

*Short Communication*

**Avances en el estudio reproductivo de la reineta (*Brama australis*)  
en la costa central de Chile**

**Elson Leal<sup>1</sup>, Eduardo Díaz<sup>1</sup> & Gabriel Claramunt<sup>2,3</sup>**

<sup>1</sup>División de Investigación Pesquera, Instituto de Fomento Pesquero, Valparaíso, Chile

<sup>2</sup>Facultad de Recursos Naturales Renovables, Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile

<sup>3</sup>Instituto de Ciencias Exactas y Naturales (ICEN), Universidad Arturo Prat, Iquique, Chile

Corresponding author: Elson Leal (elson.leal@ifop.cl)

**RESUMEN.** La información sobre los rasgos reproductivos de *Brama australis*, es escasa o no ha sido actualizada. Mediante análisis histológico, se estudió el tipo de reproducción, la madurez en longitud y las diferentes fases de desarrollo gonadal de machos y hembras. Se analizaron ejemplares capturados en la zona costera de Chile central. Los resultados confirmaron que las hembras presentan desarrollo asincrónico de sus ovarios, característico de los desovadores parciales. El modelo ajustado, indicó que las hembras maduran a una longitud media de 37,7 cm de longitud horquilla. En el caso de los machos, los datos sugieren que estos maduran a longitudes inferiores a las hembras. Basados en la ausencia de ejemplares en actividad reproductiva reciente o inminente, en este y otros estudios, se discute la hipótesis que el proceso reproductivo de la especie se podría realizar en zonas alejadas de la costa, fuera del área de operación de la flota.

**Palabras clave:** *Brama australis*, reineta, reproducción, madurez, desove.

**Advances in reproductive study of Pacific pomfret (*Brama australis*)  
in Chile central coast**

**ABSTRACT.** Reproductive traits information about Pacific pomfret (*Brama australis*) is scarce or not have been updated. Through histological analysis, the type of reproduction, maturity length and different gonadal stages development in males and females were studied. Specimens from the central coast of Chile were analysed. The results confirmed that females exhibited an ovary with asynchronous development, which is a characteristic of partial spawners. The adjusted model indicated that females mature, in average at 37.7 cm of fork length. Data suggests that males mature at smaller sizes compared to females. Based on the absence of recent or imminent reproductive activity in this and other studies, the hypothesis that the reproductive process of the species takes place rather off-shore, beyond the fishing zones is discussed.

**Keywords:** *Brama australis*, Pacific pomfret, reproduction, maturity, spawning.

La reineta (*Brama australis* Valenciennes, 1839), es un pez epipelágico de tamaño medio, cuya distribución en el Océano Pacífico aún es materia de estudio. De acuerdo a Pavlov (1994), se encontraría dentro de los límites de circulación de la masa de agua Subantártica del hemisferio sur (27°-48°S). En la costa de Chile, Oyarzún (2001), indica que la especie estaría presente entre Coquimbo (27°S) y el extremo sur del continente. Recientemente, San Martín *et al.* (2017), confirman este rango latitudinal e indican además que en términos longitudinales, *B. australis* posiblemente se encuentra

distribuida en todo el Océano Pacífico sur entre los 65° y 185°W.

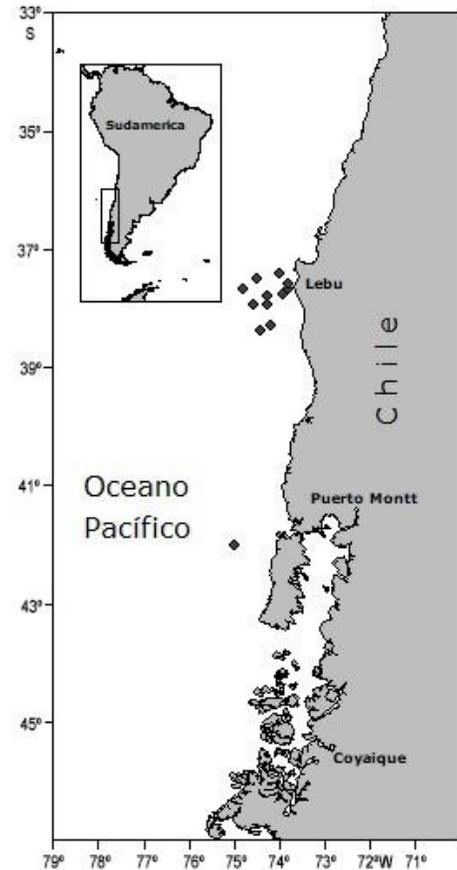
A pesar que hace ya algunos años, se ha consolidado como una de las pesquerías artesanales más importantes de la zona central de Chile, el conocimiento que existe acerca de su reproducción es aún insuficiente o no ha sido actualizado. Pavlov (1994) reportó los primeros antecedentes, señalando que las hembras de la especie maduran sobre los 35 cm de longitud horquilla (LH) y concentran su reproducción en los meses de invierno y primavera en aguas oceánicas (42°-47°S, 105°-127°W).

En la costa de Chile, la información sobre el proceso reproductivo de *B. australis*, se limita a los trabajos de Pavez *et al.* (1998) y Leal & Oyarzún (2003). Ambos estudios coinciden en que las hembras de esta especie maduran alrededor de los 37 cm LH durante los meses de invierno del hemisferio sur. De estos estudios, solo el trabajo de Pavez *et al.* (1998) estuvo basado en análisis histológico del tejido reproductivo, aunque no describe las características del ovario, ni el tipo de desarrollo que caracteriza a esta especie. Hasta la fecha, no existen reportes que identifique una posible diferenciación en el proceso de madurez en longitud entre sexos. Tampoco se ha reportado la presencia de hembras en actividad ovulatoria reciente o inminente. Esto ha impedido identificar posibles zonas de reproducción frente a la costa de Chile.

En el presente estudio, se realiza un análisis histológico del tejido reproductivo de machos y hembras de *B. australis* para estudiar las características del desarrollo de la gónada e identificar posibles diferencias en el proceso de maduración en longitud entre sexos. Se discute además sobre la posible dinámica espacial de la especie basada en las fases de madurez presentes en las muestras analizadas.

Los ejemplares fueron muestreados al ser desembarcados en el puerto de Lebu (37°37'LS). De manera inicial, el estudio sólo contempló el análisis reproductivo de las hembras; más tarde se amplió el objetivo a un análisis comparativo entre sexos. Así, se analizaron muestras obtenidas en dos periodos. Primero, entre octubre de 2011 y mayo de 2012, seleccionando solo las hembras. Luego, en agosto, noviembre y diciembre de 2014, se colectaron individuos de ambos sexos. Se contó además con un único muestreo de ejemplares capturados frente a la Isla de Chiloé (Fig. 1), desembarcados en la localidad de Calbuco (41°76'S-73°13'W).

Cada pez fue medido, registrando su peso total (PT), ( $\pm 0,1$  g) y LH ( $\pm 0,5$  cm). La gónada de cada ejemplar fue extraída, pesada ( $\pm 0,1$  g) y fijada en formalina neutralizada y diluida al 10% para su posterior procesamiento histológico en laboratorio. La técnica recomendada por López *et al.* (1982) fue utilizada en la obtención de los cortes histológicos. Las muestras fueron deshidratadas en alcohol, incluidas en parafina sólida, cortadas y finalmente coloreadas con hematoxilina y eosina. La clasificación de las diferentes fases de madurez de machos y hembras, se realizó de acuerdo a lo propuesto por Brown-Peterson *et al.* (2011) para peces desovadores parciales. Esta escala describe cinco fases de desarrollo, las cuales son: 1) inmadura, 2) desarrollo, 3) capaz de desovar (incluye a sub-fase: desove activo), 4) regresión y 5) regeneración. Para la



**Figura 1.** Ubicación aproximada de los lances de pesca. Cada círculo representa un evento de muestreo (mes).

identificación de ovocitos atrésicos, se adoptaron los criterios de Hunter & Macewicz (1985).

Un modelo logístico fue utilizado para describir la proporción de ejemplares maduros a la longitud (LH) de ambos sexos. La ecuación que define la forma logística de la curva, está descrita por:

$$P = \frac{1}{1 + \exp(\beta_0 - \beta_1 * LH)}$$

donde, P es la proporción de ejemplares maduros a la longitud L,  $\beta_0$  y  $\beta_1$  son los parámetros que representan la posición y la pendiente de la curva respectivamente. Estos parámetros fueron obtenidos por Máxima Verosimilitud asumiendo una distribución binomial (maduro/inmaduro) de la variable aleatoria. La función de estimación log-verosímil tuvo la forma:

$$L(a, b) = \sum k \ln(P) + (1 - h) \ln(1 - P)$$

donde, k indica la presencia o ausencia de individuos maduros, y P es la función logística previamente descrita. Las hembras, fueron catalogadas como maduras a partir de la fase denominada desarrollo (II). Dicha fase, se caracteriza en el caso de las hembras, por

la presencia de alvéolos corticales en el citoplasma del ovocito (Brown-Peterson *et al.*, 2011; Leal *et al.*, 2013).

La longitud media de madurez, queda definida cuando la función logística alcanza el 50% de probabilidad de observar individuos maduros a la longitud ( $L_{50}$ ) y se obtiene como la razón entre los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$ , *i.e.*

$$LH_{50} = \frac{\beta_0}{\beta_1}$$

El intervalo de confianza para la longitud media de madurez, se obtuvo mediante un enfoque de remuestreo tipo Monte Carlo de los parámetros  $\beta_0$  y  $\beta_1$  según lo sugerido por Roa *et al.* (1999).

En el primer periodo de análisis, se recolectaron 218 hembras de *B. australis* y en el segundo 55 machos y 46 hembras. El rango de tamaño de los individuos analizados fluctuó entre 34 y 50 cm de LH en los machos y entre 29 y 52 cm LH en las hembras.

El análisis histológico del parénquima gonadal efectuado sobre las hembras, permitió establecer que éstas presentan un desarrollo reproductivo de tipo asincrónico. Este se caracteriza por un ovario con presencia simultánea de ovocitos en diferentes estados de desarrollo.

Se identificaron tres fases de desarrollo del ovario según la escala utilizada (Fig. 2). La fase I (inmaduro), caracterizado por la presencia de laminillas ovígeras bien definidas compuestas exclusivamente por ovocitos en estado de crecimiento primario (cromatina nucleolar o perinucleolar). La fase II (en desarrollo) presenta ovocitos en crecimiento primario y secundario (vesiculoso, vitelogenesis temprana), se observa además atresia folicular. Finalmente, fue posible identificar la fase V (regeneración), cuya presencia indica reposo reproductivo. Se caracterizó por lamelas ovígeras en regeneración constituidas principalmente por ovocitos en crecimiento primario. También se aprecian estructuras de soporte altamente vascularizadas y mayor espacio intersticial entre las lamelas. En ninguno de los periodos muestreados, se observó indicios de actividad ovulatoria cercana (vitelogenesis tardía, núcleo migrante, ovocito hidratado), ni presencia de folículos post-ovulatorios, como signo de desove reciente. Solo fue posible observar presencia de ovocitos atrésicos en diferentes fases (temprana y/o tardía).

En el caso de los machos, el tejido reproductivo está revestido externamente por una túnica albugínea delgada. En la sección interna de los testículos hay lóbulos seminíferos que desembocan en el espermiducto. Al interior de los lóbulos están las células espermatogénicas que presentan un patrón de desa-

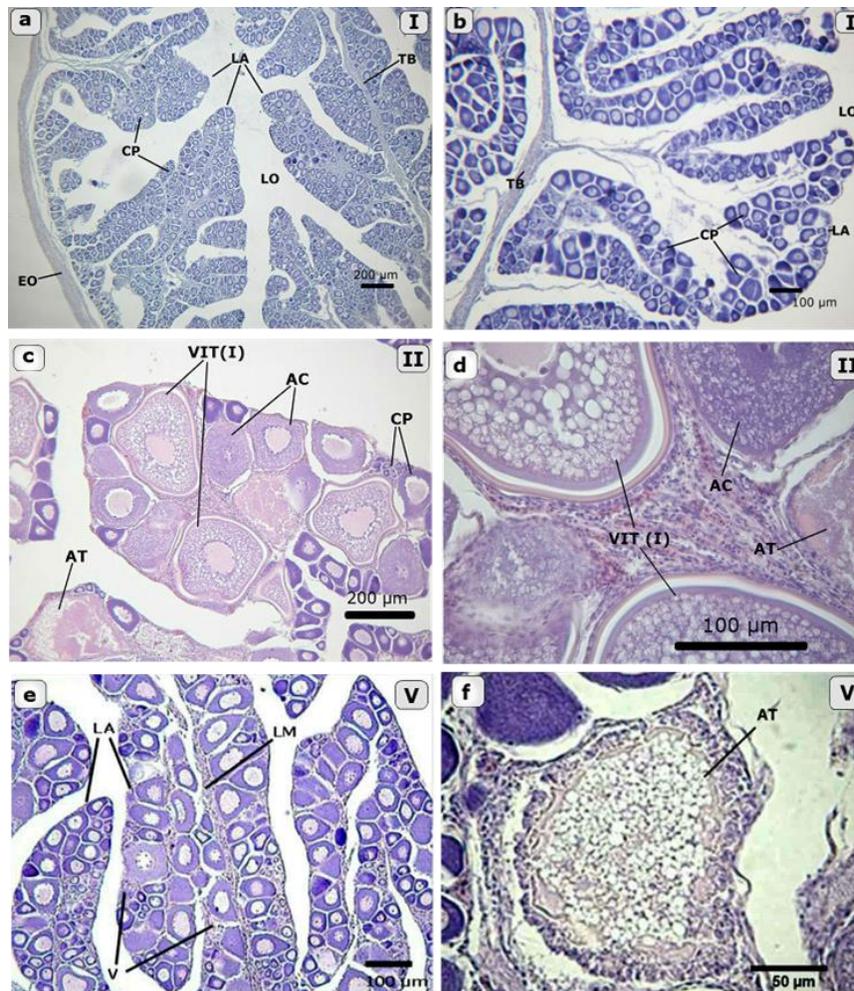
rollo en espermatocistos (todas las células en el mismo estadio). En este estudio, todos los testículos observados correspondieron a ejemplares sexualmente maduros, aunque inactivos y destacando la incidencia de espermatozoides residuales.

Las fases encontradas fueron testículos en fase de regresión (IV) y en regeneración (V), caracterizados por la ausencia de la espermatogénesis (Fig. 3). La fase IV muestra una baja presencia de espermatozoides (SZ) en el espermiducto (SD) y en el lumen de los lóbulos (LO), además de pocos lóbulos que contienen espermatocistos (SC). Por su parte, en la fase de regeneración se destaca por la disminución de los SZ residuales y por no presentar SC.

En cuanto al proceso reproductivo en longitud, las hembras mostraron un incremento en la proporción de madurez a partir de los 34 cm LH. De acuerdo al modelo ajustado, éstas alcanzan la longitud media de madurez ( $LH_{50}$ ) a los 37,7 cm, con un intervalo de confianza (IC 95%) entre 37,0 y 38,3 cm LH. En el caso de los machos, no fue posible ajustar una ojiva de madurez debido a la ausencia de ejemplares inmaduros. En el rango de longitud de 34 a 40 cm LH, donde las hembras alcanzaron entre el 10% y 80% de madurez, todos los machos analizados mostraban signos claros de haber madurado. Estos resultados sugieren diferencias importantes en el proceso de maduración en longitud entre sexos (Fig. 4).

En el presente estudio se pudo establecer que *B. australis*, presenta un tipo de desarrollo de sus ovarios de tipo asincrónico, característico de los desovadores parciales, los cuales generan varias tandas de desove durante la estación reproductiva. De acuerdo a Hunter & Leong (1981), el desarrollo ovocitario de tipo asincrónico es característico de las especies iteróparas con una estación de desove prolongada (semanas, incluso meses), donde la acumulación del vitelo y por lo tanto el desarrollo del ovocito está relacionado a las condiciones ambientales para efectuar la reproducción. Las especies con este tipo de reproducción corresponden a una de las más comunes dentro de las poblaciones de peces (Murua & Saborido-Rey, 2003).

De las hembras analizadas, solo fue posible identificar tres estados de desarrollo ovocitario (inmaduro, desarrollo y regeneración), descartando la presencia de hembras en condiciones de desovar o de desove reciente. Lo mismo sucedió en el caso de los machos, donde solo se identificaron individuos maduros, aunque inactivos sexualmente. A pesar que pueda explicarse por limitaciones en la cobertura temporal o del número de muestras, los resultados refuerzan la hipótesis planteada previamente por Leal & Oyarzún (2003). Dichos autores, sugieren que los

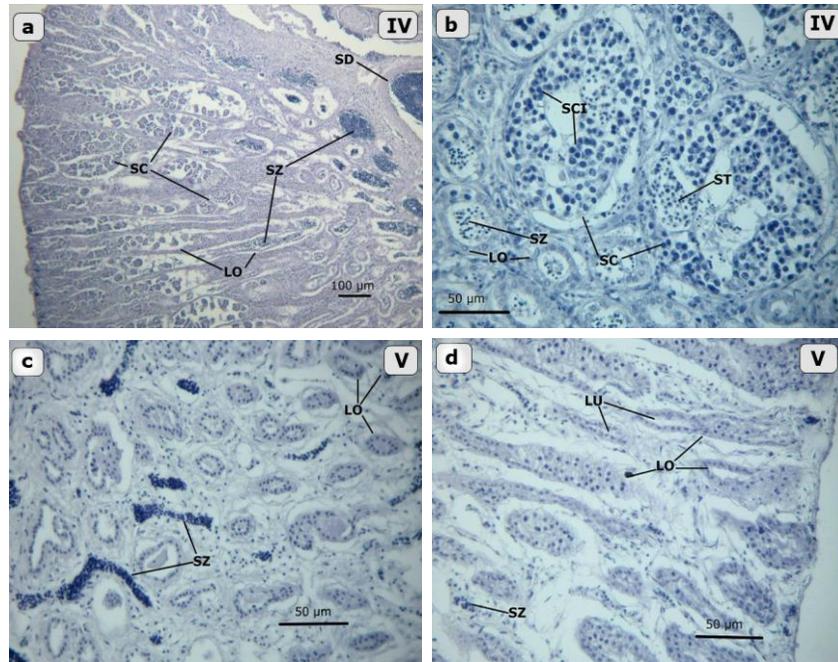


**Figura 2.** Micrografías de ovario de *B. australis* en tres fases de desarrollo (I, II, V), colectadas desde el desembarque en la zona costera de Chile central. Fases I (Inmaduro) (a: 4x; b: 10x): Sólo presencia de ovocitos en crecimiento primario (CP). Las lamelas (LA) están bien organizadas con escaso tejido conectivo entre los ovocitos. La envoltura ovárica (EO) es delgada. El tabique central (TB) divide los dos lóbulos. Luz ovárica (LO). Fase II (Desarrollo) (c: 10x; d: 40x): además de ovocitos en CP, el ovario se caracterizó por la presencia de ovocitos en estados de crecimiento secundario: alvéolos corticales (AC) y ovocitos que han iniciado la incorporación de vitelo (VIT (I)). Hay atresia folicular (AT) en estado inicial, pero en baja incidencia. Fase V (Regeneración) (e: 10x; f: 40x): final del ciclo reproductivo. Sólo ovocitos en estado de CP, similar a la fase inmadura, aunque se diferencia por presentar LA con mayor espacio intersticial y vascularización (V), el ovario no está completamente reorganizado en lamelas, se aprecian ligazones musculares (LM). Presencia además de AT, característica de un ovario que ya ha madurado antes.

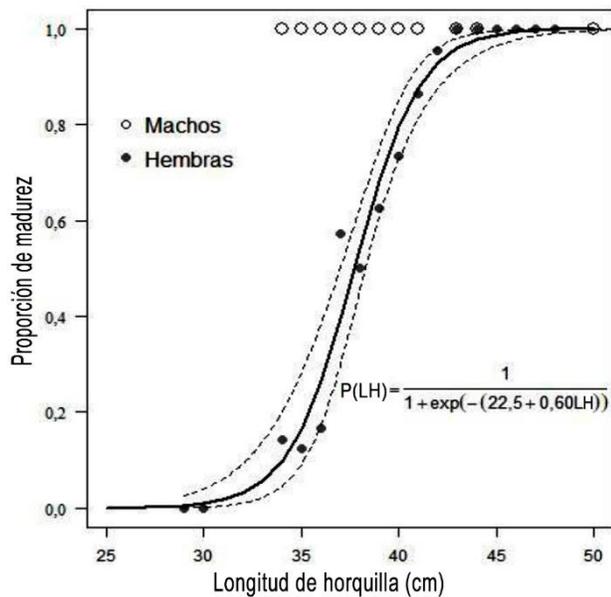
ejemplares obtenidos en la zona central de Chile, provienen de un área en la cual no se produce el desove. Los individuos podrían crecer y madurar sexualmente en la zona costera, para luego migrar hacia el área de desove en aguas oceánicas, fuera del lugar de operación de la flota. Esta hipótesis también concuerda con lo señalado previamente por Pavlov (1994), quien plantea patrones migratorios de la especie en el Pacífico sur, con fines reproductivos durante el invierno y primavera austral. Este mismo autor, reportó durante diciembre de

1986 individuos del género en pre-desove y desove activo en aguas oceánicas, al oeste de los 107°W.

En relación al proceso de maduración en longitud, la LH<sub>50</sub> de las hembras, estimada en 37,7 cm, concuerda con la apreciación de Pavlov (1994) quien señala que éstas comienzan un proceso activo de maduración a partir de los 35 cm LH. Este resultado también es similar a los 36,9 cm LH para la LH<sub>50</sub>, reportados por Pavez *et al.* (1998) y por Leal & Oyarzún (2003). En el caso de los machos, no existen antecedentes que permi-



**Figura 3.** Micrografías de testículo de *B. australis* en dos fases de desarrollo (IV y V). Ejemplares capturados en la zona costera de Chile central. Cada fase de desarrollo es presentada bajo dos aumentos (a: 4x, b:10x). Fases IV (Regresión). Se aprecian espermatozoides (SZ) residuales en el lumen (LU) de los lóbulos (LO) y espermiducto (SD). Espermatocistos (SC) dispersos cercanos a la periferia (SCI) y espermatidas (ST); la espermatogénesis es menor o no activa. Fase V (Regeneración). Término del ciclo reproductivo. Hay menor presencia de SZ residuales en LO y SD. No se observan SC. LU reducido o inexistente.



**Figura 4.** Proporción de madurez en longitud de machos y hembras de *B. australis* en la costa de Chile central a partir de muestras obtenidas los años 2011, 2012 y 2014. La ecuación describe la ojiva de madurez ajustada para las hembras (línea continua). Las líneas segmentadas corresponden al intervalo de confianza (95%) del modelo ajustado.

tan comparar estos resultados. Sin embargo, su madurez más temprana en relación a las hembras, también ha sido reportado en otras especies (Lucio *et al.*, 2000; Abaunza *et al.*, 2003; Leal *et al.*, 2013; Piñeiro & Saínza, 2003). Metabolismos desiguales entre sexos, asociados al costo energético entre la reproducción y el crecimiento han sido señalados como posibles causas para explicar tales diferencias (Rijnsdorp & Ibelings, 1989; Pauly, 1994).

Si bien los resultados del presente estudio representan un avance en el conocimiento de la biología reproductiva de *B. australis*, se requiere de mayores antecedentes para corroborar la hipótesis sobre el proceso reproductivo de la especie en aguas oceánicas, alejado de la zona costera.

**REFERENCIAS**

Abaunza, P., L. Gordo, C. Karlou-Riga, A. Murta, A. Eltink, M. García Santamaría, C. Zimmermann, C. Hammer, P. Lucio & S. Iversen. 2003. Growth and reproduction of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (Carangidae). *Rev. Fish. Biol. Fisher.*, 13: 27-61.

Brown-Peterson, N., D. Wyanski, F. Saborido-Rey, B. Macewicz & S Lowerre-Barbieri. 2011. A standar-

- dized terminology for describing reproductive development in fishes. *Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science*, 3(1): 52-70.
- Hunter, J. & J. Leong. 1981. The spawning energetics of females northern anchovy *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, 79: 215-230.
- Hunter, J. & B. Macewicz. 1985. Rates of atresia in the ovary of captive and wild northern anchovy, *Engraulis mordax*. *Fish. Bull.*, 83: 119-136.
- Leal, E. & C. Oyarzún. 2003. Talla de madurez y época de desove de la reineta (*Brama australis* Valenciennes, 1836) en la costa central de Chile. *Invest. Mar.*, 31(2): 17-24.
- Leal, E., E. Díaz, J.C. Saavedra & G. Claramunt. 2013. Ciclo reproductivo y madurez en longitud y edad de jurel *Trachurus murphyi*, en la costa de Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 48(3): 601-611.
- López, L., C. Leyton & M. Graf. 1982. Técnicas de histología y citología. Departamento de Biología Celular y Genética, Facultad de Medicina, Universidad de Chile, Santiago, 141pp.
- Lucio, P., H. Murúa & M. Santurtún. 2000. Growth and reproduction of hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay during the period 1996-1997. *Oceanografika*, 3: 325-354.
- Murua, H. & F. Saborido-Rey. 2003. Female reproductive strategies of marine fish species of the north Atlantic. *J. Northw. Atl. Sci.*, 33: 23-31.
- Oyarzún, C. 2001. Catálogo de los peces presentes en el sistema de corrientes de Humboldt frente a Chile Centro-Sur. Departamento de Oceanografía. Sección Pesquerías. Universidad de Concepción, Chile, 159 pp.
- Pauly, D. 1994. On the sex of fish and the gender of scientists: essays in fisheries science. Fish and Fisheries series. Chapman & Hall, London. 264 pp.
- Pavez, P., T. Melo, H. Ceriola & F. Hurtado. 1998. Análisis y evaluación de la pesquería de la reineta (*Brama australis*) en el litoral de la V Región. Fondo de Investigación Pesquera, Proyecto FIP 96-26: 125 pp.
- Pavlov, Y.P. 1994. Data on ecology of southern pomfret, *Brama australis* in the southeastern Pacific Ocean. *J. Ichthyol.*, 34(5): 144-148.
- Piñeiro, C. & M. Saínza. 2003. Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. *ICES J. Mar. Sci.*, 60: 1086-1102.
- Rijnsdorp, A.D. & B. Ibelings. 1989. Sexual dimorphism in the energetic of reproduction and growth of North Sea plaice, *Pleuronectes platessa*. *J. Fish Biol.*, 35: 401-415.
- Roa, R., B. Ernst & F. Tapia. 1999. Estimation of size at sexual maturity: an evaluation of analytical and resampling procedures. *Fish. Bull.*, 97: 570-580.
- San Martín, M., E. Leal & T.M. Canales. 2017. Spatial and bathymetric occurrence of *Brama australis* off the Chilean coast and in the South Pacific Ocean. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.*, 52(2): 405-409.

Received: 8 June 2016; Accepted: 17 August 2017