BIOLOGIA REPRODUCTIVA DE *DOSIDICUS GIGAS* D'ORBIGNY 1835
(CEPHALOPODA, OMMASTREPHIDAE) EN LA ZONA
NORTE-CENTRO DE CHILE

REPRODUCTIVE BIOLOGY OF DOSIDICUS GIGAS D'ORBIGNY 1835
(*CEPHALOPODA, OMMASTREPHIDAE*) OFF
NORTH-CENTRAL CHILE

Paola González^{1,2} & Javier Chong¹

¹Universidad Católica de la Santísima Concepción, Casilla 297, Concepción, Chile.

²Programa de Doctorado en Ciencias Biológicas Area Zoología, Universidad de Concepción,
Casilla 160-C, Concepción, Chile. Email: paogonza@udec.cl

RESUMEN

El presente trabajo estudia la biología reproductiva de la jibia o calamar gigante, *Dosidicus gigas* frente a la costa de Chile central capturados en julio-agosto (invierno) y octubre-noviembre (primavera) de 1993. En 254 hembras (93 de invierno y 161 de primavera) se analizó el estado de madurez microscópico, determinándose un predominio de hembras en maduración, y en menor porcentaje a punto de desovar. El índice gonadosomático (IGS) y el índice del peso del complejo oviductual (IPCO) indicaron que las hembras estaban en un proceso de maduración gonádica. En hembras, el IGS y el IPCO muestran diferencias significativas en los valores promedio entre invierno y primavera ($p=0,000$ y $p=0,002$, respectivamente). Sólo para el IPCO de invierno existió una relación lineal con la longitud dorsal del manto ($p=0,009$, $r^2=0,067$). En aguas chilenas la presencia de hembras maduras de *D. gigas* abarcaría gran parte del año, alcanzando los ejemplares de invierno una mayor talla de madurez sexual.

PALABRAS CLAVES: Jibia, *Dosidicus gigas*, reproducción, Chile.

ABSTRACT

The present study examines the reproductive biology of the giant squid, *Dosidicus gigas* collected off the coast of north-central Chile from July-August (winter) to October-November (spring) of 1993. In 254 females (93 in winter and 161 in spring) the microscopic stage of maturity was analyzed, being determined a prevalence of females in maturation, and in smaller percentage near the spawning. The Gonadosomatic Index (IGS) and the Index of the Weight of the Oviductual Complex (IPCO) indicated females were in process of gonadic maturation. Seasonal significant differences for IGS and IPCO were found between winter and spring ($p=0,000$ and $p=0,002$, respectively). Only winter IPCO showed a lineal relationship with the mantle dorsal length ($p=0,009$, $r^2=0,067$). In Chilean waters mature females of *D. gigas* were found the major part of the year, but the winter individuals had bigger size of sexual maturity.

KEYWORDS: Squid, *Dosidicus gigas*, reproduction, Chile.

INTRODUCCION

La jibia, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) es uno de los cefalópodos de mayor talla conocido y una de las jibias más abundantes en ambientes pelágicos (Roper *et al.* 1984). Esta especie es endémica del Pacífico sureste, distribuyéndose entre los 37-40°N y 45-47°S llegando incluso a los 52° S y entre los 125 y 140° W (Nesis 1970, Benites & Valdivieso 1986, Tafur *et al.* 2001). En Chile las capturas de *D. gigas* han presentado tanto períodos de escasez como de abundancia. Estas capturas principalmente en las costas de la zona norte y central del país (Fernández & Vásquez 1995, SERNAP 2002).

D. gigas sería una especie monocíclica y jibias individuales tendrían solamente una estación reproductiva durante su vida (Nigmatullin *et al.* 2001). La reproducción ocurre durante todo el año con máximos durante primavera y verano (octubre- enero) en el hemisferio sur, teniendo lugar el desove tanto en la pendiente continental como en áreas oceánicas adyacentes. Determinaciones sobre la estación de desove en esta especie han sido difícil de definir, debido principalmente a diferencias en las metodologías aplicadas (Markaida & Sosa-Nishizaki 2001) así como a la talla de los ejemplares utilizados.

En el Golfo de California se han determinado grupos modales en los cuales los porcentajes de hembras maduras varían considerablemente, alcanzando las hembras la primera madurez sexual entre los 34 y 40 cm de longitud de manto (LM) (Erhardt *et al.* 1983) y es frecuente encontrar más hembras que machos (Rubio & Salazar 1992). Se ha señalado que para las aguas de las regiones costeras de Perú y Chile existe un grupo modal de individuos grandes los cuales madurarían tardíamente en relación a las poblaciones que habitan la Corriente de California (grupo modal pequeño) y la Corriente del Perú (Grupo modal intermedio) (Nesis 1970, Tafur *et al.* 2001) alcanzando las hembras su primera madurez sexual alrededor de los 36 y 37 cm LM (Nesis 1970). El presente trabajo tiene por objetivo determinar aspectos de la biología reproductiva en ejemplares de *D. gigas* presentes en aguas del norte-centro de Chile.

MATERIALES Y METODOS

Un total de 334 ejemplares de *D. gigas* fueron recolectados desde cruceros de investigación en la zona norte (29° 00' -32° 30' S) y central de Chile (32° 30' -36° 00' S), entre julio y noviembre de 1993. La pesca de las jibias fue mediante el sistema de pesca por jiggins, específicas para esta especie. Muestras mensuales fueron agrupadas de acuerdo a dos cruceros principales de captura: desde julio - agosto (invierno, n= 107) y desde octubre - noviembre (primavera, n=227). Las jibias fueron sexadas y medidas en la longitud dorsal del manto (LDM, cm), se registró el peso total del cuerpo (PT, g) y gónadas (PG, g), sin sus órganos sexuales secundarios.

La madurez fue determinada mediante análisis histológico de las gónadas en 93 y 161 hembras de invierno y primavera, respectivamente, así como en 19 machos capturados en primavera. La madurez fue determinada según la descripción del desarrollo microscópico de Michael *et al.* (1986) y la escala de cinco estados (estado I: inmaduro, estado II: inmaduro avanzado, estado III: en maduración, estado IV: maduro y estado V: a punto de desovar) descrita para el cefalópodo *Loligo vulgaris reynaudii* D'Orbigny (Sauer & Lipinski 1990).

En 99 y 89 hembras de invierno y primavera, respectivamente, se registró el peso del ovario (PO) y el peso del oviducto (PCO). Los índices de madurez como el Índice Gonadosomático (IGS) y el Índice Peso Complejo Oviductal (IPCO) fueron calculados como: $IGS = PO / (PT - PO) \cdot 100$ e $IPCO = PCO / (PT - PCO) \cdot 100$. Mediante el test de Mann-Whitney se determinaron diferencias significativas en los valores promedio para el IGS y el IPCO para cada período de estudio y sus respectivas relaciones lineales en función de la longitud del manto con un nivel de significancia del 0,05

RESULTADOS

De las 334 jibias, 264 (79,04%) correspondieron a hembras y 70 (20,96%) a machos. La proporción sexual para el total de la muestra analizada fue de 3,8:1, lo que indicó una preponderancia de las hembras. En ambas estaciones la proporción sexual se mantuvo a favor de las hembras, con valores de 12,4:1 y 2,5:1, en invierno y primavera, respectivamente (Tabla I).

TABLA I. Número (n), porcentaje (%) y rango de longitud dorsal manto (LDM, cm) de machos y hembras de *D. gigas* capturados en invierno y primavera.

TABLE I. Number, percentage (%) and mantle dorsal length range (LDM, cm) in female and male of *D. gigas* caught in winter and spring.

HEMBRAS				MACHOS		
Estaciones	Porcentaje	Rango LDM	n	Porcentaje	Rango LDM	n
Invierno	92,52	41 - 97,5	99	7,48	81,5 - 98	8
Primavera	72,37	27,3 - 55,8	165	27,19	44,3 - 51,1	62

Las jibias capturadas en invierno (n=107) presentaron dos rangos de tallas, uno principal que fluctuó entre 72 y 97,5 cm de LDM, correspondiendo al 96,3 % de los individuos y un grupo de tallas secundario entre 41 y 46 cm de LDM que sólo representó al 3,7 % de los individuos. La LDM promedio para hembras fue de 87,15 cm ($\pm 9,97$ d.e.) y para machos de 88,31 cm ($\pm 5,52$ d.e.). El peso total de las jibias varió entre 2,20 kg y 38,00 kg, con un promedio de 26,14 kg ($\pm 6,413$ d.e.) en hembras y de 25,38 kg ($\pm 4,470$ d.e.) en machos.

En tanto, las jibias de primavera (n=227) presentaron una estructura de talla unimodal que fluctuó entre los 27,3 cm y 55,8 cm de LDM. Las hembras presentaron un rango de LDM entre 27,3 cm y 55,8 cm con un promedio de 47,62 cm ($\pm 3,15$ d.e.) y los machos entre los 44,3 y 51,1 cm de LDM con un 47,59 cm de promedio ($\pm 1,36$ d.e.). El peso de los ejemplares varió entre 0,50 kg y 6,79 kg con un promedio de 3,342 kg ($\pm 0,607$ d.e.) en hembras y de 3,132 kg ($\pm 0,358$ d.e.) en machos.

MADUREZ GONÁDICA

En hembras capturadas en invierno y primavera, se determinó la presencia de diferentes etapas de desarrollo de ovocitos en un mismo ovario, lo que indicaría la permanente madurez de la especie durante el año. Se determinaron cinco estados de madurez gonádica en hembras de *D. gigas* a nivel microscópico de la siguiente forma: El estado I se caracteriza por presentar ovocitos primarios con un citoplasma basófilo y un gran núcleo esférico definido con dos nucleolos siendo uno de mayor tamaño. Los ovocitos presentan diámetros máximos de 51 a 90 μm y el núcleo entre 30 y 56 μm (Fig. 1a). En el Estado II los ovocitos em-

piezan a presentar a su alrededor una corona irregular de células foliculares planas, la que empieza a proliferar en la superficie del ovocito. Esta corona folicular de una forma irregular pasa a conformarse por células cuboidales que miden entre 7-8 μm y llega a cubrir la periferia del ovocito. Los ovocitos poseen diámetros entre 100 y 200 μm y su núcleo entre 51-97 μm . En el Estado III la capa folicular formada por células cuboidales que cubre al ovocito se engrosa alrededor de éste y se desarrollan interdigitaciones que penetran en el citoplasma y al final de la fase las células foliculares adquieren una forma columnar. Los ovocitos presentan diámetros máximos 270 a 330 μm y el núcleo entre 64 y 102 μm . No se observan nucleolos. El Estado IV se inicia con la formación de un sincicio de la capa folicular y empiezan a observarse los primeros gránulos de vitelo. Cuando el ovocito ha alcanzado su desarrollo máximo se forma el corion (Fig. 1b). El núcleo se encuentra desplazado hacia un extremo del ovocito y alcanza diámetros entre 110 y 130 μm . El ovocito mide entre 300 y 600 μm . A la vez por formación del vitelo la capa folicular del sincicio es desplazada hacia la periferia. Finalmente, en el Estado V el ovocito alcanza su máximo desarrollo con diámetros entre 550 y 880 μm y se produce la degeneración final del sincicio folicular, con lo que el ovocito está listo para la ovulación (Fig. 1c). El examen histológico de los machos reveló una uniformidad de los estados de madurez en un mismo testículo. A diferencia de las hembras se presenta uno o dos estados de desarrollo gonádico al mismo tiempo. La presencia de las distintas fases de la espermatogénesis permitió caracterizar los estadios de madurez microscópica para la

jibia de la siguiente forma: El estado I se caracteriza por presentar túbulos seminíferos no muy diferenciados o poco desarrollados, diámetros de 25 a 38 μm y espermatocitos primarios. El estado II presenta un mayor desarrollo de los túbulos seminíferos (diámetros entre 70 y 115 μm), donde se observan espermatocitos secundarios con cierta separación celular. El estado III se caracteriza

por presentar túbulos de mayor diámetro (140 y 200 μm), una mayor diferenciación celular y se distinguen mayoritariamente espermátidas. El estado IV se caracterizó por la presencia de túbulos seminíferos con diámetros máximos de 450 a 550 μm , por un gran desarrollo de las espermátidas y la presencia de espermios en el lumen de los túbulos (Fig. 1d).

FIGURA 1. Estados microscópicos de desarrollo: a) ovario en estado I, ovocitos primario (OP) b) ovario en estado IV, epitelio folicular es desplazado hacia la periferia del ovocito por el vitelo (V), c) ovario en estado V, ovocito maduro degeneración de la capa folicular y d) testículo en estado IV, con espermátidas y espermatozoides (EZ).

FIGURE 1. Microscopic stages of development: a) ovary stage I, primary ovocytes (OP) b) ovary stage IV, follicular epithelium are displaced towards the periphery of the oocyte by the yolk (V) c) ovary stage V, mature oocyte, degeneration of follicular folds and d) testis state IV, with spermatids and spermatozooids (EZ).

ESTADOS DE MADUREZ

El análisis de los estados de madurez microscópicos mostró que las hembras capturadas en invierno un 40,86 % correspondían a individuos inmaduros avanzados o inicio de la maduración, y un 41,94% a individuos en maduración. Sólo un 10,75 % de

las hembras presentaron un estado de desarrollo ovárico maduro y un 2,15% a punto del desove (Tabla II). En tanto, el 45,65 % de las hembras capturadas en primavera estaban inmaduras y un 47,10% iniciando la maduración. Los estados de madurez más avanzados se presentaron con porcentajes menores al 4% (Tabla II).

TABLA II. Porcentaje de los estados de madurez microscópicos (EMi) y longitud dorsal del manto (LDM) en hembras y machos de *D. gigas*.

TABLE II. Percentage of the microscopic stages of maturity (EMi) and mantle dorsal length (LDM) in females and male of *D. gigas*.

EMI	Invierno		Primavera			
	Hembras	LDM	Hembras	LDM	Machos	LDM
I	4,30	43,38 (2,02)	45,65	46,97 (3,26)	5,26	49,2
II	40,86	86,96 (4,46)	47,10	48,03 (3,35)	84,21	47,76 (1,22)
III	41,94	89,86 (3,81)	2,17	48,77 (1,56)	5,26	48,3
IV	10,75	91,65 (3,55)	3,62	50,22 (3,37)	5,26	49,3
V	2,15	89,25 (2,47)	1,45	50,15 (4,03)		

En machos de primavera el 84,21% estaban en un estado de maduración inicial, siendo de un 5% la representatividad de los demás estados de maduración testicular (Tabla II). En invierno sólo se analizaron dos machos, los cuales presentaron un estado de madurez testicular maduro.

INDICES DE MADUREZ

Los índices de madurez, el Índice Gonadosomático (IGS) y el Índice Peso Complejo Oviductal (IPCO) muestran un aumento con los estados de madurez histológicos. En hembras de invierno el IGS varió entre 0,207 y 0,853, correspondiendo el valor mayor a hembras a punto de desovar. El IGS de hem-

bras del primavera varió entre 0,133 y 0,482, valores que también muestran una tendencia a aumentar con el estado de madurez (Tabla III). Existen diferencias significativas con los valores promedio de IGS de invierno y primavera ($p < 0,000$). En tanto, el IPCO promedio de hembras de invierno alcanza su valor máximo en individuos a punto de desovar (0,20), siendo para los otros estados de madurez menores a 0,10, indicando un estado inmaduro de las estructuras oviductales (Tabla III). Por su parte, las hembras de primavera presentan valores entre 0,08 y 0,16, observándose un aumento con los estados de madurez (Tabla III). También existen diferencias significativas entre los valores promedios de IPCO de invierno y primavera ($p = 0,002$).

TABLA III. Promedio del Índice Gonadosomático (IGS) y del Índice Peso Complejo Oviductal (IPCO) para diferentes estados de madurez microscópicos (EMi) en hembras de *D. gigas*.

TABLE III. Mean of Gonadosomatic index (IGS) and Oviductal Complex Weight Index (IPCO) and number (n) for microscopic maturity stages (EMi) determined in females of *D. gigas*.

EMI	Invierno			Primavera		
	IGS	IPCO	n	IGS	IPCO	n
I	0,207 (0,09)	0,01 (0,02)	4	0,133(0,05)	0,08 (0,03)	42
II	0,234 (0,06)	0,06 (0,06)	38	0,145(0,05)	0,08 (0,02)	45
III	0,302 (0,07)	0,08 (0,05)	39	0,230	0,12	1
IV	0,327 (0,16)	0,09 (0,05)	10	0,482	0,16	1
V	0,853 (0,07)	0,2 (0,29)	2			

Las variaciones del IGS en relación con la longitud dorsal del manto (LDM) no muestra diferencias significativas para hembras capturadas en invierno ($p=0,10$) y primavera ($p=0,07$) (Fig. 2a). El IPCO de hembras capturadas en invierno muestra diferen-

cias significativas con la LDM ($p=0,009$), aunque con un coeficiente de determinación bajo ($r^2=0,067$); en tanto, las hembras capturadas en primavera no muestran diferencias significativa entre el IPCO y la LDM ($p=0,135$) (Fig. 2b).

FIGURA 2. Relación entre a) el Índice Gonadosomático (IGS) y b) el Índice Peso Conducto Oviductual (IPCO) con la longitud dorsal del manto (LDM) en hembras de *D. gigas* capturadas en invierno y primavera.

FIGURE 2. Relationship between a) Gonadosomatic Index (IGS) and b) Oviductal Complex Weight Index (IPCO) with mantle dorsal length (LDM) for females *D. gigas* caught in winter and spring.

DISCUSION

Este estudio indica que las jibias capturadas durante invierno y primavera estaban en un proceso de maduración gonádica, debido a alto porcentaje de hembras en estado de inicio de la maduración y en maduración (Tabla II). Esto concordaría para lo señalado que en esta especie la reproducción abarcaría todo el año, con máximos en primavera y verano para el hemisferio sur (Nesis 1970, Nigmatullin *et al.* 2001). Esto es corroborado por el análisis microscópico, el cual entrega evidencias que *D. gigas* desova durante invierno en aguas chilenas, aunque en baja frecuencia, debido a la presencia de hembras a punto de desovar (Tabla II). En aguas peruanas se ha determinado que *D. gigas* presenta una estación de desove principal entre octubre y enero y un máximo secundario entre julio y agosto (Tafur *et al.* 2001). Rubio & Salazar (1992) señalan para los meses de noviembre-diciembre frente a Perú la presencia de hembras en todos los estados de madurez, siendo el estado maduro el de mayor representación, pero con un alto porcentaje de estados inmaduros y en preparación; en tanto Benites & Valdivieso (1986) encuentran hembras en madurez avanzada en abril para la misma zona de pesca. Para aguas chilenas, Leiva *et al.* (1993) señalan la predominancia de estados maduros y madurez avanzada en hembras y los machos siempre maduros durante octubre-noviembre por fuera de las 200 mn y entre los 22° 00' y 34° 00'S. Para la misma zona de estudio, aunque no predominan los estados maduros, se hace evidente por el Índice Gonadosomático (IGS) y el Índice del Peso Complejo Oviductal (IPCO) que las hembras estaban en un proceso de maduración gonádica, lo que queda de manifiesto al observar el aumento de estos índices con los estados de madurez y por la presencia de machos maduros (Tabla II).

En el presente estudio las jibias presentaron dos modas de tallas, siendo las de menor tamaño (rango: 27-55 LMD) las capturadas en primavera y de mayor talla (rango: 72-97 LMD) las capturadas en invierno. De acuerdo a Tafur *et al.* (2001) *D. gigas* en aguas peruanas tendría una talla de primera madurez sexual alrededor de 240-320 mm de longitud del manto, por lo que los ejemplares analizados debieran estar por sobre la talla de primera madurez. Según Erhardt *et al.* (1983) la talla de primera madurez sexual en esta especie es dependiente de la

disponibilidad de alimento y temperatura, pero en un rango de 34 a 40 cm longitud manto (LM) en hembras y de 18 a 25 cm LM en machos. Nesis (1970), por su parte, señala que todos los machos son maduros por sobre los 30 cm y las hembras por sobre los 40 cm LM.

Las concentraciones poblacionales de *D. gigas* en Chile han estado asociadas a zonas de surgencia y áreas de alta productividad (Fernández & Vásquez 1995). Estas áreas están bajo la influencia de aguas frías, por lo cual los individuos retrasarían su talla de primera madurez sexual por temperaturas bajas, implicando una mayor talla de madurez sexual (Nesis 1970), lo que se estaría reflejando en el presente estudio, con una predominancia de gónadas en maduración en ejemplares de mayor tamaño. En octubre-noviembre individuos inmaduros alcanzaron tallas de 52 cm LM, lo que llevaría a postular que la jibia alcanzaría la primera madurez sexual a una mayor talla frente a la costa chilena. De los resultados obtenidos se desprende que los ejemplares de jibia capturados en julio-agosto (invierno) y en octubre-noviembre (primavera) constituirían dos grupos o cohortes diferentes, debido a la gran diferencia de tamaño entre ellas; este hecho, indicaría la existencia frente a la costa de Chile de una población única que presentaría múltiples cohortes, como ocurre para poblaciones del Golfo de California (Erhardt *et al.* 1983).

BIBLIOGRAFIA

- BENITES, C. & V. VALDIVIESO. 1986. Resultados de la pesca exploratoria de 1979/80 desembarque de cefalópodos pelágicos en el litoral peruano. Boletín Instituto del Mar del Perú 1(5): 105-139.
- ERHARDT, N., P. S. JACQUEMIN, F. GARCÍA, G. GONZÁLEZ, J. M. LÓPEZ, J. ORTIZ & A. SOLÍS. 1983. On the fishery and biology of the giant squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, México. In: Caddy, J. F. (ed.). Advances in assesment of world cephalopod resources. FAO Fisheries Technical Paper. 231: 452 pp.
- FERNÁNDEZ, F. & J. A. VÁSQUEZ. 1995. La jibia gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) en Chile: análisis de una pesquería efímera. Estudios Oceanológicos 14: 17-21.
- LEIVA, B., D. OLIVA & R. BAHAMONDES. 1993. Pesca de Investigación de Calamar en el Mar Territorial y Zona Económica Exclusiva de las Islas Oceánicas de Chile. Instituto de Fomento Pesquero, Chile. 55 pp.

- MARKAIDA, U. & O. SOSA-NISHIZAKI. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fisheries Research* 54: 63-82.
- MICHEL E, A. KLETT & R. OCHOA. 1986. Estudio preliminar para la determinación de madurez gonádica del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835). *Ciencia Pesquera*, Instituto Nacional de Pesca, México, 5: 77-89.
- NESIS, K. N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. *Okeanologia*, Wash.. 10(1): 215-231.
- NIGMATULLIN, CH. M., K. N. NESIS & A. I. ARKHIPKIN. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research* 54: 9-19.
- ROPER, C. F. E., M. J. SWEENEY & C.E. NAUEN. 1984. Cephalops of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO. *Fisheries Synopsis*, 125: 277 pp.
- RUBIO, J. & C. SALAZAR. 1992. Prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) a bordo del buque japonés "Shinko Maru 2". Informe Instituto del Mar del Perú-Collao, 103: 31 pp.
- SAUER, W. H. & M. R. LIPINSKI. 1990. Histological validation of morphological stages of sexual maturity in chokker squid *Loligo vulgaris reynaudii* D'Orb (Cephalopoda: Lologinidae). *South African of Journal Marine Science* 9: 189-200.
- SERNAP. 2002. Anuario Estadístico de Pesca. Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción. Servicio Nacional de Pesca. 190 pp.
- TAFUR, R., P. VILLEGAS, M. RABÍ & C. YAMASHIRO. 2001. Dynamics of maturation, seasonally of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research* 54: 33-50.

Fecha de recepción: 25.08.05

Fecha de aceptación: 08.05.06