su fase cálida, El Niño (EN) de 1982 – 83 y 1997 - 98, contribuyeron a la disminución del recurso tanto en Chile como en Perú, lo que generó un colapso de su pesquería.

Debido a estos factores, existió una notable disminución del recurso, encontrándose únicamente en las playas La Mansa, Tanaka – Yauka, Quilca, Camaná y El Molle, Arequipa y Cerro Cortado, El Chasqui, Rancho Chico, Kulauta, Cenizales y Santa Rosa, Tacna (Segura *et al.* 1998; Tejada 2010). Frente a esta problemática, se han planteado alternativas para la recuperación de la población, por parte de los gobiernos regionales de Tacna (Castillo 2011) y Arequipa, mediante el acondicionamiento de reproductores en cautiverio y posterior incorporación de juveniles (Zevallos 2014).

De estos hechos surge la necesidad de obtener mayor información sobre la biología reproductiva de la especie y generar métodos que permitan su monitoreo efectivo, de manera que se logre una futura explotación racional o recuperación de la población, acorde con su capacidad reproductora. Los estudios de reproducción son realizados con la finalidad de obtener información que permita efectuar predicciones sobre el reclutamiento, establecimiento de vedas y determinación de tallas mínimas de captura (Arsenaul & Himmelman 1998). Además, el análisis del desarrollo gonadal hasta la liberación de gametos, debe ser utilizado como base para la determinación del ciclo reproductivo. Sin embargo, luego de los periodos ENOS 1982 – 1983 y 1997 – 1998, en Perú, no se ha actualizado información acerca del desarrollo gonadal, talla de primera madurez y periodos de desove de *M. donacium*, lo cual es relevante para sugerir un manejo sostenible. Para la obtención de esta información es necesario

contar con una escala de madurez, en la que se definan claramente los estadios de madurez gonadal.

El objetivo del presente trabajo fue describir una escala de madurez gonadal para *M. donacium*, tanto para hembras como para machos, que establezca criterios claros de catalogación, permitiendo disminuir la subjetividad de la misma.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se procesaron 2503 muestras, de las cuales 1021 fueron hembras, 1197 machos y 285 indiferenciados. Estas fueron colectadas en las prospecciones realizadas por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE), desde Cerro Cortado (18°10'3''S, 70°40'5''W) hasta Santa Rosa (18°20'56''S, 70°22'47''W), Tacna, en el periodo 2006 - 2014. Las muestras se colocaron en bolsas de plástico con formol bufferado al 10%.

Para la descripción de la escala de madurez gonadal, se realizó un procesamiento histológico tradicional en el que se siguieron los pasos de la técnica de infiltración con parafina (Humanson 1979).

Se determinaron los criterios de catalogación según presencia de tipos de célula, llenura de trabéculas o túbulos, forma de trabéculas o túbulos y presencia de tejido conectivo, tanto en hembras como en machos.

La colocación de los estadios de madurez gonadal, se realizó mediante observaciones directas de cortes histológicos, con la ayuda de un microscopio compuesto. Para la nominación de estos estadios se tomaron en cuenta los criterios establecidos por Paredes (2009) y Ortiz *et al.* (2008). Además, en el presente estudio se identificaron criterios de catalogación para hembras y machos (Tablas 1 y 2), acordes con las características

Tabla 1. Criterios de clasificación de estadios en hembras de macha (*Mesodesma donacium*). Donde: OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro.

| Estadios | Criterios microscópicos de clasificación | | | | | | | |
|---------------|--|-----|----|-------------------------------|-----------|-------|------------------|-----------|
| | Presencia de células | | | Grado de llenura de trabécula | | | Tejido conectivo | |
| | OI | OEM | OM | Vacía | Semillena | Llena | Escaso | Abundante |
| Virginal | + | + | | + | | | | + |
| Reposo | + | + | | + | | | | + |
| En maduración | + | + | + | | + | | + | |
| Maduro | + | + | + | | | + | + | |
| Desovante | + | | + | | + | | | + |
| Recuperación | + | + | + | + | | | | + |

Tabla 2. Criterios de clasificación de estadios en machos de macha (*Mesodesma donacium*). Donde: Eg: Espermato gonio, Ec: Espermato cito, Et: espermatíde, Ez: Espermato zoide.

| Estadios | Criterios microscópicos de clasificación | | | | | | | | |
|----------------------|--|----|----|----|----------------------------|-----------|-------|------------------|-----------|
| | Presencia de células | | | | Grado de llenura de túbulo | | | Tejido conectivo | |
| | Eg | Ec | Et | Ez | Vacía | Semillena | Llena | Escaso | Abundante |
| Virginal | + | | | | + | | | + | |
| Reposo | + | | | | + | | | | + |
| En maduración | + | + | | | | + | | + | |
| Maduro | + | + | + | + | | | + | + | |
| Expulsante | | + | + | + | | + | | + | |
| Post - expulsante | + | + | + | + | + | | | | + |

Para el análisis de datos se separaron las muestras identificadas como hembras (1021) y aquellas identificadas como machos (1197). Se colocaron las características de cada ejemplar (según criterios de Tabla 1 y 2), para de esta manera separar a aquellos ejemplares que presentaron las mismas características histológicas, tomando en cuenta las descripciones de Paredes (2009).


RESULTADOS

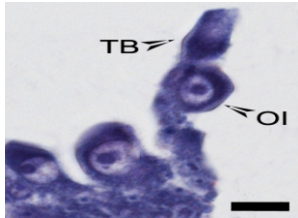
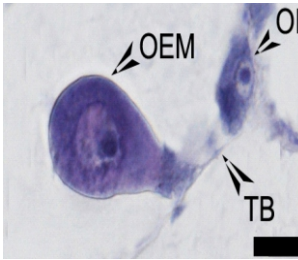
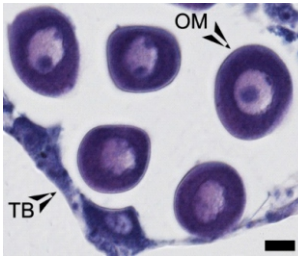
Ovogénesis

El ovario de *M. donacium* presenta una organización propia de bivalvos dioicos. La zona gonadal está conformada por trabéculas, de tamaño y forma variable según el nivel de madurez gonadal, desarrolladas sobre tejido

conectivo. Dentro de las trabéculas existe una maduración de tipo cortical, caracterizada por ovocitos que se desarrollan desde las paredes trabeculares hacia el lumen.

Los ovocitos inmaduros (OI) se encuentran adheridos a las paredes, tienen forma poliédrica y tinción basófila. Los ovocitos en maduración (OEM) son aquellos que aún se encuentran adheridos a la pared trabecular, sin embargo, dan la impresión de estar desprendiéndose de ésta, en mayor o menor medida, dándole una forma piriforme a la célula. Los ovocitos maduros (OM), se encuentran en la parte central de la trabécula, son fácilmente reconocidos por ser redondos con núcleo central (Tabla 3). La presencia, ausencia y cantidad de los diferentes tipos de ovocitos, permitirá determinar el grado de madurez gonadal en que se encuentre el individuo.

Tabla 3. Descripción y caracterización de principales células sexuales de hembras de *Mesodesma donacium*.  : 10 μ m.

| TIPO DE CÉLULA | DESCRIPCIÓN | FOTO |
|-------------------------------------|--|---|
| Ovocito Inmaduro OI | Células de forma poliédrica, adheridas a la trabécula (TB). Tinción basófila. Diámetro menor: 9 - 22 μ m Diámetro mayor: 13 - 34 μ m Aumento: 200x |  |
| Ovocito En maduración OEM | Células de forma pedunculada, ubicadas adosadas a la trabécula en menor medida que los OI. Tinción basófila. Diámetro menor: 13 - 36 μ m Diámetro mayor: 25 - 50 μ m Aumento: 200x |  |
| Ovocito Maduro OM | Células de forma ovalada. Se encuentran en el lumen de la trabécula, el núcleo es grande y definido. Tinción basófila. Diámetro menor: 23 - 35 μ m Diámetro mayor: 31 - 47 μ m Aumento: 200x |  |

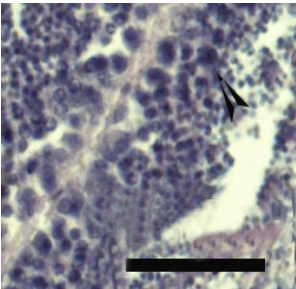
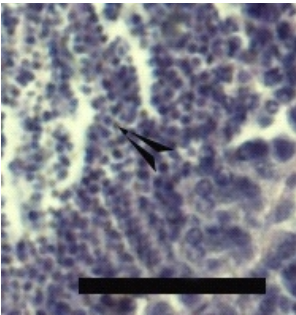
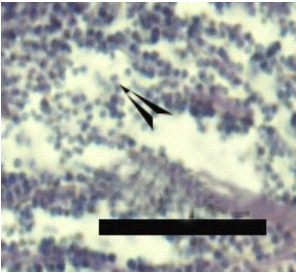
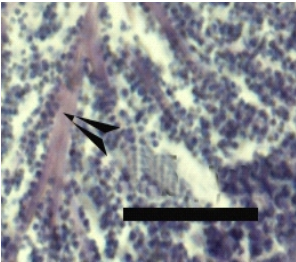
Espermatogénesis

El testículo de *M. donacium* presenta una zona gonadal conformada por túbulos, que al igual que en el caso de las hembras, tienen una maduración de tipo cortical.

Los espermatogonios (Eg) se ubican en las paredes de los túbulos, son de sencilla identificación por presentar una clara agrupación y estar adheridos a un borde

ligeramente más eosinófilo. De manera continua se observan los espermatocitos (Ec) diferenciados de los Eg por presentar un menor tamaño y una tinción basófila. La observación de espermátides (Et) es menos clara, presentando un reducido tamaño y tinción basófila leve. Los espermatozoides (Ez) se pueden observar como líneas paralelas sumamente eosinófilas, agrupadas en un mismo espacio, seguidas de Ec o Et (Tabla 4).

Tabla 4. Descripción y caracterización de principales células sexuales de machos de *Mesodesma donacium*. 25 μm .

| GAMETOS MASCULINOS | DESCRIPCIÓN | FOTO |
|-------------------------------|---|---|
| Espermatogonio Eg | Células inmaduras adosadas a la pared tubular, dirigiéndose hacia el lumen. Tinción basófila. Aumento: 200x |  |
| Espermatocito Ec | Células que se desarrollan a partir de los Egs. Suelen ser las más abundantes, pudiendo encontrarse en franjas o agrupaciones circulares en el lumen. Tinción basófila. Aumento: 200x |  |
| Espermátide Ep | Células poco frecuentes o de difícil observación. Es la transición entre un Ec y un espermatozoide. Tinción basófila o levemente eosinófila. Aumento: 200x |  |
| Espermatozoide Ez | Células ubicadas en el centro del túbulo, fácilmente distinguibles por su organización en franjas o bandas eosinófilas. Tinción eosinófila. Aumento: 200x |  |

Estadios de madurez gonadal

1. Hembras

Virginal 0: Los individuos pertenecientes a este grupo son aquellos que nunca antes se han encontrado activos reproductivamente. Normalmente se trata de organismos juveniles identificados por sus longitudes $\leq 35,0$ mm de longitud valvar total.

Trabéculas que presentan ovogonias adheridas a la pared. Adyacentes a las ovogonias se encuentran los ovocitos inmaduros (OI) y en menor proporción se pueden observar ovocitos en maduración (OEM), reconocidos fácilmente por encontrarse desprendiéndose de la pared y ser piriformes (Fig. 1-A).

En maduración II: Estadio intermedio entre un organismo virginal o inmaduro y uno que se encuentra maduro.

Trabéculas de mayor desarrollo que estadios anteriores. Presencia de ovocitos inmaduros y en maduración a punto de desprenderse de la pared trabecular. Pueden existir algunos ovocitos maduros en el lumen trabecular, sin embargo son escasos en relación al siguiente estadio (Fig. 1-B).

Maduro III: Individuos que presentan la máxima madurez, pero que aún no se encuentran en un proceso de desove.

Trabéculas desarrolladas con una abundante cantidad de ovocitos maduros (OM). Se pueden observar ovocitos inmaduros y en maduración adheridos a las paredes trabeculares, pero siempre manteniendo la predominancia de los OM en el lumen trabecular. El reconocimiento de este estadio es fácil, ya que se caracteriza por la ausencia de espacio intertrabecular (Fig. 1-C).

Desovante IV: Individuos que se encuentran en un proceso de liberación de gametos.

Trabéculas desarrolladas con una reducida o

inexistente presencia de ovocitos inmaduros y en maduración. Restos de células maduras en trabéculas, abundante tejido conectivo, indicando que ya se realizó el desove (Fig. 1-D).

Recuperación V: Individuos que ya pasaron por un proceso de desove, pero aún con rezagos del mismo.

Existen tres condiciones o criterios para este estadio, dependiendo del grado de recuperación en la que se encuentre:

- Restos de ovocitos maduros.
- Presencia de células atrésicas o en reabsorción (>50%).
- Indiferenciación del sexo por ausencia de células sexuales.

Presentan restos de ovocitos maduros, existiendo trabéculas completamente vacías. Se puede observar tejido conectivo, diferenciándose del estadio I por la ausencia de ovocitos inmaduros y en maduración (Fig. 1-E).

El estadio V se puede diferenciar del estadio I (reposo) bajo el criterio de que en el presente estadio llega a imposibilitarse la diferenciación del sexo, colocándose a los ejemplares como indiferenciados. Además, aún se encuentran restos de ovocitos maduros, mientras que en el estadio I únicamente se observan ovocitos inmaduros.

Reposo I: Luego de un proceso de recuperación, los individuos comienzan a prepararse para la formación de gametos, por lo que son considerados como inmaduros, pero ya habiendo pasado por procesos de madurez y desove anteriormente.

Trabéculas de mayor grosor que estadio 0. Con ovocitos inmaduros y en maduración. Abundante tejido conectivo y espacios intertrabeculares. La presencia de células inmaduras permite la identificación del sexo (Fig. 1-F).

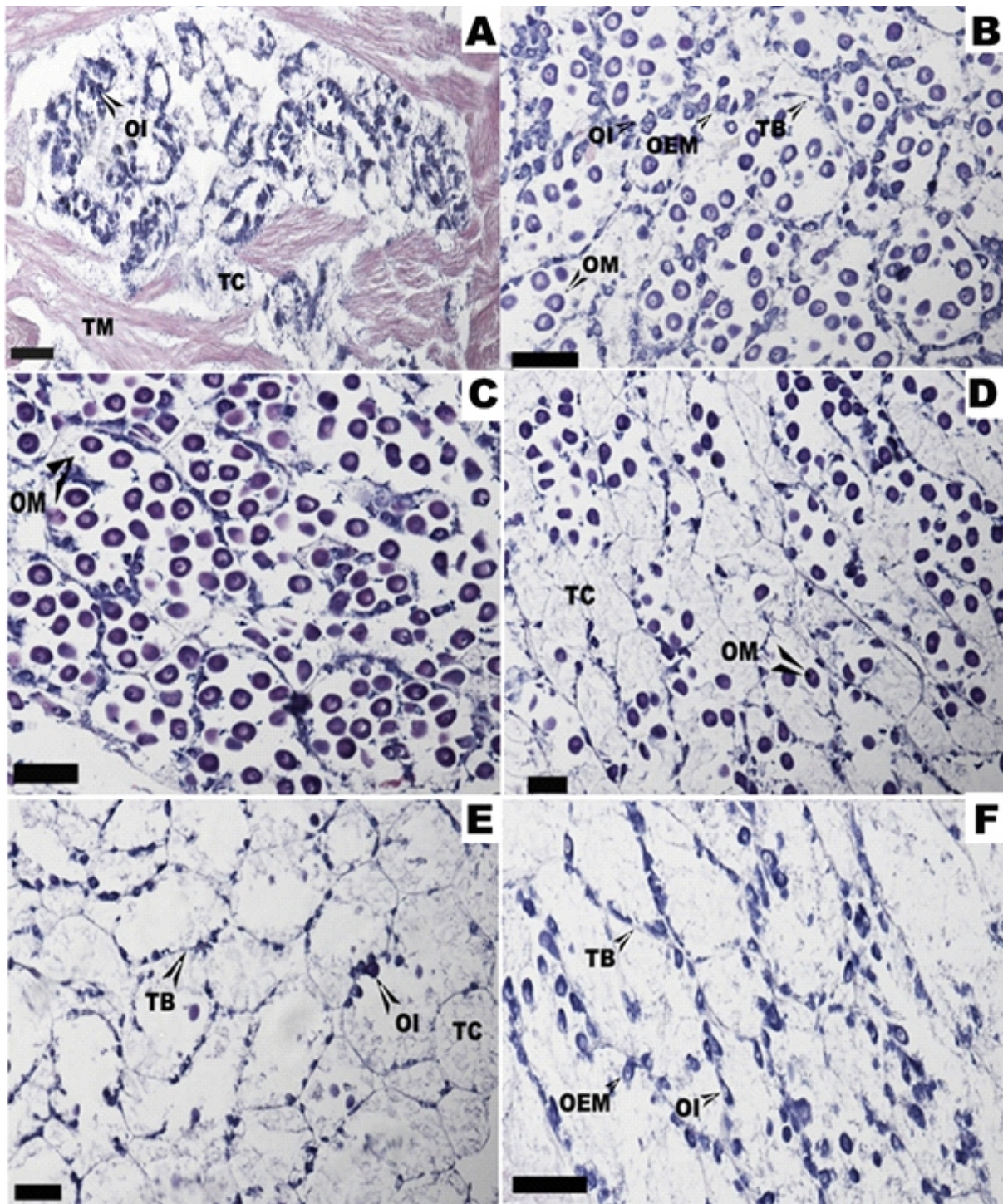


Figura 1. Micrografías de ovario en *Mesodesma donacium* en estadio virginal (A), en maduración (B), maduro (C), desovante (D), recuperación (E), reposo (F) en la especie *M. donacium*. Aumento: 100X. OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro, TB: Trabécula, TC: Tejido conectivo. : 100 μ m.

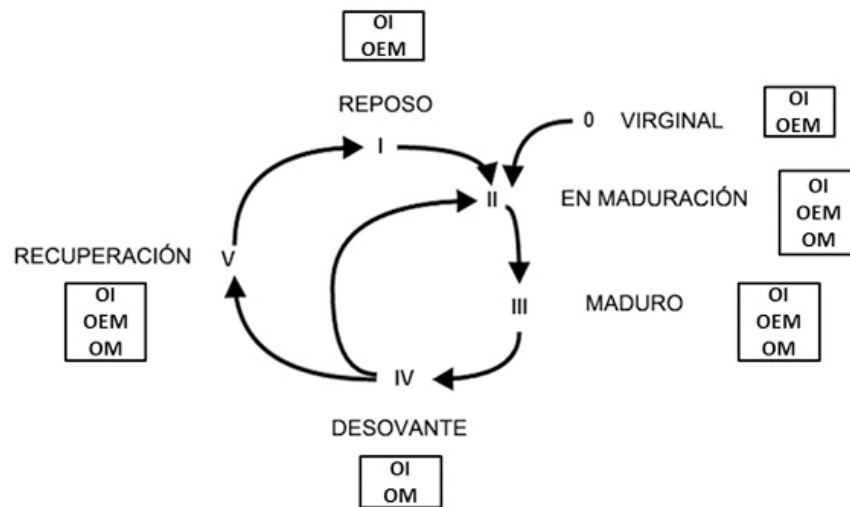


Figura 2. Ciclo de madurez gonadal de hembras de macha *Mesodesma donacium*. Donde: OI: Ovocito inmaduro, OEM: Ovocito en maduración, OM: Ovocito maduro. Modificado de Ortiz *et al.* (2008).

2. Machos

Virginal 0: Los individuos pertenecientes a este grupo son aquellos que nunca antes se han encontrado activos reproductivamente. Normalmente se trata de organismos juveniles ≤ 35 mm de longitud valvar total.

Túbulos con presencia de espermatogonios de tinción basófila en la pared tubular. Resto de túbulo completamente vacío y sin mayor complejidad estructural (Fig. 2-A).

Reposo I: Luego de un proceso de recuperación, los individuos comienzan a prepararse para la formación de gametos, por lo que estos ejemplares son considerados como inmaduros, pero ya habiendo pasado por procesos de madurez y expulsión, anteriormente.

La presencia de tejido conectivo abundante aún permanece. A diferencia del estadio V (recuperación), se pueden observar algunos túbulos con presencia de espermatogonios, lo que sí permite diferenciar el sexo (Fig. 2-B).

En maduración II: Estadio intermedio entre un organismo inactivo o inmaduro y uno que se

encuentra maduro. Espermatogénesis en desarrollo.

Túbulos con presencia de espermatogonios de tinción basófila seguidos de espermátocitos adosados a la pared tubular. Los túbulos no se encuentran completamente llenos (Fig. 2-C).

Maduro III: Individuos que presentan la máxima madurez, pero que aún no se encuentran en un proceso de desove. Se da proceso de espermiogénesis.

Túbulos completamente desarrollados, pudiendo o no presentar Espermatogonios. Con presencia abundante de espermátocitos. Centro tubular lleno de espermátocitos diferenciados por su tinción eosinófila (Fig. 2-D).

Expulsante IV: Individuos que se encuentran en un proceso de liberación de gametos (expulsión).

Túbulos con secciones vacías o semivacías en el centro de éstos, debido a un proceso de expulsión de espermátocitos. Presencia de espermatogonios, espermátocitos y espermátocitos en menor cantidad que el

estadio anterior (maduro) (Fig. 2-E).

Post - expulsante V: Individuos que ya pasaron por un proceso de expulsión, pero aún con rezagos del mismo.

Túbulos desarrollados con abundante presencia de tejido conectivo de relleno y restos de espermatozoides. Puede no diferenciarse el sexo debido a la ausencia de gametos sexuales (Fig.2-F).

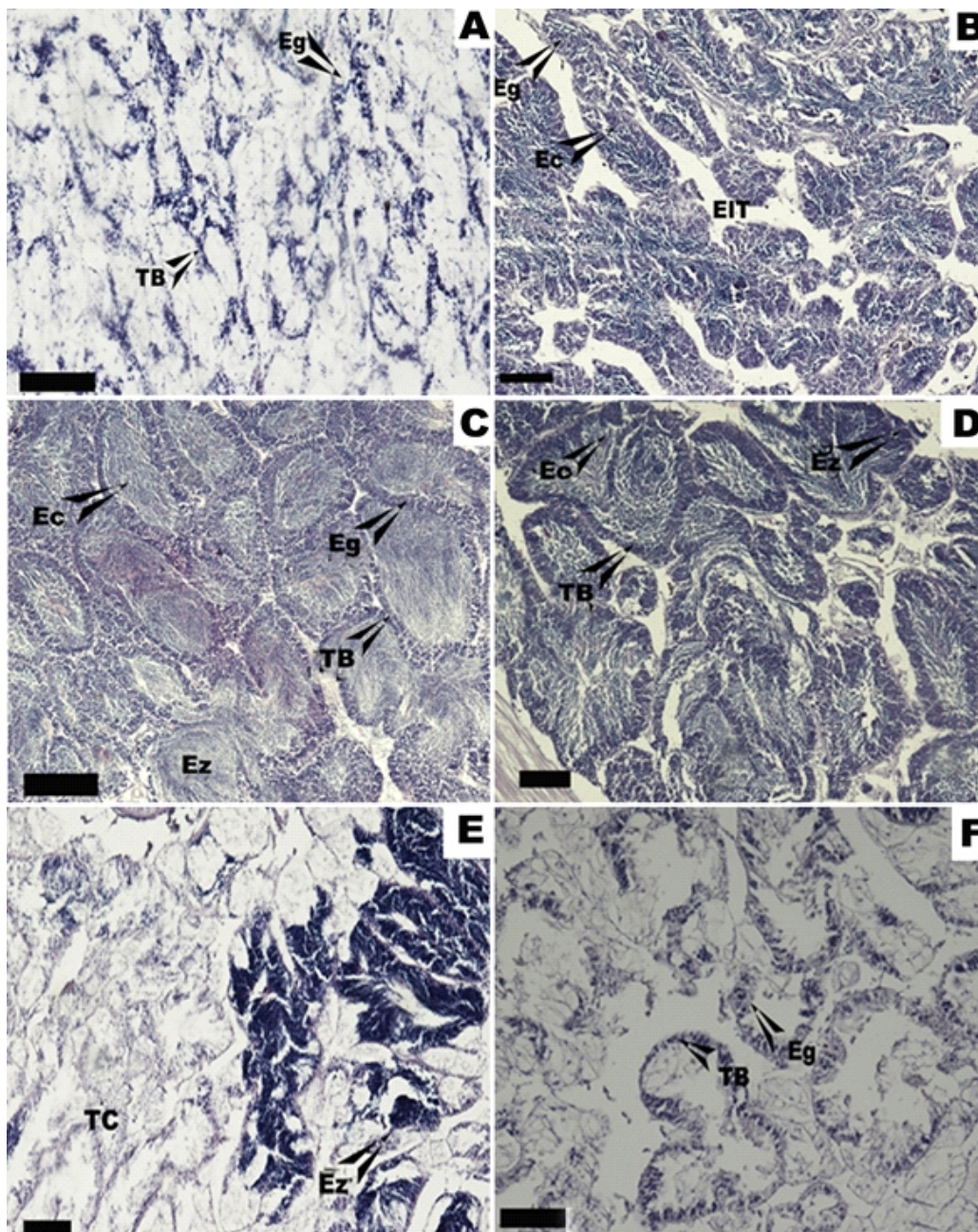


Figura 3. Micrografías de testículo de *Mesodesma donacium* en estadio virginal (A), en maduración (B), maduro (C), expulsante (D), post expulsante (E), reposo (F) en la especie *M. donacium*. Aumento: 100X. Eg: Espermatogonio, Ec: espermatocito, Ez: Espermatozoides, TB: Túbulo, TC: Tejido conectivo, EIT: Espacio intertubular ■■■■: 100 µm.

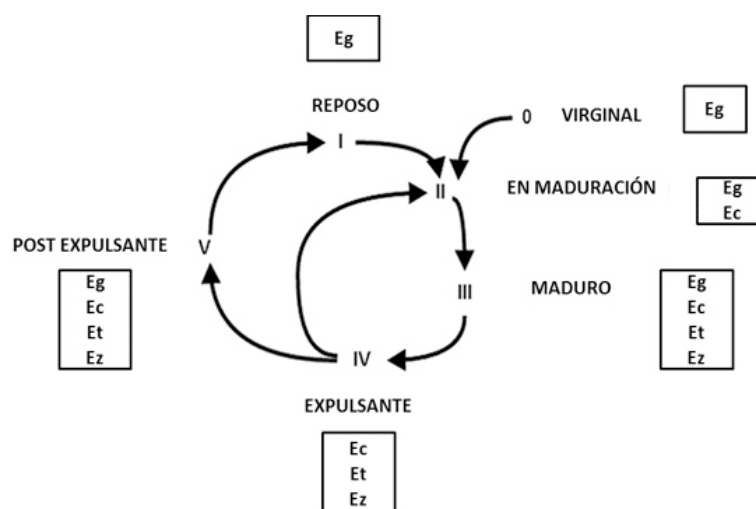


Figura 4. Ciclo de madurez gonadal de machos de macha *Mesodesma donacium*. Donde: Eg: Espermatogonios, Ec: Espermatocitos, Et: Espermátides, Ez: Espermatozoides. Modificado de Ortiz et al (2008).

DISCUSIÓN

En el presente trabajo se realizó una caracterización histológica de las gónadas definiendo seis estadios de madurez gonadal (virginal, en maduración, maduro, desovante/expulsante, recuperación/ post expulsante y reposo) basados en criterios microscópicos luego de un procesamiento histológico, tanto para machos como para hembras (Tablas 2 y 3). Esta escala se realizó en base a la nominación de estadios realizada en el trabajo de Ortiz *et al.* (2008) y Paredes (2009), tomando en consideración el nombre de los estadios y las características propias de *M. donacium*, con el objetivo de estandarizar las escalas.

Si bien en el Perú se había publicado una escala de madurez gonadal para *M. donacium* de siete estadios (inmaduro, madurez incipiente, madurez intermedia, madurez total, evacuación parcial, evacuación total y reversión gonadal) (Salgado & Ishiyama 1979), tanto para hembras como para machos, por tratarse de un método subjetivo, se recomienda contar con una escala clara, que

presente una estandarización para disminuir su subjetividad en la clasificación y sesgo en los resultados (Gerritsen & McGrath 2006).

Las escalas que están siendo recientemente implementadas para el correcto manejo los recursos de interés comercial en el Perú, tanto en peces (Sánchez *et al.* 2013) como moluscos (Ortiz *et al.* 2008; Paredes 2009), están considerando los seis estadios tomados en cuenta en el presente trabajo, ya que facilitan su aplicación en los índices reproductivos más utilizados, permitiendo la determinación de la condición reproductiva en la que se encuentran los recursos. Estas escalas toman en cuenta 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). Dentro de las consideraciones contempladas se tiene la inclusión de los individuos virginales, catalogados como estadio 0.

La escala utilizada en Chile para *M. donacium* de seis estadios (madurante temprana, madurante avanzada, madurante máxima,

evacuación parcial, evacuación total y regresión) no considera una separación clara entre los ejemplares virginales y en reposo, lo que impide un manejo de los adultos de manera independiente, que sí se logra con la escala realizada en el presente estudio (Peredo *et al.* 1987).

En las escalas realizadas en peces (Ferreri *et al.* 2009) se menciona que la separación del grupo de ejemplares virginales de los ejemplares en reposo es sumamente importante, ya que permite diferenciar a aquellos que aún no han atravesado un proceso de madurez, con la proporción de individuos maduros. Se debe evitar esta clasificación errónea, ya que las hembras en reposo forman parte de los ejemplares adultos, mientras que los virginales no. La determinación de índices reproductivos como el AR (utilizando en el presente trabajo) requiere de la separación de ambos grupos, por lo que se recomienda la consideración del estadio 0 (virginal) en las escalas a realizarse.

Al tratarse de una especie endémica para Perú y Chile, la administración de *M. donacium* debería ser bajo criterios y estrategias compartidas entre ambos países, sin embargo, no se ha llegado a plantear dicha gestión (Riascos 2009). A pesar de no contar con una escala estandarizada para Chile y Perú que se utilice en el monitoreo de la especie, la similitud entre ambas escalas permite su estandarización para futuras comparaciones (Uribe *et al.* 2012)

La colocación de criterios microscópicos se realizó tomando en cuenta límites claros para la diferenciación entre el paso de un estadio a otro, ya que éstos son claves para evitar la confusión en la clasificación. Muchas veces se encuentran individuos con una condición gonadal característica de la transición entre un estadio y otro, por lo que el límite designado facilita su distinción, lo que también se realizó en los trabajos de Ortiz *et al.* (2008) y Paredes (2009).

El paso del virginal al estadio en maduración es fácilmente reconocible por el desarrollo trabecular avanzado y la presencia de células maduras. Sin embargo, la transición del estadio recuperación al de reposo podría confundirse, por lo que se consideró que los ejemplares en reposo deben presentar ovogonias u ovocitos inmaduros diferenciándose del estadio recuperación por los restos de células maduras o trabéculas/ túbulos completamente vacíos, impidiendo la determinación del sexo, en algunos casos. La diferenciación más compleja podría tratarse del estadio reposo con el virginal, para lo que se debe tener experiencia observando cortes de la especie, ya que la forma y grosor de la pared trabecular es uno de los criterios distintivos, así como el tamaño de las trabéculas y la disposición de las mismas (Ortiz *et al.* 2008).

En escalas anteriormente realizadas para *M. donacium* (Salgado & Ishiyama 1979), no se tomaron algunos de los criterios mencionados a continuación, los que posibilitan la diferenciación clara entre un estadio y otro. Algunas veces existió cierta dificultad en diferenciar el estadio en maduración del maduro, ya que las trabéculas presentan diferentes niveles, existiendo algunas semillenas y otras completamente llenas, para lo que se consideró que cuando más del 50% de las trabéculas se encontraba en la misma condición, se trataba del estadio predominante. Para no confundir la condición semillena del estadio en maduración con el estadio desovante, se deben observar las paredes trabeculares a un aumento de 100x. Si existen ovocitos inmaduros y en maduración en las paredes, se trata de un individuo en maduración, mientras que paredes delgadas y estiradas con una cantidad de ovocitos maduros indicaría desove. Esta diferenciación es sumamente importante, ya que los individuos desovantes no deberían ser confundidos con ningún otro estadio por tratarse de una condición primordial en la clasificación.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al personal encargado de los muestreos de *M. donacium* en los Laboratorios Costeros de Ilo del IMARPE, especialmente a Alex Tejada. Igualmente, se agradece a los integrantes del Laboratorio de Biología Reproductiva de la sede central del IMARPE, por permitir la realización de este trabajo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arsenaul, D.J. & Himmelman, J.H. 1998. Spawning of the Iceland scallop (*Chlamys islandica* Muller, 1776) in the northern Gulf of St. Lawrence and its relationship to temperature and phytoplankton abundance. *Veliger*, 41: 180-185.
- 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.
- Gerritsen, H.D. & 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.
- Humanson, G. 1979. *Animal Tissue Techniques*. 4th Ed. W.H. Freeman co. San Francisco. pp 661.
- Kjesbu, O.S.; Hunter, J.R. & Witthames, P.R. 2003. *Plenary document*. 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):7-9.
- Lorenzen, S.; Gallardo, C.; Jara, C.; Clasing, E.; Pequeño, G. & Moreno, C. 1979. *Mariscos y peces de importancia comercial en el sur de Chile*. Universidad Austral de Chile. 131 pp.
- Ortiz, K.; Iannacone, J.; Perea, A. & Buitron, B. 2011. Biología reproductiva de la "Concha corazón" *Trachycardium procerum* (Sowerby, 1833), Chimbote, Perú. *The Biologist (Lima)*, 9: 66-97.
- Paredes, J. 2009. *Escala y talla de primera madurez gonadal en "navaja" Tagelus dombeii (Lamarck, 1818), entre las zonas Parachique - Las Delicias'*. Título de Biólogo, Universidad nacional de Pira, Piura.
- Peredo S.; Parada, E. & Valdebenito, I. 1987. Gametogenesis and reproductive cycle of the surf clam *Mesodesma donacium* (Lamarck, 1818) (Mollusca: Mesodesmatidae) at Queule Beach, southern Chile. *The Veliger*, 30:55-68.
- Salgado, I. & Ishiyama, V. 1979. Ciclo de madurez sexual y desove de la "macha" *Mesodesma donacium*. *Revista de Ciencias, Universidad Nacional Mayor de San Marcos*, 71:20-28.
- Riascos, JM. 2009. *Thriving and declining: population dynamics of the macha (Mesodesma donacium, Bivalvia, Mesodesmatidae) along a latitudinal gradient of the Humboldt Current Upwelling System*. Ph.D. thesis, University Bremen. pp 124.
- Sánchez, J.; Perea, A.; Buitrón, B. & Romero, L. 2013. Escala de madurez gonadal del jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. *Revista peruana de biología (Lima)*, 20: 35-44.
- Segura, M.; Galindo, O. & Flores, D. 1998. Evaluación del recurso "macha" (*Mesodesma donacium*) en el litoral de Ica y Arequipa. Marzo – Abril. *Informes Progresivos Instituto del Mar del Perú*, 95: 1-16.
- Tejada, A. 2010. *Monitoreo de las actividades de pesca experimental del recurso macha Mesodesma donacium en el*

- litoral de la Región Tacna*. RM N°033-2010-PRODUCE. Instituto del Mar del Perú, Sede Regional Ilo. Informe. pp 7.
- Thiel M.; Macaya, E.C.; Arntz, W.E. & Bastias, H. 2007. The Humboldt Current System of northern and central Chile. *Oceanography and Marine Biology*, 45:195-345.
- Uribe, R.A.; Oliva, M.E.; Aguilar, S.; Yamashiro, C. & Riascos J.M. 2012. Latitudinal variation in the reproductive cycle of two bivalves with contrasting biogeographical origin along the Humboldt Current Upwelling Ecosystem. *Scientia Marina*, 76: 713-720.
- Zevallos, S.A. 2014. *Evaluación de la madurez sexual de Mesodesma donacium (Lamarck, 1818) alimentadas con microalgas locales*. Facultad de Ciencias del Mar. Departamento de Acuicultura. Tesis Magíster en Acuicultura. pp.68.

Received July 30, 2015.
Accepted September 24, 2015.