

ARTÍCULO

Condición reproductiva de la jibia *Dosidicus gigas* en la zona costera del centro-sur de Chile

Reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the coastal area of the south-central Chile

Christian M. Ibáñez^{1*}, David López-Córdova¹, Arnaldo Zúñiga² y Hugo Arancibia³

¹Departamento de Ecología y Biodiversidad, Facultad de Ciencias de la Vida, Universidad Andres Bello, República 440, Santiago, Chile

²Departamento de Pesquerías, Instituto de Investigación Pesquera, Avda. Cristóbal Colón 2780, Talcahuano, Chile

³Departamento Oceanografía, Facultad de Ciencias Naturales y Oceanográficas, Universidad de Concepción, Casilla 160-C, Concepción, Chile

*Autor correspondiente: ibanez.christian@gmail.com

Abstract.- The reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* is poorly understood in Chile, through an oceanic-coastal migratory pattern during maturity and spawning has been suggested. The aim of this study was to describe the jumbo squid reproductive condition at the coastal zone off south-central Chile. For this, 1,335 specimens were analyzed from January-December 2014 to estimate their macroscopic sexual maturity and gonadosomatic index (IGS). The sexual proportion showed deviations of 1:1 in all months with a high dominance of females in January. Significant differences were found in the IGS between sexes and months, while maturity stages were relatively constant along time. Most recorded squids were immature, and only two mature females were found, suggesting that spawning occurs in oceanic waters off Chile.

Key words: *Dosidicus gigas*, spawning, gonadosomatic index, reproduction, Eastern Pacific Ocean

Resumen.- La condición reproductiva de la jibia *Dosidicus gigas* no se conoce bien en Chile, aunque se ha sugerido un patrón migratorio oceánico-costero durante la maduración y desove. El objetivo de este estudio fue describir la condición reproductiva de la jibia en la zona costera del centro-sur de Chile. Para esto, se analizaron 1.335 especímenes de enero a diciembre de 2014 para estimar su madurez sexual macroscópica e índice gonadosomático (IGS). La proporción sexual mostró desviaciones de 1:1 en todos los meses con una alta dominancia de hembras en enero. Se encontraron diferencias significativas en el IGS entre sexos y meses, mientras que las etapas de madurez fueron relativamente constantes a lo largo del tiempo. La mayoría de los calamares registrados eran inmaduros, y solo se encontraron dos hembras maduras, lo que sugiere que el desove se produce en aguas oceánicas en Chile.

Palabras clave: *Dosidicus gigas*, desove, índice gonadosomático, reproducción, Océano Pacífico Oriental

INTRODUCCIÓN

El calamar de Humboldt *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835), más conocido en Chile como jibia, es uno de los cefalópodos más abundantes y de mayor tamaño en el Pacífico oriental (Ibáñez *et al.* 2015). Su rango de distribución es muy amplio y se ha registrado desde Alaska en el Hemisferio Norte hasta el sur de Chile, desde la superficie hasta profundidades superiores a 1.000 m (Ibáñez *et al.* 2015). Este calamar es una especie de gran importancia económica, representando una tercera parte de los desembarques de calamares a nivel mundial (Arkhipkin *et al.* 2015), siendo una de las principales especies objetivo en el mercado internacional (Nigmatullin *et al.* 2001, Rodhouse *et al.* 2016) y con una alta demanda por la industria pesquera chilena (Ibáñez & Ulloa 2014). En general se describe a *Dosidicus gigas* como una especie que presenta desoves múltiples (Rocha *et al.* 2001), con maduración asincrónica (Nigmatullin & Markaida 2009). Los escasos estudios reproductivos de *D. gigas* en Chile sugieren que el desove ocurre durante todo el año con máximos durante primavera

y verano (octubre-enero) en la zona oceánica (Nesis 1970, González & Chong 2006, Ibáñez & Cubillos 2007, Ibáñez *et al.* 2015). Contrariamente los estudios reproductivos de esta especie en aguas peruanas confirman la ocurrencia de desoves frente a la costa y en la zona oceánica (Tafur & Rabí 1997, Tafur *et al.* 2001, 2018). Sin embargo, los rasgos reproductivos de la jibia pueden cambiar temporalmente en función de la variación ambiental (Tafur *et al.* 2010). Estudios previos realizados frente a Chile han sugerido que los calamares maduran y desovan en aguas oceánicas, ya que en la costa solo se han encontrado individuos inmaduros o en maduración y las paralarvas sólo en aguas oceánicas (Ibáñez & Cubillos 2007, Ibáñez *et al.* 2015). No obstante, existe escaso conocimiento científico sobre los patrones de reproducción de *D. gigas* en aguas chilenas, información relevante para el manejo pesquero de esta especie. Por lo tanto, en este estudio los objetivos fueron esclarecer si el calamar *D. gigas* se reproduce en la zona costera y describir la variación temporal de la condición reproductiva de individuos que se pueden encontrar en Chile durante el año.

MATERIALES Y MÉTODOS

A partir de muestreos mensuales, desde enero hasta diciembre del 2014, se recolectaron 1.335 ejemplares de *D. gigas* en la Región del Maule, desde el sur de Pulehue hasta el norte de la Isla Mocha en la Región del Biobío (35°52'S-38°07'S; 73°17'W-73°46'W), mediante red de arrastre de media agua en las embarcaciones Surmar I, Biomar IV, Leopardo y Terranova (Fig. 1). En el laboratorio de pesquerías del Instituto de Investigación Pesquera (INPESCA S.A.) a cada espécimen se le realizó un examen biológico que consistió en el sexado y medición de la longitud del manto (LM, cm), peso total (PT, g), y peso de gónadas (PG, g). A cada ejemplar de *D. gigas* muestreado se le asignó el estadio de madurez sexual (EMS) de acuerdo a la clasificación de Lipiński & Underhill (1995) para cada

sexo, a saber: I-II, inmaduro; III, madurando; IV-V, maduro; VI, desovado o gastado. Las frecuencias de los estados de madurez sexual se compararon entre meses y sexo utilizando una tabla de contingencia, y su significancia estadística fue evaluada mediante chi-cuadrado (Zar 1984).

Los datos de longitud del manto se agruparon en intervalos cada 5 cm para confeccionar histogramas de frecuencia de LM para cada mes y sexo. Los promedios de LM fueron comparados entre meses mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) de dos vías en el programa estadístico R 3.5.0 (R Core Team 2018). Finalmente, los estados de maduración fueron agrupados de acuerdo a la longitud del manto (en clases de 5 cm) por sexo para el conjunto del periodo muestreado.

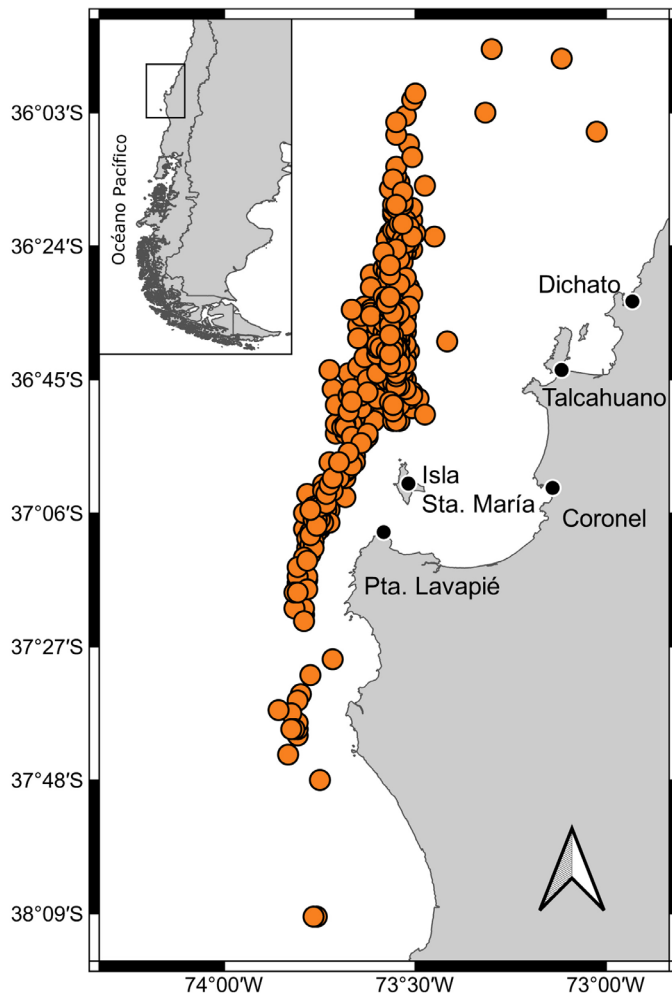


Figura 1. Puntos de muestreo de enero a diciembre del 2014 de *Dositicus gigas* recolectados mensualmente desde Pulehue en la Región del Maule hasta Isla Santa Mocha en la Región del Biobío, Chile / Sampling points from January to December 2014 of *Dositicus gigas* collected monthly from Pulehue, Maule Region to Mocha Island, Biobío Region, Chile

Se calculó el índice gonadosomático (IGS) (DeVlamming *et al.* 1982) en base al peso de las gónadas (ovario y testículo) para cada individuo en ambos sexos y se evaluaron los cambios estacionales y entre sexos mediante un Análisis de Varianza (ANDEVA) de dos vías en el programa estadístico R.

RESULTADOS

Del total de 1.335 calamares capturados 676 fueron machos y 659 hembras (Tabla 1). La proporción sexual fluctuó entre 0,6 y 1,9, y la mayoría de los meses fue cercana a 1:1 entre hembras y machos (Fig. 2).

La longitud del manto no mostró variaciones importantes entre machos y hembras, ya que no presentó diferencias significativas en sus promedios (Sexo $F_{1,1311} = 1,10$, $P = 0,294$), aunque sí muestra cambios entre meses (Mes $F_{11,1311} = 67,35$, $P < 0,001$), pero este no se reflejó en la interacción de ambos factores (Sexo/Mes $F_{11,1311} = 0,82$, $P = 0,620$). Desde enero a mayo se observó una distribución unimodal en las frecuencias de longitudes de los calamares con una moda entre 70 y 75 cm, mientras que entre junio y septiembre se observó una distribución bimodal con una moda en el grupo pequeño entre 40 y 55 cm LM, y para el grupo grande entre 80 y 85 cm LM (Fig. 3). Entre los meses de octubre a diciembre se encontró una distribución de frecuencias de longitudes más amplia con modas entre 55 y 65 cm LM (Fig. 3).

La frecuencia de estados de madurez sexual de *D. gigas* entre sexos, durante el periodo de estudio fue distinta entre los meses de estudio (enero-diciembre) ($\chi^2_{12,7} = 748,9$, $P <$

Tabla 1. Número de especímenes y estado de madurez sexual de *Dosidicus gigas* en Chile centro-sur por sexo y mes / Number of specimens and sexual maturity stages of *Dosidicus gigas* off south-central Chile by sex and month

	Machos			Hembras			
	Estado I	Estado II	Estado III	Estado I	Estado II	Estado III	Estado IV
Enero	51				92	5	
Febrero	24				41		
Marzo	63		7		82	2	
Abril	1	42	32		51		
Mayo		19	68		50	2	
Junio	26	7	24	33	25		
Julio	16	3	13	11	13		
Agosto	23	20	18	10	43		
Septiembre	20	23	29	3	81		
Octubre	45	10	1	10	42	1	2
Noviembre	50	8			42		
Diciembre	12	9			19		

0,001) encontrándose una mayor proporción de machos maduros con espermátforos (estado III) durante los 12 meses de estudio con respecto a las hembras (Tabla 1, Fig. 4a). Durante estos 12 meses sólo se registraron 2 hembras en estado maduro (estado IV) en octubre (Tabla 1, Fig. 4b) y ningún ejemplar presentó signos de desove. A pesar de que la mayoría de los calamares se encontraron en estados tempranos de maduración, está fue independiente de la longitud del manto (Fig. 4).

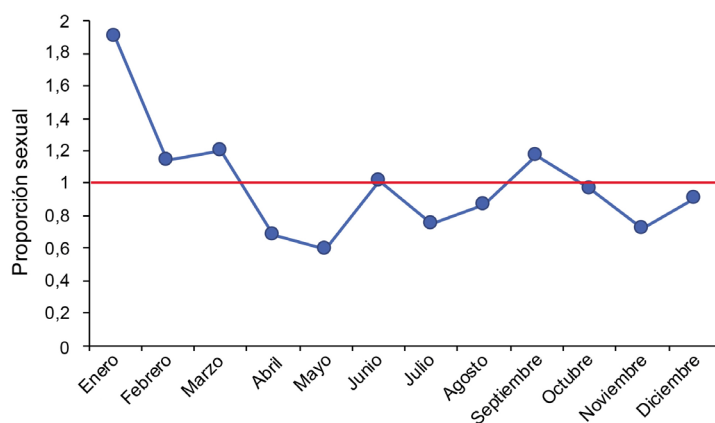


Figura 2. Proporción sexual de *Dosidicus gigas* en Chile centro-sur. La línea roja representa la proporción 1:1 / Sexual proportion of *Dosidicus gigas* off south-central Chile. Red line represents 1:1 sex ratio

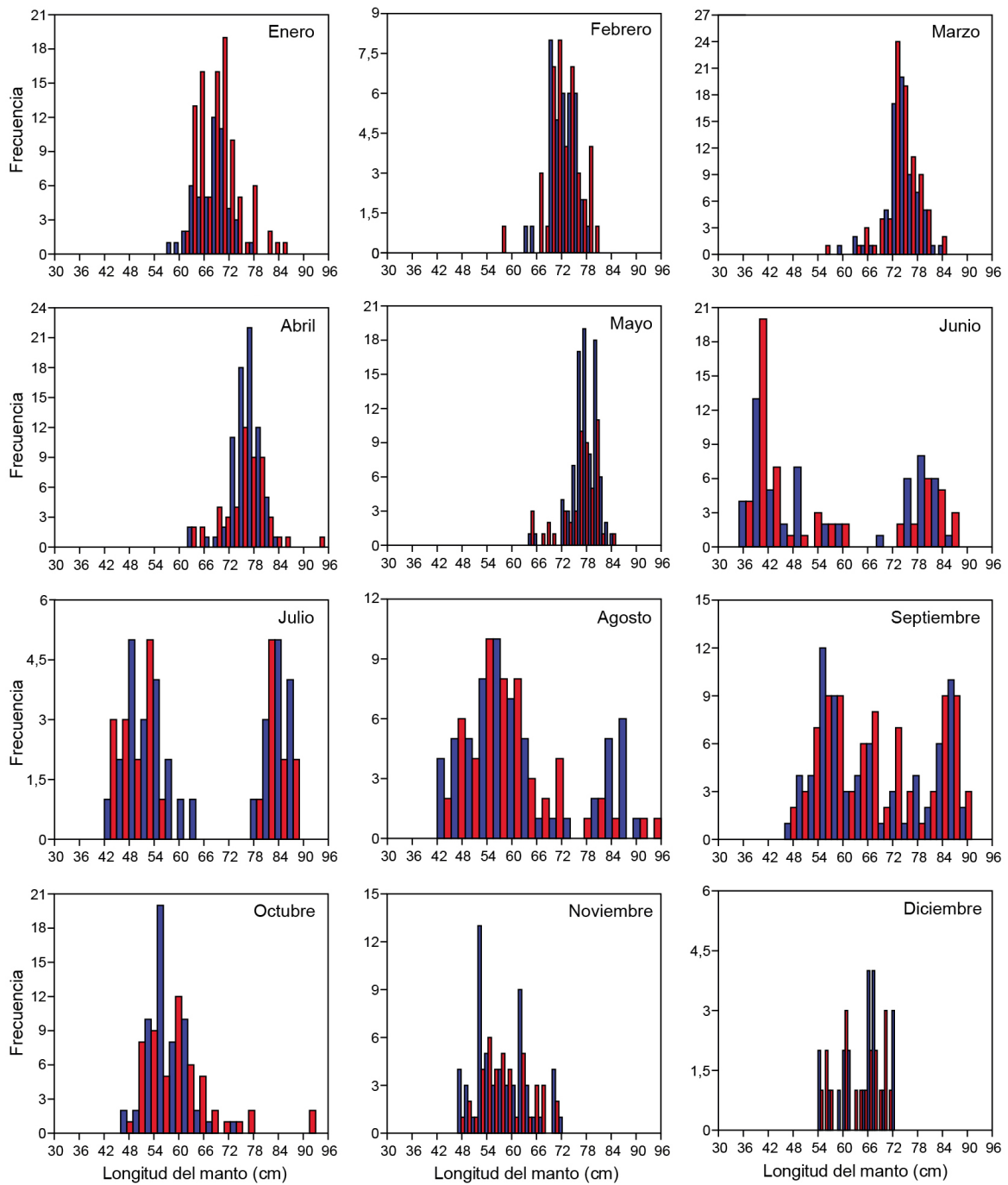


Figura 3. Histograma de frecuencia de la longitud del manto mensual de machos (barras azules) y hembras (barras rojas) de *Dosidicus gigas* en la zona costera del centro-sur de Chile / Frequency histogram of the mantle length of *Dosidicus gigas* males (blue bars) and females (red bars) in the coastal area of south-central Chile

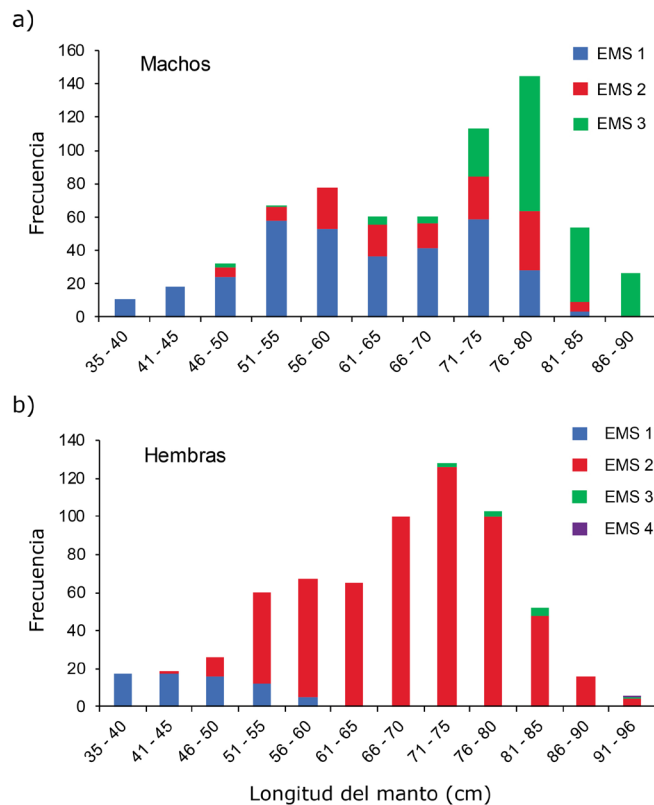


Figura 4. Relación entre el estado de madurez sexual (EMS) y la longitud del manto de *Dosidicus gigas* de Chile para machos (a) y hembras (b) / Relationship between sexual maturity stages (EMS) and mantle length (cm) of *Dosidicus gigas* from Chile for males (a) and females (b)

Los valores del IGS fueron muy bajos tanto en machos como en hembras durante todo el 2014 ($<0,5$; promedio machos= 0,30; promedio hembras= 0,20; Fig. 5). Se observó que los meses con mayor IGS en hembras fueron abril (promedio=0,24; entre 0,12-0,51) y mayo (promedio= 0,24; entre 0,11-0,44), y el mes con menor IGS fue julio (promedio= 0,11; entre 0,15-0,36) (Fig. 5). En mayo se presentó el mayor IGS en machos (promedio= 0,46; entre 0,22-0,76) (Fig. 5). El menor IGS se presentó durante octubre (promedio= 0,09; entre 0,02-0,95) (Fig. 4). Al comparar los valores del IGS a lo largo del año y entre los sexos se encontraron diferencias significativas para ambos factores y su interacción (Sexo $F_{1,1299} = 125,75$, $P < 0,001$) (Mes $F_{11,1299} = 29,61$, $P < 0,001$) (Sexo/Mes $F_{11,1299} = 8,47$, $P < 0,001$).

DISCUSIÓN

En este estudio se confirma que los individuos del calamar *Dosidicus gigas* no se reproducen cerca de la costa en Chile centro-sur en base a la proporción sexual, estructura de tamaños, estados de madurez sexual y los índices gonadosomáticos.

La estructura de longitud del manto mostró una amplia variación durante el 2014 y fue similar entre sexos, concordante a lo encontrado en la misma zona en años previos (Chong *et al.* 2005, Ibáñez & Cubillos 2007). Esta distribución unimodal en verano-invierno y bimodal en primavera-verano se ha relacionado con el patrón migratorio costero-oceánico frente a Chile (Nesis 1970, Ibáñez & Cubillos 2007) y la existencia de al menos dos cohortes por año en la zona costera (Zúñiga *et al.* 2008). En efecto, la moda más pequeña en las capturas comerciales sería un indicador del reclutamiento a la pesquería de ejemplares pequeños de *D. gigas*, sumándose a los ejemplares más grandes.

Se encontró una baja variación de la proporción sexual de *D. gigas* en algunos meses (0,6-1,2), a excepción durante enero cuando fue sesgada (1,9) a las hembras (Tabla 1, Fig. 2). Generalmente la proporción sexual reportada de *D. gigas* está sesgada hacia las hembras (Markaida *et al.* 2004, Bazzino *et al.* 2007, Tafur *et al.* 2010), ya que se ha registrado en general en los calamares, que pocos machos se aparean con muchas hembras (Hanlon & Messenger 1996).

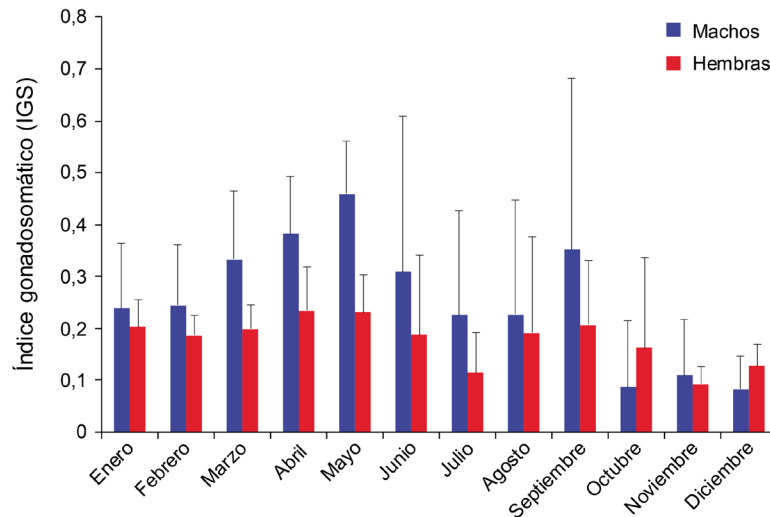


Figura 5. Valores promedio en el índice gonadosomático (IGS) de *Dosidicus gigas* en Chile, durante enero a diciembre 2014. Las barras son desviaciones estándar / Mean of gonadosomatic index (IGS) of *Dosidicus gigas* from south-central Chile, during January to December 2014. Bars are standard deviation

El hecho de encontrar una proporción sexual cercana a 1:1 o sesgada a los machos (<1) en el lugar de estudio sugiere que este hábitat no correspondería a una zona de apareamiento (Markaida & Sosa-Nishizaki 2001, Bazzino *et al.* 2007). Cuando comienza la temporada reproductiva de los calamares en general hay más machos que hembras, lo cual va cambiando durante la estación reproductiva sesgándose a las hembras (Boyle & Rodhouse 2005). Además, de todos los individuos examinados una importante proporción de hembras estaba en proceso de maduración, mientras que hembras maduras sólo se registraron dos ejemplares (Tabla 1, Fig. 4b). Esta condición sugiere que *D. gigas* desovaría fuera del área de estudio, seguramente en aguas oceánicas, donde se han reportado paralarvas frente a Chile entre 150 a 1.400 km de la costa (Ibáñez *et al.* 2015), mientras que los individuos recolectados en este estudio fueron obtenidos exclusivamente en zonas costeras (<30 km). Las paralarvas de jibia cerca de la costa de Chile solo se han registrado en el norte, específicamente frente a Antofagasta durante la primavera de 1968 (Nesis 1970). Contrariamente se ha registrado la presencia de paralarvas de *D. gigas* cercanas a la costa en Perú (Ayón 2018). Esta diferencia espacial en la zona de desove podría relacionarse con la temperatura superficial del mar en ambas regiones. En Chile la TSM en la zona de estudio durante el 2014 fluctuó entre 12,1 y 15,5 °C (SHOA)¹, mientras que frente a Perú las paralarvas son más abundantes entre 18 y 26 °C (Ayón 2018).

A pesar de los bajos valores del IGS, la condición reproductiva presentó una variación temporal, con menores valores en hembras que en machos durante el estudio, donde solo en octubre se obtuvo un valor más alto en hembras que en machos (Fig. 4). En ambos sexos los valores máximos del IGS se registraron en mayo y septiembre, lo que podría sugerir que estos calamares migrarían durante otoño y primavera hacia aguas oceánicas para completar su maduración y desovar, como se ha propuesto anteriormente (Nesis 1970, Ibáñez & Cubillos 2007, Ibáñez *et al.* 2015). Durante 1993 y 2003, los calamares registraron valores del IGS mayores durante los meses de primavera (Cubillos *et al.* 2004, González & Chong 2006). Estos resultados son concordantes con las épocas de reproducción de la jibia en Chile (Ibáñez *et al.* 2015).

Clarke & Paliza (2000) sugieren que durante el año en Perú y Chile se presentan dos máximos en la condición somática-reproductiva de la jibia, esto es en abril y noviembre. Esta estacionalidad se debe a que las hembras maduras poseen un mayor peso y ovocitos hidratados listos para desovar, y los machos maduros presentan el saco de Needham repleto de espermatóforos (Clarke & Paliza 2000). Esto apoya los hallazgos previos que sugieren que el desove ocurre durante todo el año con máximos en primavera y verano (González & Chong 2006, Ibáñez *et al.* 2015). Sin embargo, los resultados de este estudio no pueden demostrar lo antes mencionado, ya que los valores de IGS fueron muy bajos.

¹Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, Valparaíso. <<http://www.shoa.cl/php/tsm.php>>

En estudios futuros se sugiere muestrear la zona oceánica para corroborar la hipótesis de Ibáñez *et al.* (2015), que postula que el desove de la jibia *D. gigas* se realiza en esa área, y realizar histología. Además, se deberían estudiar las variaciones oceanográficas en las zonas de estudio para poder relacionarlas con el crecimiento y maduración de *D. gigas* en el Pacífico oriental.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Fondo de Investigación Pesquera y de Acuicultura (FIPA) de Chile, pues este trabajo fue financiado por el FIPA 2013-18 "Historia de vida y dinámica poblacional de jibia en aguas nacionales". Se agradece a Felipe Torres por la elaboración del mapa y comentarios al primer manuscrito.

LITERATURA CITADA

- Arkhipkin AI, PGK Rodhouse, GJ Pierce, W Sauer, M Sakai, L Allcock, J Arguelles, JR Bower, G Castillo, L Ceriola, CS Chen, X Chen, M Diaz-Santana, N Downey, AF González, J Granados-Amores, CP Green, A Guerra, LC Hendrickson, CM Ibáñez, K Ito, P Jereb, Y Kato, ON Katugin, M Kawano, H Kidokoro, VV Kulik, VV Laptikhovskiy, MR Lipiński, B Liu, L Mariátegui, W Marin, A Medina, K Miki, K Miyahara, N Moltschanivskiy, H Moustahfid, J Nabhitabhata, N Nanjo, CM Nigmatullin, T Ohtani, G Pecl, JAA Perez, U Piatkowski, PJ Saikliang, CA Salinas-Zavala, M Steer, Y Tian, Y Ueta, D Vijai, T Wakabayashi, T Yamaguchi, C Yamashiro, N Yamashita & LD Zeidberg. 2015. World squid fisheries. *Reviews in Fisheries Science & Aquaculture* 23: 92-252.
- Ayón P. 2018. Variabilidad espacial y temporal de paralarvas de cefalópodos (1980-2014) en el mar peruano. *Boletín, Instituto del Mar del Perú* 33(2): 253-265.
- Bazzino G, CA Salinas-Zavala & U Markaida. 2007. Variabilidad en la estructura poblacional del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Santa Rosalía, región central del Golfo de California. *Ciencias Marinas* 33(2): 173-186.
- Boyle P & P Rodhouse. 2005. *Cephalopods: ecology and fisheries*, 464 pp. John Wiley & Sons, Hoboken.
- Chong J, C Oyarzún, R Galleguillos, E Tarifeño, R Sepúlveda & C Ibáñez. 2005. Parámetros biológico-pesqueros de la jibia, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae), frente a la costa de Chile central (29°S-40°S) durante 1993-1994. *Gayana* 69(2): 319-328.
- Clarke R & O Paliza. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). [El calamar de la corriente de Humboldt *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835)]. *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35(1): 1-39.
- Cubillos L, C Ibáñez, C González & A Sepúlveda. 2004. Pesca de jibia (*Dosidicus gigas*) con red de cerco entre la V y X Regiones, año 2003. Informe Final, Pesca de Investigación, Instituto de Investigación Pesquera, Talcahuano, 48 pp.
- DeVlaming V, G Grossman & F Chapman. 1982. On the use of the gonadosomatic index. *Comparative Biochemistry & Physiology A* 73: 31-39.
- González P & J Chong. 2006. Biología reproductiva de *Dosidicus gigas* D'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. *Gayana* 70(2): 237-244.
- Hanlon RT & JB Messenger. 1996. *Cephalopod behavior*, 232 pp. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ibáñez CM & LA Cubillos. 2007. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-south Chile. *Scientia Marina* 71: 123-128.
- Ibáñez CM & P Ulloa. 2014. Desarrollo de la pesquería y comercialización del calamar *Dosidicus gigas* en Chile. *Amici Molluscarum* 22: 7-14.
- Ibáñez CM, RD Sepúlveda, P Ulloa, F Keyl & MC Pardo-Gandarillas. 2015. The biology and ecology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) in Chilean waters: a review. *Latin American Journal of Aquatic Research* 43(3): 402-414.
- Lipiński MR & LG Underhill. 1995. Sexual maturation in squid: quantum or continuum? *South African Journal of Marine Science* 15: 207-223.
- Markaida U & O Sosa-Nishizaki. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fisheries Research* 54(1): 63-82.
- Markaida U, C Quiñónez-Velázquez & O Sosa-Nishizaki. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Fisheries Research* 66(1): 31-47.
- Nesis KN. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. *Oceanology* 10: 108-118.
- Nigmatullin CM & U Markaida. 2009. Oocyte development, fecundity and spawning strategy of large sized jumbo squid *Dosidicus gigas* (Oegopsida: Ommastrephinae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 89(4): 789-801.
- Nigmatullin CM, KN Nesis & AI Arkhipkin. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research* 54(1): 9-19.
- Rocha F, A Guerra & AF González. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biological Review* 76: 291-304.
- R Core Team. 2018. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. <<http://www.R-project.org/>>
- Rodhouse PG, C Yamashiro & J Arguelles. 2016. Jumbo squid in the eastern Pacific Ocean: a quarter century of challenges and change. *Fisheries Research* 173(2): 109-112.
- Tafur R & M Rabí. 1997. Reproduction of the jumbo squid, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coast. *Scientia Marina* 61 (Supl.2): 33-37.
- Tafur R, P Villegas, M Rabí & C Yamashiro. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research* 54: 33-50.

Tafur R, F Keyl & J Argüelles. 2010. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in relation to environmental variability of the northern Humboldt Current System. Marine Ecology Progress Series 400: 127-141.

Tafur R, A Perea & B Buitrón. 2018. Aspectos reproductivos del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el mar peruano. Boletín, Instituto del Mar del Perú 33(2): 119-136.

Zúñiga MJ, LA Cubillos & CM Ibáñez. 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catch of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the Chilean coast (2002-2005). Ciencias Marinas 34: 91-99.

Recibido el 14 de junio de 2018 y aceptado el 20 de diciembre de 2018

Editor: Claudia Bustos D.