

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 2



Julio - Diciembre 2018
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

EDAD Y CRECIMIENTO DE JUVENILES DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) EN EL OCÉANO PACÍFICO FRENTE A PERÚ, DURANTE EL VERANO 2007

AGE AND GROWTH OF JUVENILES OF THE JUMBO FLYING SQUID *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) IN THE PACIFIC OCEAN OFF PERU, DURING THE SUMMER 2007

Carlos Goicochea¹ Enrique Morales-Bojórquez²
Juan Argüelles¹ Miguel Araya³

RESUMEN

GOICOCHEA C, MORALES-BOJÓRQUEZ E, ARGÜELLES J, ARAYA M. 2018. Edad y crecimiento de juveniles del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el océano Pacífico frente a Perú, durante el verano 2007. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 160-166.- Se determinó la edad y crecimiento de juveniles del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) durante el verano 2007 mediante el análisis de anillos diarios en estatolitos. La muestra de 255 estatolitos fue obtenida durante el crucero de evaluación de recursos pelágicos a bordo del BIC Olaya. La longitud del manto LM (mm) de los ejemplares analizados varió entre 15 y 144 mm y el número de micro-incrementos observado varió entre 20 y 88. Las relaciones LM - Número de incrementos, Peso total PT - LM, y PT - Número de incrementos fueron significativas ajustándose a relaciones potenciales. Se estimó la tasa de crecimiento absoluta (TCA) (mm.día⁻¹) donde el promedio diario fue de 1,78 mm.día⁻¹, variando desde 0,82 mm.día⁻¹ para un calamar de 20 días hasta 2,35 mm.día⁻¹ para un ejemplar de 88 días. Se discuten los resultados en relación con otras investigaciones.

PALABRAS CLAVE: micro-incrementos, estatolitos, juveniles, *Dosidicus gigas*, Perú

ABSTRACT

GOICOCHEA C, MORALES-BOJÓRQUEZ E, ARGÜELLES J, ARAYA M. 2018. Age and growth of juveniles of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) in the Pacific Ocean off Peru, during the summer 2007. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 160-166.- The age and growth of juveniles of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) are determined during the austral summer of 2007 by the analysis of daily rings in statoliths. The sample of 255 statoliths was obtained during the pelagic resource assessment cruise aboard the R/V Olaya. The mantle length ML (mm) of the specimens analyzed varied between 15 and 144 mm. The number of daily increments ranged from 20 to 88 mm. The relationships ML - Number of micro-increments, Total weight TW (g) - ML, and TW - Number of increments were significant adjusting to potential relationships. The absolute growth rate (AGR) (mm.day⁻¹) was estimated giving a daily average of 1.78 mm.day⁻¹, and ranging from 0.82 mm.day⁻¹ for a 20-days-old individual to 2.35 mm.day⁻¹ for an 88-day-old specimen. The results are discussed in relation to other investigations.

KEYWORDS: micro-increments, statoliths, juveniles, *Dosidicus gigas*, Peru

1. INTRODUCCIÓN

Los incrementos diarios en los otolitos de los peces proporcionan información valiosa sobre las especies de peces explotadas (CAMPANA y NEILSON 1985, JONES 1986, STEVENSON y CAMPANA 1992). El descubrimiento de incrementos de carácter diario en los estatolitos llevó a la consiguiente proliferación de estudios de edad y crecimiento en muchas especies de calamares comerciales (RADTKE 1983, JACKSON 1994).

Las grandes ventajas de este método directo para estimar la edad son la posibilidad de calcular la longevidad y la fecha de nacimiento para cada individuo, pudiendo agrupar los individuos en generaciones reales y calcular la tasa de crecimiento para cada generación (ARKHIPKIN 1991, JACKSON 1994). Los estatolitos son estructuras fiables y precisas para

1. INTRODUCTION

Daily increases in fish otoliths provide valuable information on exploited fish species (CAMPANA & NEILSON 1985, JONES 1986, STEVENSON & CAMPANA 1992). The discovery of daily increments in statoliths led to the consequent proliferation of age and growth studies in many commercial squid species (RADTKE 1983, JACKSON 1994).

The great advantages of this direct method for estimating age are the possibility of calculating longevity and date of birth for each individual, being able to group them into real generations and calculate the growth rate for each generation (ARKHIPKIN 1991, JACKSON 1994). Statoliths are reliable and accurate structures for the determination of age and age composition of squid populations

1 Instituto del Mar del Perú. Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito-Callao.

2 Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste (CIBNOR) Instituto Politécnico Nacional 195 Col. Playa Palo de Santa Rita Sur. La Paz B. C. S. 23096, México

3 Universidad Arturo Prat Iquique - Chile. Arturo Prat Chacón 2120, Iquique, Primera Región de Tarapacá, Chile
Email: cgoicochea@imarpe.gob.pe

la determinación de la edad y la composición por edades de las poblaciones de calamares (VILLANUEVA 1992, ARKHIPKIN 1993, BIGELOW 1994, JACKSON 1994, GONZALES *et al.* 2000).

En muchos trabajos sobre la determinación de la edad y crecimiento en calamares se concluye que los calamares ommastrephidos viven menos o cerca de un año (RODHOUSE y HATFIELD 1990, JACKSON 1994) incluyendo los grandes calamares oceánicos de la familia Ommastrephidae tales como: *Ommastrephes bartrami* (YATSU *et al.* 1997), *Sthenoteuthis oualaniensis* (ARKHIPKIN y BIZIKOV 1991) y *Sthenoteuthis pteropus* (ARKHIPKIN y MIKHEEV 1992). Sin embargo, ARKHIPKIN *et al.* (2015) determinaron la edad en muestras de estatolitos obtenidas entre 1991 y 2011 concluyendo que los parámetros de temperatura del mar junto con otros factores ambientales son determinantes para que el animal tenga un ciclo de vida de 1 año con maduración temprana y tamaño pequeño, o de 1,5 a 2 años con maduración tardía y gran tamaño.

El primer trabajo sobre edad y crecimiento para calamar gigante a través de la observación de la microestructura del estatolito lo realizaron ARKHIPKIN y MURZOV (1986), analizando 113 especímenes del Pacífico sudeste entre 0,9 y 49,0 cm de LM. Posteriormente, MASUDA *et al.* (1998), ARGÜELLES *et al.* (2001), MARKAIDA *et al.* (2004), CHEN *et al.* (2011), LIU *et al.* (2013) y ARKHIPKIN *et al.* (2015) muestran que *D. gigas* es una especie de corta vida alcanzando una edad máxima de 1 año en la mayoría de ejemplares; sin embargo, los ejemplares de mayor tamaño sobrepasarían estas estimaciones. Estos estudios se realizaron especialmente sobre individuos de tamaño comercial, siendo escasa la información sobre la edad y crecimiento de ejemplares juveniles (<10 cm LM). Cabe señalar que esta especie presenta alta tasa de crecimiento, siendo la mayor entre los calamares de la familia Ommastrephidae (ARKHIPKIN 1989).

El objetivo de este estudio es determinar la edad y el crecimiento de juveniles del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú a partir del análisis de micro-incrementos en estatolitos.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

Entre febrero y abril 2007 se recolectaron 255 ejemplares de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835), durante el crucero de evaluación de recursos pelágicos a bordo del Barco de Investigación Científica (BIC) Olaya del Instituto del Mar del Perú. Los ejemplares fueron capturados usando una red pelágica de media agua; se les determinó la longitud del manto (LM) en milímetros (mm), el peso total PT en gramos (g) y se les extrajeron los estatolitos.

(VILLANUEVA 1992, ARKHIPKIN 1993, BIGELOW 1994, JACKSON 1994, GONZALES *et al.* 2000).

Many studies on the determination of age and growth in squids conclude that ommastrephids live less than or close to one year (RODHOUSE & HATFIELD 1990, JACKSON 1994) including large oceanic squid of the Ommastrephidae family such as: *Ommastrephes bartrami* (YATSU *et al.* 1997), *Sthenoteuthis oualaniensis* (ARKHIPKIN & BIZIKOV 1991) and *Sthenoteuthis pteropus* (ARKHIPKIN & MIKHEEV 1992). However, ARKHIPKIN *et al.* (2015) determined age in samples of statoliths obtained between 1991 and 2011, concluding that sea temperature parameters along with other environmental factors are determinant for the animal to have a life cycle of 1 year with early maturation and small size, or 1.5 to 2 years with late maturation and large size.

The first study on age and growth for the jumbo flying squid through observation of the microstructure of the statolith was conducted by ARKHIPKIN & MURZOV (1986), who analyzed 113 specimens from the Southeastern Pacific between 0.9 and 49.0 cm ML. Subsequently, MASUDA *et al.* (1998), ARGÜELLES *et al.* (2001), MARKAIDA *et al.* (2004), CHEN *et al.* (2011), LIU *et al.* (2013) and ARKHIPKIN *et al.* (2015) show that *D. gigas* is a short-lived species reaching a maximum age of 1 year in most specimens, however the largest specimens would exceed these estimates. These studies were carried out especially on individuals of commercial size, with little information on the age and growth of juvenile specimens (<10 cm ML). It should be noted that this species has a high growth rate, being the largest among the squids of the family Ommastrephidae (ARKHIPKIN 1989).

The aim of this study is to determine the age and growth of juveniles of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peru from the analysis of micro-increments in statoliths.

2. MATERIAL AND METHODS

Between February and April 2007, 255 specimens of *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) were collected during the pelagic resource assessment cruise aboard the R/V Olaya of the Peruvian Marine Research Institute. The specimens were captured using a mid-water pelagic net; the mantle length (ML) in millimeters (mm), the total weight TW in grams (g) were determined and the statoliths were collected.

To visualize the micro-increments, the statoliths were mounted on a drop of bonding glass on a slide and polished with an abrasive cloth and 0.3 μ m alumina following the methodology established by ARKHIPKIN (1991). The micro-increments were counted using a Leica 400X trinocular microscope.

Para visualizar los micro-incrementos, los estatolitos se montaron en una gota de cristal bond sobre una lámina portaobjeto y se pulieron con paño abrasivo y alúmina de 0,3 µm siguiendo la metodología establecida por ARKHIPKIN (1991). Los micro-incrementos se contaron usando un microscopio triocular Leica 400X. Se asumió que la formación de cada microincremento se produce diariamente como ocurre en otros calamares de la familia Ommastrephidae (DAWE *et al.* 1985, NAKAMURA y SAKURAI 1991).

Se estimaron las tasas de crecimiento absolutas TCA (mm.día⁻¹) para lo cual se calcularon los valores de LM para intervalos de 20 días utilizando los parámetros de la curva seleccionada (FORSYTHE y VAN HEUKELEM 1987, ARKHIPKIN y MIKHEEV 1992):

$$TCA = \frac{S2 - S1/DT}{DT}$$

Donde S1 y S2 son los tamaños calculados (LM, mm) al inicio y al final de cada intervalo de tiempo (DT = 20 días).

3. RESULTADOS

El rango de la longitud del manto de los 255 ejemplares juveniles varió de 15 a 144 mm (Fig. 1).

En los estatolitos de juveniles de mayor tamaño del calamar gigante se pudieron observar, claramente, las zonas denominadas: núcleo, zona postnuclear y zona oscura. La zona postnuclear está formada por anillos tenues, mientras que los incrementos que forman la zona oscura son mucho más marcados y anchos (Fig. 2).

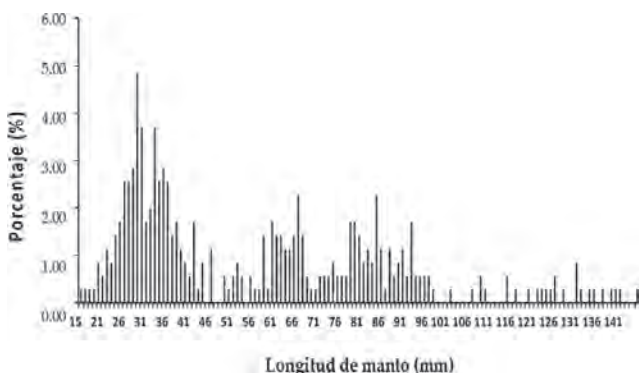


Figura 1.- Frecuencia de longitud de manto de juveniles de *Dosidicus gigas*. Febrero-abril 2007

Figure 1. Frequency of mantle length of juvenile *Dosidicus gigas*. February-April 2007

It was assumed that the formation of each micro-increment occurs daily as in other squids of the family Ommastrephidae (DAWE *et al.* 1985, NAKAMURA & SAKURAI 1991).

Absolute growth rates (AGR) (mm.day⁻¹) were estimated for which ML values were calculated for 20-day intervals using the parameters of the selected curve (FORSYTHE & VAN HEUKELEM 1987, ARKHIPKIN & MIKHEEV 1992):

$$AGR = \frac{S2 - S1/DT}{DT}$$

Where S1 and S2 are the calculated sizes (ML, mm) at the beginning and end of each time interval (DT = 20 days).

3. RESULTS

The mantle length range of the 255 juvenile specimens ranged from 15 to 144 mm (Fig. 1).

In the statoliths of larger juveniles of the jumbo flying squid, the so-called nucleus, post-nuclear zone and dark zone were clearly observed. The post-nuclear zone is made up of faint rings, while the increments that form the dark zone are much more marked and wide (Fig. 2).

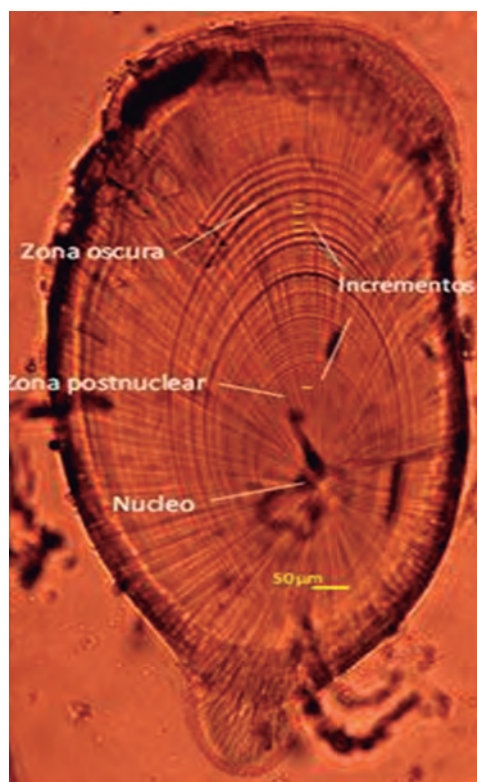


Figura 2.- Microestructura de estatolito de *D. gigas* de 84 mm de LM. 100X. La muestra no tiene tinción

Figure 2. Microstructure of statolith of *D. gigas*, which has 84 mm of ML. 100X. The sample has no staining

Los ejemplares analizados presentaron tallas entre 15 y 144 mm de LM y el número de micro-incrementos (Ninc) varió entre 20 y 88.

La relación entre LM y Ninc (Fig. 3) se ajustó a una curva potencial creciente con $R^2 = 0,97$ ($P < 0,001$):

$$LM = 0,185 * Ninc^{-1,5015}$$

Los pesos totales (PT) variaron entre 0,24 g para un ejemplar de 15 mm LM y 77,7 g para un ejemplar de 139 mm LM. La relación entre PT y LM (Fig. 4) se ajustó a una función potencial creciente con $R^2 = 0,96$ ($P < 0,001$).

$$PT = 0,00003194 * LM^{2,956}$$

La relación entre Ninc y PT (Fig. 5) se ajustó significativamente a una ecuación potencial con $R^2 = 0,96$ ($P < 0,001$).

$$PT = 1,481 * 10^{-6} * Ninc^{3,987}$$

La TCA promedio fue de 1,78 mm.día⁻¹, variando entre 0,82 mm.día⁻¹ para un ejemplar de 20 días de edad y 2,35 mm.día⁻¹ para un individuo de 88 días de edad (Fig. 6).

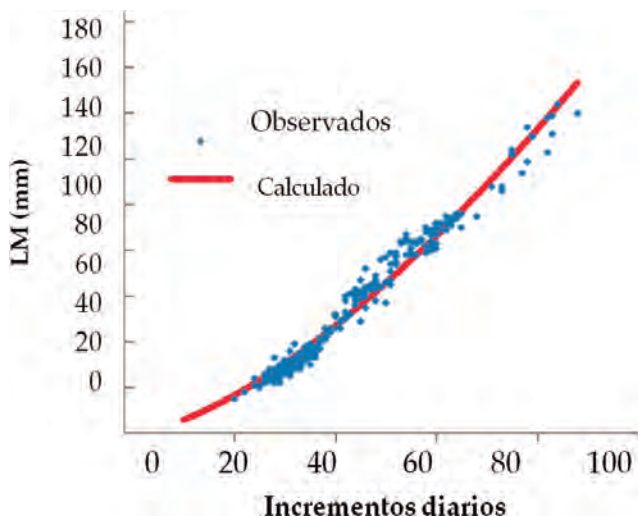


Figura 3.- Relación entre la longitud del manto y el número de incrementos diarios en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

Figure 3. Relationship between mantle length and number of daily increments in juveniles of *D. gigas*. Summer 2007

The specimens analyzed had sizes between 15 and 144 mm of ML and the number of micro-increments (Ninc) varied between 20 and 88.

The ratio between ML and Ninc (Fig. 3) was adjusted to an increasing potential curve with $R^2 = 0.97$ ($P < 0.001$):

$$ML = 0,185 * Ninc^{-1,5015}$$

Total weights (TW) ranged from 0.24 g for a 15 mm ML specimen to 77.7 g for a 139 mm ML specimen. The ratio between TW and ML (Fig. 4) was adjusted to an increasing potential function with $R^2 = 0.96$ ($P < 0.001$).

$$TW = 0,00003194 * ML^{2,956}$$

The relationship between Ninc and TW (Fig. 5) was significantly adjusted to a potential equation with $R^2 = 0.96$ ($P < 0.001$).

$$TW = 1,481 * 10^{-6} * Ninc^{3,987}$$

The mean AGR was 1.78 mm.day⁻¹, ranging from 0.82 mm.day⁻¹ for a 20-day-old specimen to 2.35 mm.day⁻¹ for an 88-day-old individual (Fig. 6).

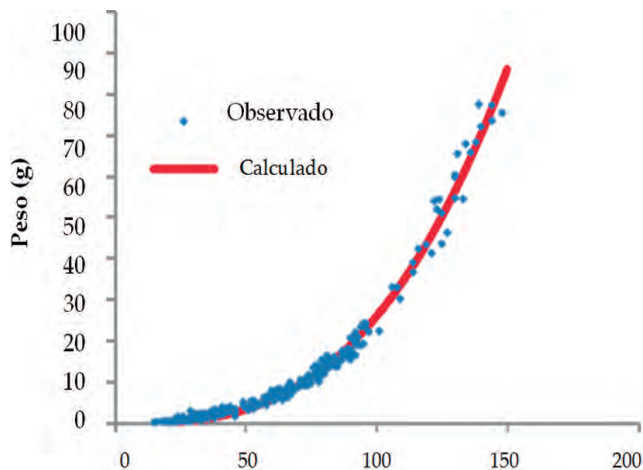


Figura 4.- Relación entre el peso total y la longitud del manto (LM) en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

Figure 4. Relationship between total weight and mantle length (ML) in *D. gigas* juveniles. Summer 2007

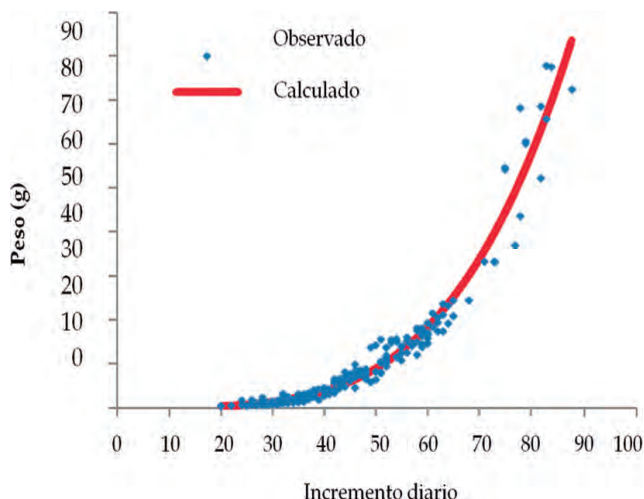


Figura 5.- Relación entre el peso total y el Número de Incrementos diarios en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

Figure 5. Relationship between total weight and number of daily increments in juveniles of *D. gigas*. Summer 2007

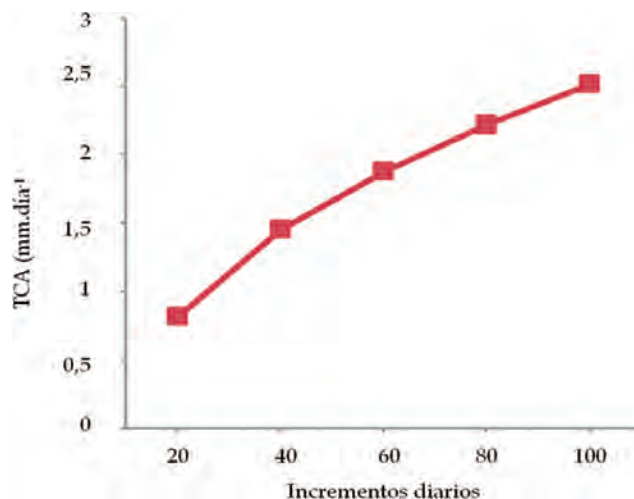


Figura 6.- Relación entre la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y el número de incrementos diarios en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

Figure 6. Relationship between the absolute growth rate (AGR) and the number of daily increments in *D. gigas* juveniles. Summer 2007

4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En este estudio los anillos de crecimiento que se encontraron en la zona post nuclear (bordeando al núcleo) presentaron características similares a las reportadas por ARKHIPKIN y PÉREZ (1998), es decir marcas uniformes poco espaciadas una de otras y transparentes a la luz transmitida. Posteriormente, se observaron grupos de anillos más gruesos y distantes, lo que indicaría el inicio de la zona oscura (Fig. 2). ARKHIPKIN y MURZOV (1986) y ARKHIPKIN y PÉREZ (1998) describen a la zona oscura (zona postnuclear) como marrónácea a la luz transmitida, opaca lechosa a la luz reflejada y contiene los incrementos más anchos, relacionando a esta zona con el estadio juvenil. MASUDA *et al.* (1998) a partir del análisis de incrementos diarios en estatolitos estimaron una edad de 44 días para un calamar gigante de 2,0 cm de LM del Pacífico sudoriental. Resultados similares obtuvieron ZEPEDA-BENITES *et al.* (2014) para individuos capturados en el Golfo de California en el verano boreal del 2006 y 2007. Esos resultados difieren de los obtenidos en este estudio donde se encontraron ejemplares de 20 mm LM con una edad de 23 días. MARKAIDA *et al.* (2004), determinaron que un individuo de 108 mm LM tenía edad de 84 días, lo cual se aproxima a nuestros resultados de 71 días para individuos de la misma talla, mientras que ARKHIPKIN (1989) estimó para ejemplares entre 100 y 110 mm LM una edad entre los 45 y 55 días. La tasa de crecimiento promedio para los calamares juveniles analizados en este estudio (nacidos en verano) fue de 1,78 mm.día⁻¹. Este valor es mayor a la tasa de crecimiento promedio para la misma estación (1,54 mm.día⁻¹) y menor a la tasa de crecimiento promedio para el periodo de invierno (1,92 mm.día⁻¹) estimadas por MASUDA *et al.* (1998). Asimismo, las tasas de crecimiento a la edad de

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In this study, the growth rings found in the post-nuclear zone (bordering the nucleus) presented characteristics similar to those reported by ARKHIPKIN & PÉREZ (1998), that is to say, uniform marks with little spacing between them and transparent to transmitted light. Later, groups of thicker and more distant rings were observed, which would indicate the beginning of the dark zone (Fig. 2). ARKHIPKIN & MURZOV (1986) and ARKHIPKIN & PÉREZ (1998) describe the dark zone (post-nuclear zone) as brownish to transmitted light, opaque milky to reflected light and contains the widest increments, relating this zone to the juvenile stage. MASUDA *et al.* (1998) based on analysis of daily increments in statoliths estimated an age of 44 days for a jumbo flying squid of 2.0 cm ML in the Southeastern Pacific Ocean. Similar results were obtained by ZEPEDA-BENITES *et al.* (2014) for individuals caught in the Gulf of California in the summer of 2006 and 2007. These results differ from those obtained in this study where 20 mm ML specimens were found with an age of 23 days. MARKAIDA *et al.* (2004), determined that an individual of 108 mm ML was 84 days old, which approximates our results of 71 days for individuals of the same size, while ARKHIPKIN (1989) estimated for individuals between 100 and 110 mm ML an age between 45 and 55 days. The average growth rate for the juvenile squids analyzed in this study (born in summer) was 1.78 mm.day⁻¹. This value is higher than the average growth rate for the same season (1.54 mm.day⁻¹) and lower than the average growth rate for the winter period (1.92 mm.day⁻¹) estimated by MASUDA *et al.* (1998). Likewise, the growth rates at the age of 100 days

100 días, son mayores a las estimadas por MARKAIDA *et al.* (2004). Las diferencias de edad a una misma longitud de manto se deberían a la alta variabilidad del crecimiento en los calamares más aún en etapas iniciales de sus ontogenias; estas diferencias podrían deberse a que los calamares son muy sensibles a cambios ambientales, pudiendo cambiar rápidamente de un año a otro sus tasas de crecimiento (KEYL *et al.* 2011), de manera que los resultados de este trabajo solo muestran el crecimiento para el periodo de estudio, siendo necesario ampliar las investigaciones para conocer los patrones de variabilidad anual e interanual del crecimiento en la etapa juvenil de esta especie.

En conclusión, los juveniles de *D. gigas*, en el verano del 2007, presentaron un crecimiento acelerado con una tasa de crecimiento promedio de 1,78 mm.día⁻¹, al compararlo con otros estudios similares es evidente la existencia de un elevado patrón de variabilidad en las tasas de crecimiento en la misma especie, sin embargo es necesario realizar más investigaciones para comprender la dinámica del crecimiento de la pota en esta etapa.

are higher than those estimated by MARKAIDA *et al.* (2004). Age differences at the same mantle length are due to the high variability of growth in squids, even more so in the early stages of their ontogeny; these differences could be due to the fact that squids are very sensitive to environmental changes, and their growth rates can change rapidly from one year to the next (KEYL *et al.* 2011), so that the results of this work only show growth for the study period, and it is necessary to expand research to know the annual and interannual variability patterns of growth in the juvenile stage of this species.

In conclusion, the juveniles of *D. gigas*, in the summer of 2007, presented an accelerated growth rate with an average growth rate of 1.78 mm.día⁻¹, when compared with other similar studies it is evident the existence of a high pattern of variability in the growth rates in the same species, but it is necessary to carry out more research to understand the dynamics of the growth of the jumbo flying squid in this stage.

5. REFERENCIAS/REFERENCES

- ARGÜELLES J, RODHOUSE P G, VILLEGAS P, CASTILLO G. 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. Fisheries Research. 34: 51-61.
- ARKHIPKIN A. 1989. Taxonomic description plan, collection and processing technique used for statoliths of squids and cuttlefish. Zool. Zh. 68(3): 115-120.
- ARKHIPKIN A. 1991. Methods for cephalopod age and growth studies with emphasis on statolith ageing techniques. In P. Jereb, S. Ragonese y S. v. Boletzky, eds. Squid age determination using statoliths. pp. 11-17.
- ARKHIPKIN A. 1993. Age, growth, stock structure and migratory rate of prespawning shortfinned squid *Illex argentinus* based on statolith ageing investigations. Fish. Res. 16: 313-338.
- ARKHIPKIN A, MURZOV S. 1986. Age and growth of the jumbo squid *Dosidicus gigas*. In Ivanov, B. G., Resources and fishery perspectives of squid of the world ocean. Moscow, VNIRO Press (En ruso, resumen en inglés). pp. 107-123.
- ARKHIPKIN A, BIZIKOV V. 1991. Comparative analysis of age and growth rates estimation using statoliths and gladius in squids. In P. Jereb, S. Ragonese y S. v. Boletzky, eds. Squid age determination using statoliths, pp.19-33. Proceedings of the international workshop, 9-14 October 1989, Istituto di Tecnologia de Ila Pesca e Del Pescato, N.T.R.- I.T.P.P. Publ. Especial No.1, Mazara del Vallo, Sicilia, Italia. 127 pp.
- ARKHIPKIN A, MIKHEEV A. 1992. Age and growth of the squid *Sthenoteuthis pteropus* (Oegopsida, Ommastrephidae) from the Central-East Atlantic. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 163: 261-276.
- ARKHIPKIN A, PEREZ J. 1998. Life-history reconstruction. In Rodhouse, P. G., E. G. Dawe y R K. O'Dor (eds.), Squid recruitment dynamics: The genus *Illex* as a model, the commercial *Illex* species and influences on variability. FAO Fish. Tech. Paper. 376: 157-180.
- ARKHIPKIN A, ARGÜELLES J, SHCHERBICH, Z, YAMASHIRO C. 2015. Ambient temperature influences adult size and life span in jumbo squid (*Dosidicus gigas*). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 72(3): 400-409.
- BIGELOW K. 1994. Age and growth of the oceanic squid *Onychoteuthis borealijaponica* in the North Pacific. Fish. Bull. 92:13-25. Biol. Assoc. U.K. 73: 979-982.
- CAMPANA S, NELSON J. 1985. Microstructure of fish otoliths. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42: 1014-1032.
- CHEN X, LU H, LIU B, CHEN Y. 2011. Age, growth and population structure of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, based on statolith microstructure off the exclusive economic zone of Chilean waters. Marine Sciences Faculty Scholarship. Paper 11.
- DAWE E, O'DOR R, ODENSE P, HURLEY G. 1985. Validation and application of an ageing technique for short-finned squid (*Illex illecebrosus*). J. Northwest Atl. Fish. Soc. 6: 107-116.
- FORSYTHE J, VAN HEUKELEM W. 1987. Growth. Pp. 135-156. In P. R. Boyle (ed.) Cephalopod Life Cycles. Comparative reviews. Academic Press, London. Vol. II: 441 pp.
- GONZÁLEZ A, DAWE E, BECK P, PEREZ J. 2000. Bias associated with statolith-based methodologies for ageing squid; a comparative study on *Illex illecebrosus* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Jour. Experimental Marine Biology and Ecology. 244(2): 161-180.
- JACKSON G. 1994. Application and future potential of statolith increment analysis in squids and sepioids. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 51(11): 2602-2626.
- JONES C. 1986. Determining age of larval fish with the otolith increment technique. Fish. Bull. 84: 91-103.
- KEYL F, ARGÜELLES J, TAFUR R. 2011. Interannual variability of size structure, age and growth of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) assessed by modal progression analysis. ICES J Mar Sci. 68: 507-518.

- LIU B, CHEN X, CHEN Y, TIAN S, LI J, FANG Z, YANG M. 2013. Age, maturation, and population structure of the Humboldt squid *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zones. Chinese Journal of Oceanology and Limnology. 31 (1): 81-91.
- MARKAIDA U, QUIÑONES-VELÁZQUEZ C, SOSA-NISHIZAKI. 2004. Age growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. Fisheries Research. 66: 31-47. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(03\)00184-X](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(03)00184-X)
- MASUDA S, YOKAWA K, YATSU A, KAWAHARA S. 1998. Growth and population structure of *Dosidicus gigas* in the Southeastern Pacific Ocean. 107-118 pp.
- NAKAMURA Y, SAKURAI Y. 1991. Validation of daily growth increments in statolith of Japanese common squid *Todarodes pacificus*. Nippon Suisan Gakk. 57: 2007-2011.
- RADTKE R. 1983. Chemical and structural characteristics of statoliths from the short-finned squid *Illex illecebrosus*. Mar. Biol. 76: 47-54.
- RODHOUSE P, HATFIELD E. 1990. Age determination in squid using statolith growth increments. Fish. Res. 8: 323-334.
- STEVENSON D K, CAMPANA S E. (eds.) (1992). Otolith microstructure examination and analysis. Can. Spec. Publ. Fish. Aquat. Sci. 117: 126 p.
- VILLANUEVA R. 1992. Interannual growth differences in the oceanic squid *Todarodes angolensis* Adam in the northern Benguela upwelling system, based on statolith growth increment analysis. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 159: 157-177.
- YATSU A, MIDORIKAWA S, SHIMADA T, UOZUMI Y. 1997. Age and growth of the neon flying squid, *Ommastrephes bartrami*, in the North Pacific Ocean. Fish. Res. 29: 257-270.
- ZEPEDA-BENITES V, MORALES-BOJÓRQUEZ E, QUIÑONES-VELASQUEZ C, SALINAS-ZAVALA E. 2014. Age and growth modelling for early stages of the jumbo squid *Dosidicus gigas* using multi-model inference. CalCOFI Rep. Vol. 55: 197-204.