

BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 2



Julio - Diciembre 2018
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio
de la Producción

VARIABILIDAD ESPACIO TEMPORAL DE LA ESTRUCTURA POR TALLAS DE *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) EN AGUAS PERUANAS ENTRE 1958 Y 2015

SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY IN THE STRUCTURE BY SIZE OF *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) IN PERUVIAN WATERS BETWEEN 1958 AND 2015

Juan Argüelles¹

Anatolio Taipe

RESUMEN

ARGÜELLES J, TAIPE A. 2018. Variabilidad espacio temporal de la estructura por tallas de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en aguas peruanas entre 1958 y 2015. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 167-177.- Los calamares son especies de corta vida y presentan alta plasticidad fenotípica en respuesta a factores ambientales. Entre las respuestas a cambios ambientales la estructura poblacional ha sido estudiada en muchas especies de calamares incluyendo a *Dosidicus gigas*. Sin embargo, un análisis de mayor cobertura espacial y temporal que permita inferir la rapidez y grado de respuesta de cambio de la estructura poblacional no ha sido abordado en el Pacífico sur este. Basados en datos de la longitud de manto, registrados en diferentes cruceros y prospecciones realizados antes de 1991, así como tallas registradas en su pesquería en aguas peruanas, en este trabajo se analiza y discuten las variaciones espacio temporales de la estructura poblacional por tallas para el periodo 1958-2015. Los resultados muestran que su estructura poblacional puede cambiar rápidamente asociada al tamaño de madurez gonadal. Latitudinalmente, no se observan diferencias en la estructura poblacional, mientras que longitudinalmente ejemplares de menor tamaño se observan a mayores distancias a la costa.

PALABRAS CLAVE: *Dosidicus gigas*, estructura por tallas, variabilidad espacio – temporal

ABSTRACT

ARGÜELLES J, TAIPE A. 2018. Spatio-temporal variability in the structure by size of *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) in Peruvian waters between 1958 and 2015. *Bol Inst Mar Peru*. 33(2): 167-177.- Squids are short-lived species with high phenotypic plasticity in response to environmental factors. Among the responses to environmental changes, population structure has been studied in many species of squids, including *D. gigas*. However, an analysis of major amplitude spatial and temporal that allows inferring the degree of response of change of the population structure has not been addressed in the Southeast Pacific. In this sense, based on mantle length data recorded during different cruises and surveys conducted before 1991, as well as on the sizes recorded during its fishery in Peruvian waters, this paper analyzes and discusses the spatial and temporal variability of the population structure in this area for the period 1958-2015. The results show that the population structure can change rapidly associated to the size of gonadal maturity. By latitude, there are no differences in the population structure, while longitudinally smaller specimens are observed at greater distances to the shore.

KEYWORDS: *Dosidicus gigas*, size structure, spatial and temporal variability

1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) habita en el Pacífico este desde 37-40°N hasta 45-47°S y comúnmente entre 30°N y 20-25°S (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001). En aguas peruanas las más altas concentraciones se observan entre 03°24'S (Puerto Pizarro) y 09°S (Chimbote) y bajas a medias entre 13°42'S (Pisco) y 16°14'S (Atico) (TAIPE *et al.* 2001).

La población de *D. gigas* en su rango de distribución está formada por tres grupos, los cuales difieren en la longitud de manto a la que alcanzan la madurez gonadal (NIGMATULLIN *et al.* 2001). Los calamares que alcanzan la madurez a tamaños pequeños (hembras 130-260 mm, machos 140-340 mm) son encontrados predominantemente en áreas cercanas a la línea

1. INTRODUCTION

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) inhabits the Eastern Pacific from 37-40°N to 45-47°S and commonly between 30°N and 20-25°S (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001). In Peruvian sea the highest concentrations are observed between 03°24'S (Puerto Pizarro) and 09°S (Chimbote) and low to medium between 13°42'S (Pisco) and 16°14'S (Atico) (TAIPE *et al.* 2001).

D. gigas population, in its range of distribution, is formed by three groups, which differ in the mantle length to which they reach gonadal maturity (NIGMATULLIN *et al.* 2001). Squid that reach maturity at small sizes (females 130-260 mm, males 140-340 mm) are found predominantly in areas near the

1 Instituto del Mar del Perú, Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito Callao, Perú.

2 Email: jarguelles@imarpe.gob.pe

ecuatorial, mientras que los que alcanzan la madurez a tamaño mediano (hembras 240- 420 mm, machos 280-600 mm) se encuentran en todo su rango de distribución, excepto en las áreas cercanas a los extremos de ella. Los ejemplares del grupo que maduran a tamaños grandes (hembras >400-500 mm, machos 550-650 mm) son hallados en la periferia de su distribución; pero algunas veces también han sido observados en las corrientes frías que fluyen hacia el ecuador, particularmente en el lado costero de la corriente costera peruana. Sobre la posible diferenciación genética de esos grupos SANDOVAL *et al.* (2009) concluyen que no existen diferencias genéticas entre ellos, demostrándose variabilidad fenotípica de la especie.

El presente estudio tiene como objetivo mostrar la alta variabilidad fenotípica del calamar gigante en el litoral peruano expresado en sus tamaños corporales, analizando la extensa base de datos de tallas registrados en el Perú desde 1958 hasta el 2015 y ampliando observaciones referentes a los cambios poblacionales interanuales realizados por ARGÜELLES *et al.* (2008), ARGÜELLES y TAFUR (2010) y KEYL *et al.* (2010).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La información previa a 1991 fue compilada de las diferentes investigaciones realizadas desde 1958 hasta 1990 (Tabla 1). Mientras que de 1991 al 2015 la estructura por tallas fue obtenida por los Técnicos Científicos de IMARPE (TCI) a bordo de las embarcaciones calamareras de bandera extranjera (IMARPE y JAMARC 1991, 1992) y por los observadores de IMARPE en cada puerto de desembarque de la flota artesanal. Las tallas, que corresponden a la longitud dorsal de manto (LM) registradas en la flota industrial fueron agrupadas por meses y grado de latitud. Con fines comparativos las longitudes estándar (LST) registradas en el periodo 1958-1962 se convirtieron a LM, para lo cual se midió la LST y LM en 20 ejemplares, obteniéndose la siguiente relación:

$$LM = 0,563LST \quad (r^2=0,97; n = 20)$$

Donde:

LM: longitud de manto en mm

LST: longitud estándar en mm

Para el periodo 1989-2015 la madurez sexual fue determinada macroscópicamente usando la escala de NESIS (1970) y modificada por TAFUR y RABÍ (1997). Esta define cuatro estadios para hembras: I (inmaduro), II (en maduración), III (maduro) y IV (desovado) y tres para machos: I (inmaduro), II (en maduración) y III (maduro). La madurez gonadal fue determinada para el principal periodo de desove octubre – enero (TAFUR y RABÍ 1997).

equator, while those that reach maturity at medium size (females 240-420 mm, males 280-600 mm) are found throughout their range, except in areas near the edges of the equatorial area. The specimens of the group that mature to large sizes (females >400-500 mm, males 550-650 mm) are found on the periphery of their distribution; but sometimes they have also been observed in cold currents flowing towards the equator, particularly on the coastal side of the Peruvian coastal current. On the possible genetic differentiation of these groups, SANDOVAL *et al.* (2009) conclude that there are no genetic differences between them, demonstrating phenotypic variability of the species.

The present paper aims to show the high phenotypic variability of jumbo flying squid on the Peruvian coast expressed in their body sizes, analyzing the extensive database of sizes recorded in Peru from 1958 to 2015 and expanding observations regarding the interannual population changes made by ARGÜELLES *et al.* (2008), ARGÜELLES & TAFUR (2010) and KEYL *et al.* (2010).

2. MATERIAL AND METHODS

The information prior to 1991 was compiled from the different surveys carried out from 1958 to 1990 (Table 1). While from 1991 to 2015, the size structure was obtained by IMARPE Scientific Technicians (TCI in Spanish) aboard foreign-flagged jigger vessels (IMARPE & JAMARC 1991, 1992) and by IMARPE observers at each port of landing of the artisanal fleet. The sizes, which correspond to the dorsal mantle length (ML) recorded in the industrial fleet were grouped by months and degree of latitude. For comparison purposes, the standard lengths (STL) recorded in the period 1958-1962 were converted to ML, for which the STL and ML were measured in 20 specimens, obtaining the following ratio:

$$ML = 0.563STL \quad (r^2=0.97; n = 20)$$

Where:

ML: mantle length in mm

STL: standard length mm

For the period 1989-2015, sexual maturity was determined macroscopically using the NESIS (1970) scale and modified by TAFUR & RABÍ (1997). This defines four stages for females: I (immature), II (maturing), III (mature) and IV (spawned); and three for males: I (immature), II (maturing) and III (mature). Gonadal maturity was determined for the main spawning period October - January (TAFUR & RABÍ 1997).

Tabla 1.- Fuentes de información para determinar la composición espacio temporal por tallas de *D. gigas* para el periodo 1958-1990, 1991-2015 en aguas peruanas

Table 1. Sources of information to determine the spatio-temporal composition by size of *D. gigas* for the period 1958-1990, 1991-2015 in Peruvian jurisdictional waters

Año Year	Autor Author	Método de colección de tallas Size collection method	Área Area
1958-1962	Vinatea 1965 Clarke <i>et al.</i> 1998	Análisis de contenido estomacal de ballenas Whale stomach content analysis	Pisco - Perú Pisco - Peru
1979-1980	Benites & Valdivieso 1986	Pesca con jigging Jigging fishing	Litoral peruano hasta 500 mn de la costa Peruvian coast up to 500 nm from the shore
1983	Benites 1985	Pesca con jigging Jigging fishing	05°52' S - 15°20' S, hasta 100 nm de la costa 05°52' S - 15°20' S; up to 100 nm from the shore
1989-1990	Imarpe/Jamarco 1991, 1992	Pesca con jigging Jigging fishing	Mar peruano (03°30'S-12°00'S) Peruvian sea (03°30'S-12°00'S)
1991-2015	Rubio & Salazar 1992 Data Imarpe	Pesca con jigging Jigging fishing	Mar peruano Peruvian sea

3. RESULTADOS

Talla media anual de la longitud de manto para el periodo 1958-2016

En la Tabla 2 (Anexo) se presenta la LM promedio, mínima y máxima para los periodos 1958-2016. Las tallas durante 1958-1962 variaron entre 28 y 107 cm de LM con una media en 72,9 cm. Durante 1979-1983 la estructura por tallas mostró un cambio significativo, con rango entre 7 y 39 cm, y talla media entre 22,9 y 25,5 cm de LM. De 1989-1990 los tamaños fluctuaron entre 16 y 76 cm de LM con tallas medias entre 31,8 y 34,1 cm LM. De 1991 a 1999 las tallas medias en la pesquería industrial variaron entre 28,3 (1995) y 44,0 cm LM (1992), con rango entre 9 y 109 cm LM. Posteriormente de 2000 a 2016 las tallas promedio en la pesquería industrial y artesanal variaron entre 49,8 y 88,3 cm LM, con rango entre 13 y 133 cm LM.

Estructura anual por tamaños de longitud de manto en la pesquería artesanal e industrial durante 1989-2015

La estructura anual por tallas en la pesquería industria y artesanal (Fig. 1) presentó un cambio significativo del 2000 en adelante, predominando ejemplares con LM mayor a 50 cm, en comparación con el periodo 1989-1999 durante el cual los ejemplares menores a 50 cm de LM (excepto 1990-1992) fueron la mayoría. En el periodo 1989-1999 la estructura por tallas se caracterizó por presentar una o dos modas entre 20 y 40 cm, mientras que, del 2000 en adelante, la estructura por tallas presentó de 2 a 3 modas. La moda de menor tamaño (<40 cm LM) fue observada principalmente en la pesquería artesanal y la de mayor tamaño (>70 cm LM) correspondió a ambas pesquerías.

3. RESULTS

Average annual mantle length for the period 1958-2016

Table 2 (Annexed) shows the average, minimum and maximum ML for the periods 1958-2016. Sizes during 1958-1962 ranged between 28 and 107 cm ML with an average of 72.9 cm. During 1979-1983, the size structure showed a significant change, with a range of 7 to 39 cm, and an average size between 22.9 and 25.5 cm ML. From 1989-1990 sizes fluctuated between 16 and 76 cm ML with average sizes between 31.8 and 34.1 cm ML. From 1991 to 1999 the average sizes in the industrial fishery ranged from 28.3 (1995) to 44.0 cm ML (1992), ranging from 9 to 109 cm ML. Subsequently, from 2000 to 2016, the average sizes in the industrial and artisanal fishery varied between 49.8 and 88.3 cm ML, with a range between 13 and 133 cm ML.

Annual structure by mantle length size in the artisanal and industrial fishery during 1989-2015

The annual size structure in the industrial and artisanal fishery (Fig. 1) showed a significant change from 2000 onwards, with specimens with ML greater than 50 cm predominating, compared to the period 1989-1999, during which specimens smaller than 50 cm ML (except 1990-1992) were the majority. In the period 1989-1999 the structure by size was characterized by one or two modes between 20 and 40 cm, while, from 2000 onwards, the structure by size presented 2 to 3 modes. The smallest modes (<40 cm ML) was observed mainly in the artisanal fishery and the largest (>70 cm ML) was observed in both fisheries.

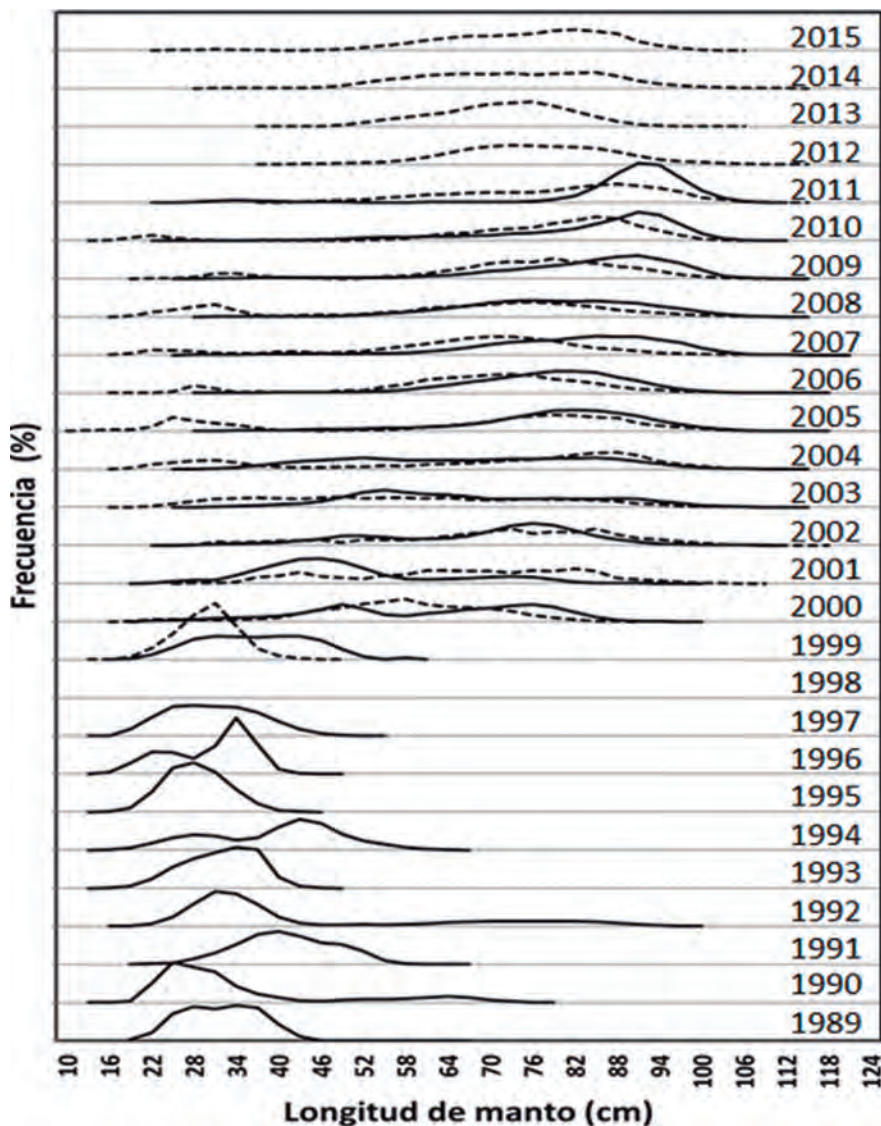


Figura 1.- Composición anual por tamaños de *D. gigas* en la pesquería artesanal (líneas discontinuas) e industrial (líneas continuas) de 1991 a 2015. En los años 1989-1990 las tallas provienen de datos de prospecciones a bordo de barcos pesqueros calamareros industriales

Figure 1. Annual size composition of *D. gigas* in artisanal (broken lines) and industrial (continuous lines) fisheries from 1991 to 2015 by size. In the years 1989-1990, the sizes come from data from surveys aboard industrial jigger fishing vessels

Variación anual de la longitud de manto de ejemplares hembras maduras

En la figura 2 se presentan las medianas y cuartiles (25 y 75) de la distribución de tallas de ejemplares maduros de *D. gigas* en el mar peruano para el periodo 1989-2015. Las medianas fueron generalmente menores a 50 cm de LM entre 1989 y 2000, excepto en el año 1990, en los que se observaron ejemplares maduros de mayor tamaño. Del 2001 en adelante las medianas fueron mayores a 75 cm, alcanzando máximos en los años 2004, 2006 y 2007. En este último periodo también se presentaron ejemplares maduros de menor tamaño pero en menor proporción.

Annual variation in the mantle length of mature female specimens

Figure 2 shows the median and quartiles (25 and 75) of the distribution of mature specimens of *D. gigas* in the Peruvian sea for the period 1989-2015. The medians were generally less than 50 cm ML between 1989 and 2000, except in 1990, when larger mature specimens were observed. From 2001 onwards, the median was greater than 75 cm, reaching maximums in 2004, 2006 and 2007. In this last period, smaller mature specimens were also presented, but in a smaller proportion.

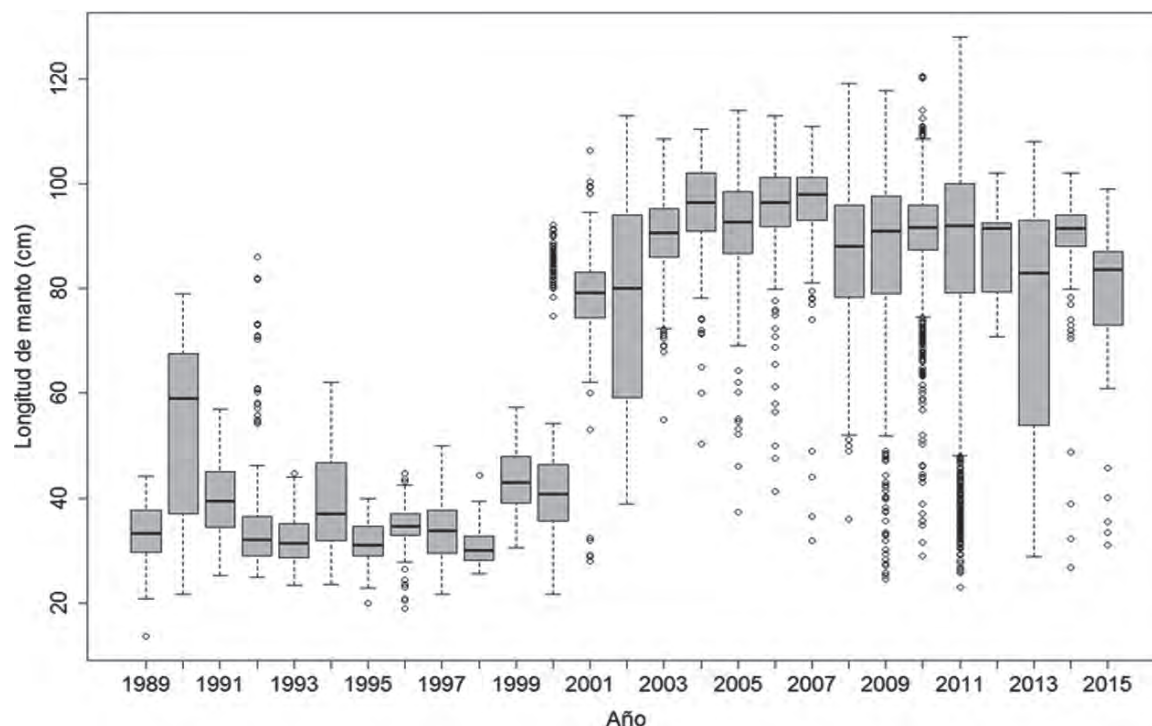


Figura 2.- Variación anual de la longitud de manto de hembras maduras de *Dosidicus gigas* en el Perú. 1989 a 2015

Figure 2.- Annual variation in the mantle length of mature females of *Dosidicus gigas* in Peru. 1989 to 2015

Variación latitudinal de la estructura por tallas

En la tabla 3 (Anexo) se presentan las tallas media, mínima y máxima de la longitud de manto por grados de latitud para el periodo 1991-2011 de la especie capturada por la flota calamarera industrial. De 1991 a 1993 se pescó hasta 18°S con tallas medias que variaron entre 28,6 y 82,4 cm. De 1994 a 1999 la flota operó a latitudes menores. Las tallas medias en este periodo variaron entre 23,4 y 49,9 cm. Después del 2000, se amplió el rango de operación hasta 18°S encontrándose tallas medias entre 27,1 y 94,1 cm.

Variación de la longitud de manto por cuadrado Marsden

En la figura 3 se presentan las tallas media, mínima y máxima de la longitud de manto por cuadrado Marsden registradas en los desembarques de la flota calamarera industrial para el periodo 2009-2011. El rango de tallas fue entre 16 y 122 cm de LM, con tallas medias entre 31,8 y 96,1 cm LM. Entre 4 y 8°S predominaron tallas medias mayores a 80 cm; sin embargo, en los cuadrados Marsden más alejados de la costa las tallas medias variaron entre 70 y 80 cm y entre 30 y 40 cm. Entre 11 y 18°S se observó un patrón más definido de la talla media por distancia a la costa, predominando tallas medias mayores a 70 cm de LM en cuadrados Marsden cercanos a la costa, mientras que en los más lejanos, las tallas medias fueron menores.

Latitudinal variation of the structure by size

Table 3 (Annexed) show the average, minimum and maximum sizes of the mantle length by degree of latitude for the period 1991-2011 for the species caught by the industrial jigger fleet. From 1991 to 1993, fishing took place up to 18°S with average sizes ranging between 28.6 and 82.4 cm. From 1994 to 1999, the fleet operated at lower latitudes. The average sizes in this period varied between 23.4 and 49.9 cm. After 2000, the operating range was extended to 18°S with average sizes between 27.1 and 94.1 cm.

Mantle length variation per Marsden square

Figure 3 shows the average, minimum and maximum size of the mantle length per Marsden square recorded in the landings of the industrial jigger fleet for the period 2009-2011. The size range was between 16 and 122 cm ML, with average sizes between 31.8 and 96.1 cm ML.

Between 04 and 08°S, mean sizes greater than 80 cm predominated. However, in the Marsden squares furthest from the coast, mean sizes varied between 70 and 80 cm, and between 30 and 40 cm.

Between 11°S and 18°S a more defined pattern of mean size by distance from the coast was observed; average sizes greater than 70 cm ML in Marsden squares close to shore were predominant, while in the more distant ones, mean sizes were smaller.

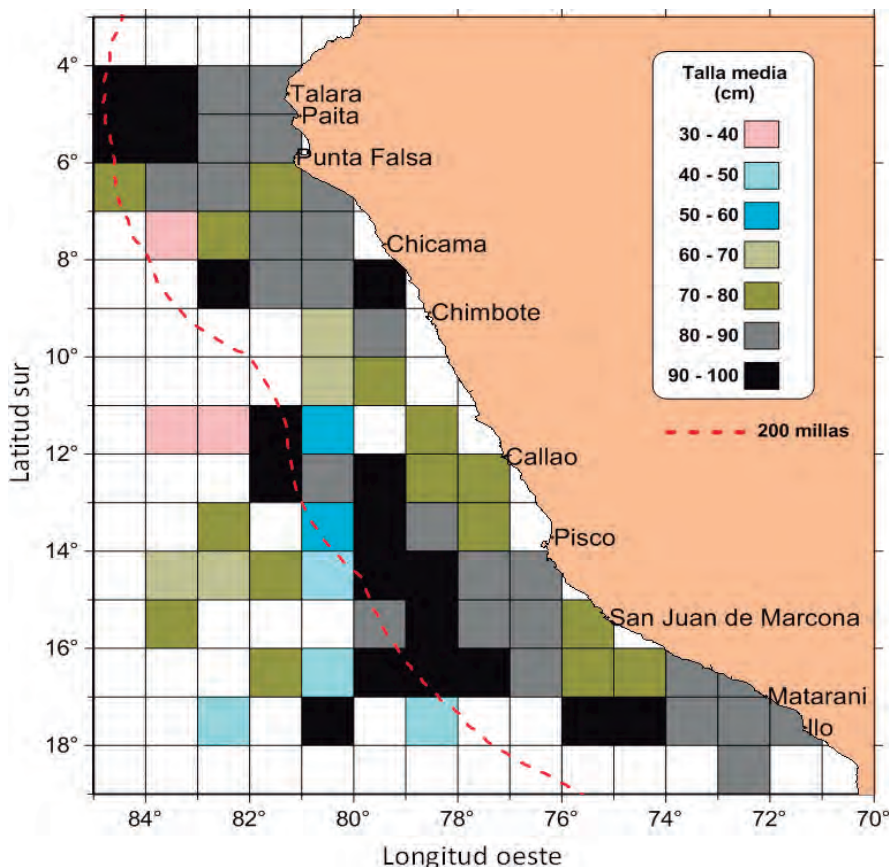


Figura 3.- Variación de la longitud promedio de manto por cuadrado Marsden de *Dosidicus gigas* capturados en el Perú de 2009 a 2011

Figure 3. Variation of the average mantle length per Marsden square of *Dosidicus gigas* caught in Peru from 2009 to 2011

4. DISCUSIÓN

Los resultados de este trabajo evidencian que el calamar gigante en aguas peruanas ha mostrado un cambio significativo en su estructura por tallas y en el tamaño para alcanzar la madurez gonadal, predominando ejemplares de gran tamaño y madurez tardía en los años 2000 respecto a los años 90.

Se ha planteado que el cambio del tamaño de madurez gonadal después del 2000 se debería a un incremento de la biomasa de los peces meso-pelágicos (ARGÜELLES *et al.* 2008) los cuales son parte importante en la dieta de *D. gigas*. Además, NIGMATULLIN *et al.* (2001) proponen que los ejemplares grandes, que son más comunes en los extremos de su distribución, podrían ubicarse en zonas más cercanas al ecuador, asociadas a la corriente fría costera, principalmente hacia el lado costero de la corriente peruana que corre de sur a norte y cuya riqueza en nutrientes se extiende hasta las aguas oceánicas. En ese sentido, la presencia de ejemplares de tamaño grande de madurez después del 2000 en aguas peruanas, se debería a la presencia de aguas costeras frías altamente productivas, las que fueron más frecuentes después de ese año (SWARTZMAN *et al.* 2008, ESPINO 2013).

4. DISCUSSION

The results of this study show that the jumbo flying squid in Peruvian sea has shown a significant change in its structure by size and size to reach gonadal maturity, with large and late-maturing specimens predominating in the 2000's compared to the 1990's.

It has been suggested that the change in the size at gonadal maturity after 2000 is due to an increase in the biomass of mesopelagic fish (ARGÜELLES *et al.* 2008) which are an important part of the *D. gigas* diet. In addition, NIGMATULLIN *et al.* (2001) propose that the large squids, which are more common at the edges of their distribution, could be located in areas closer to the equator, associated with the coastal cold current, mainly towards the coastal side of the Peruvian current that runs from south to north and whose richness in nutrients extends to the oceanic waters. In this sense, the presence of large maturity-sized squids after the year 2000 in Peruvian sea is due to the presence of highly productive cold coastal waters, which were more frequent after that year (SWARTZMAN *et al.* 2008, ESPINO 2013).

Los resultados también muestran cambios en los tamaños corporales y de madurez gonadal en aguas peruanas antes de los años 1990. Por ejemplo, a fines de los años 1950 e inicios de los 1960 predominaron grandes tamaños y en los 1970 y 1980 calamares de menor tamaño y de madurez temprana, lo que indicaría que estas variaciones en la estructura poblacional son intermitentes e inducidas probablemente por factores ambientales. En este sentido, VAN HEUKELEM (1979) propone que la conjunción de la temperatura y el alimento son variables que determinan la rapidez del proceso de maduración, mientras que KEYL *et al.* (2008) y TAFUR *et al.* (2010) postulan que ejemplares de *D. gigas* de tamaño grande de madurez gonadal fueron encontrados en periodos en los cuales predominaron anomalías negativas en el mar peruano y mayor productividad, y los de tamaño pequeño de madurez gonadal fueron encontrados durante periodos cálidos y de menor productividad. En este sentido, ARKHIPKIN *et al.* (2015) demuestran que la temperatura acumulada durante los primeros seis meses de la ontogenia fue el factor determinante en el tamaño de madurez gonadal de *D. gigas*, tamaños pequeños (1 año de vida a altas temperaturas) o tamaños grandes (1,5-2 años de vida a bajas temperaturas).

Cambios similares a los encontrados en este trabajo se han reportado en otras especies de calamares como *Loligo gahi*, en el que un incremento en la temperatura durante los periodos iniciales de vida puede acelerar el crecimiento resultando en diferencias significativas en la talla-edad de los adultos (HATFIELD 2000) y en la especie *Loligo opalescens*, que durante periodos cálidos como El Niño fueron más pequeños y de menor tasa de crecimiento, respecto a los que nacieron durante periodo fríos como La Niña, en los que se encontró una relación positiva entre la longitud de manto y el índice de afloramiento, y negativa con la temperatura (JACKSON y DOMEIR 2003).

NIGMATULLIN *et al.* (2001) indican que la estructura poblacional de *D. gigas* es complicada y está representada por tres grupos poblacionales (cada una con diferentes rangos de tallas de madurez y locación geográfica) de los cuales dos han sido observados en este estudio. Otras especies como *Sthenoteuthis oualaniensis* presentan hasta tres grupos poblacionales, sin embargo, solo en los grupos grandes parece ser que la alta plasticidad fenotípica es responsable de la formación de los grupos; mientras que, en los tamaños medianos y pequeños los grupos varían por caracteres morfológicos que los diferencian del típico *S. oualaniensis* (NESIS 1993). En *D. gigas* se han realizado estudios genéticos (SANDOVAL *et al.* 2009) para determinar posibles diferencias entre los grupos poblacionales en el Pacífico noreste; los resultados concluyen que no existen diferencias entre ellos, lo

The results also show changes in body sizes and gonadal maturity in Peruvian sea before the 1990s. For example, in the late 1950s and early 1960s, large sizes predominated and in the 1970s and 1980s, smaller, early-maturing squids predominated, indicating that these variations in population structure are likely to be intermittent and induced by environmental factors. In this regard, VAN HEUKELEM (1979) proposes that the conjunction of temperature and food are variables that determine the speed of the maturation process. While KEYL *et al.* (2008) and TAFUR *et al.* (2010) postulate that the presence of large-sized *D. gigas* of gonadal maturity were found in periods in which negative anomalies and higher productivity prevailed in the Peruvian sea, and those of small size at gonadal maturity were found during warm periods of lower productivity. In this respect, ARKHIPKIN *et al.* (2015) shows that the temperature accumulated during the first six months of ontogeny was the determining factor in the size at gonadal maturity of *D. gigas*, small sizes (1 year of life at high temperatures) or large sizes (1.5-2 years of life at low temperatures).

Analogous changes to those found in this work have been reported in other squid species such as *Loligo gahi*, where an increase in temperature during the initial life periods can accelerate growth resulting in significant differences in the size-age of adult's specimens (HATFIELD 2000). In the species *Loligo opalescens*, which during warm periods such as El Niño they were smaller and with a lower growth rate than those born during cold periods such as La Niña, a positive relationship was found between the mantle length and the upwelling rate, and a negative one with temperature (JACKSON & DOMEIR 2003).

NIGMATULLIN *et al.* (2001) indicate that *D. gigas* population structure is complicated and it is represented by three population groups (each one with different sizes at maturity and geographic location). Two of them have been observed in this study. Other species such as *Sthenoteuthis oualaniensis* have up to three population groups; however, only in large groups, it seems that high phenotypic plasticity is responsible for the formation of the groups; while in medium and small sizes the groups vary by morphological characteristics that differentiate them from the typical *S. oualaniensis* (NESIS 1993). Genetic studies have been conducted in *D. gigas* (SANDOVAL *et al.* 2009) in order to determine possible differences between population groups in the Northeast Pacific; the results conclude that there are no differences between them, which supports the

que apoya la tesis de que las diferencias se deberían a cambios fenotípicos debido a la plasticidad de la especie ante alta variabilidad anual de disponibilidad de alimento y cambios de temperatura.

Los resultados en este trabajo no muestran cambios latitudinales durante el mismo año en la talla media de madurez gonadal e indicarían uniformidad de la estructura por tallas de *D. gigas* en el mar peruano, el cual es gobernado principalmente por la Corriente Costera Peruana. Sin embargo, tomando en cuenta la distancia a la costa, *D. gigas*, presenta tallas medias menores en áreas más oceánicas, concordando con Liu *et al.* (2013) quienes reportan un amplio rango de tallas fuera de las 200 mn frente al Perú, con predominio de ejemplares de menor LM; así mismo, para esas áreas reportaron una talla media de madurez gonadal menor a las observadas dentro de las aguas jurisdiccionales del Perú, lo que se debería a los valores de temperatura y productividad, que difieren significativamente dentro y fuera del Sistema de Corrientes del Perú.

5. CONCLUSIONES

El calamar gigante *Dosidicus gigas* es una especie frecuente en las aguas peruanas con alta variabilidad temporal y espacial (longitudinal) de su estructura poblacional, causada por variables ambientales que determinan el tamaño de madurez gonadal y por ende el tamaño corporal.

thesis that the differences are a consequence of phenotypic changes because of the plasticity of the species due to high annual variability in food availability and temperature changes.

The results in this work show no latitudinal changes during the same year in the mean size at gonadal maturity and would indicate uniformity of *D. gigas* size structure in the Peruvian jurisdictional sea, which is ruled mainly by the Peruvian Coastal Current. Nevertheless, taking into account the distance from the coast, *D. gigas*, presents smaller mean sizes in more oceanic areas. According to Liu *et al.* (2013) who report a wide size ranges outside the 200 nm off Peru, with a predominance of squids having a lower ML. Likewise, for those areas they reported a smaller mean size at gonadal maturity than those observed within the Peruvian jurisdictional sea, which is due to the temperature and productivity values, which noticeable differ within and outside the Peruvian Current System.

5. CONCLUSIONS

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* is a frequent species in Peruvian sea with high temporal and spatial (longitudinal) variability of its population structure caused by environmental variables that determine the size at gonadal maturity and therefore body size.

6. REFERENCIAS / REFERENCES

- ARGÜELLES J, TAFUR R, TAPE A, VILLEGAS P, KEYL F, DOMINGUEZ N, SALAZAR M. 2008. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989–2004. *Progress in Oceanography*. 79: 308-312.
- ARGÜELLES J, TAFUR R. 2010. New insights on the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Northern Humboldt Current System: size at maturity, somatic and reproductive investment. *Fish Res*. 106: 185-192. Doi:10.1016/j.fishres.2010.01.005.
- ARKHIPKIN A, ARGÜELLES J, SHCHERBICH Z, YAMASHIRO C. 2015. Ambient temperature influences adult size and life span in jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 72: 400-409.
- BENITES C. 1985. Resultado de las investigaciones biológico-pesqueras de la jibia *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el litoral peruano de julio 1983 a marzo 1984. En: A. E. Tresierra (ed.), *Anales del Congreso Nacional de Biología Pesquera*. 28 Jun.-1 Jul. 1984, Trujillo, Perú. 10-15.
- BENITES C, VALDIVIESO V. 1986. Resultados de la pesca exploratoria de 1978/80 y desembarque de cefalópodos pelágicos en el litoral peruano. *Bol. Inst. Mar Perú*. 10(5):107-139.
- CLARKE R, PALIZA O, AGUAYO A. 1998. Sperm whales of the southeast pacific. Part IV: fatness, food and feeding. *Investigations on Cetacea*. Edited by G. Pilleri. Vol. XXI: 53-195.
- ESPINO M. 2013. El jurel *Trachurus murphyi* y las variables ambientales de macroescala. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). *Ecología, pesquería y conservación del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú*. *Rev. peru. biol.* 20(1): 9-20.
- HATFIELD E. 2000. Do some like it hot? Temperature as a possible determinant of variability in the growth of the Patagonian squid, *Loligo gahi* (Cephalopoda: Loliginidae). *Fisheries Research*. 47(1): 27–40.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE) and Japan Marine Fishery Resources Research Center (JAMARC). 1991. Joint survey report on jumbo flying squid by the R/V Shinko Maru No. 2 (In the waters Peruvian 200 miles zone, including adjacent waters) from 4 November to 17 December 1989. Report No. 18: 58.
- INSTITUTO DEL MAR DEL PERU (IMARPE) and Japan Marine Fishery Resources Research Center (JAMARC). 1992. Report of the survey on jumbo flying squid in the Southeastern Pacific Ocean by the R/V Shinko Maru No. 2, jointly organized by carried out from 12 October 1990 to 10 January 1991. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo, Japan. 61 pp.

- JACKSON G, DOMEIR M. 2003. The effects of an extraordinary El Niño/La Niña event on the size and growth of the squid *Loligo opalescens* off Southern California. *Marine Biology*. 142: 925-935.
- KEYL F, ARGUELLES J, MARIÁTEGUI L, TAFUR R, WOLFF M, YAMASHIRO C. 2008. A Hypothesis on range expansion and spatio-temporal shift in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the eastern pacific ocean. *CalCOFI Rep.* Vol. 49: 119-128.
- KEYL F, ARGÜELLES J, TAFUR R. 2010. Inter-annual variability of population structure, age and growth of *Dosidicus gigas* in the Peruvian EEZ. *ICES J. Mar. Sci.* doi:10.1093/icesjms/fsq167.
- LIU B, CHEN X, YI Q. 2013. Comparison of fishery biology of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* outside three Exclusive Economic Zones in the Eastern Pacific Ocean. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. Vol. 31(3): 523-533.
- NESIS K N. 1970. The biology of the giant squid of Perú and Chile, *Dosidicus gigas*. *Oceanology*. 10: 108-118.
- NESIS K N. 1983. *Dosidicus gigas*. In Boyle P.R. (Ed.), *Cephalopod Life Cycles*. Volume 1. Academic Press, London. 215-231.
- NESIS K N. 1993. Population structure of oceanic Ommastrephids, with particular reference to *Sthenoteuthis oualaniensis*: A review. In *Recent Advances in fisheries biology* Okutani, O'Dor and Kubodera (eds.). Tokai University Press, Tokyo. 375-383.
- NIGMATULLIN C M, NESIS K N, ARKHIPKIN A I. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fisheries Research*. 54: 9-19.
- RUBIO J, SALAZAR C. 1992. Prospección pesquera del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) a bordo del buque japonés "Shinko Maru 2" (04 de noviembre-17 de diciembre de 1989). *Inf. Inst. Mar Perú*. 103: 31.
- SANDOVAL-CASTELLANOS E, URIBE-ALCOCER M, DÍAZ-JAIMES P. 2009. Lack of genetic differentiation among size groups of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *Ciencias Marinas*. 35(4): 419-428.
- SWARTZMAN G, BERTRAND A, GUTIÉRREZ M, BERTRAND S, VASQUEZ L. 2008. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. *Progress in Oceanography*. 79: 228-237.
- TAFUR R, RABÍ M. 1997. Reproduction of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coasts. *Scientia Marina*. 61(2): 33-37.
- TAFUR R, KEYL F, ARGÜELLES J. 2010. Reproductive biology of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) as related to size and environmental variability in the northern Humboldt Current System. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 400: 127-141.
- TAIPE A, YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, ROJAS P, ROQUE C. 2001. Distribution and concentration of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fisheries Research*. 54: 21-32.
- VAN HEUKELEM W F. 1979. Environmental control of reproduction and life span in *Octopus*: An hypothesis. In: S.E. Stancyk (ed.). *Reproductive Ecology of Marine Invertebrates*, University of South Carolina Press, Columbia. 123-133.
- VINATEA J E. 1965. Estudio cuantitativo del contenido estomacal del cachalote en el área de Pisco (1961-1963). Lima, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos. Bachiller en Ciencias Biológicas. 101 p.

ANEXO

Tabla 2.- Longitud de manto promedio, mínima y máxima (cm) de *Dosidicus gigas* registrados en el mar peruano. Periodo 1958 - 2016Table 2. Average mantle length, minimum and maximum (cm) of *Dosidicus gigas* registered in the Peruvian sea during 1958 -2016

Años Years	Industrial Industrial			Artesanal Artisanal			Otros Others		
	Media/Mean	Min	Max	Media/Mean	Min	Max	Media/Mean	Min	Max
1958-1962							72,9	28	107
1979-1980							22,9	7	39
1983							25,5	16	35
1989							31,8	16	49
1990							34,1	16	76
1991	41,2	18	95						
1992	44,0	10	109						
1993	31,9	13	103						
1994	39,5	12	72						
1995	28,3	12	61						
1996	30,3	9	61						
1997	30,8	14	58						
1998									
1999	36,9	13	58	30,0	13	47			
2000	61,0	15	98	57,5	20	93			
2001	49,8	17	104	66,1	24	108			
2002	68,6	20	117	70,8	17	133			
2003	67,3	19	113	58,1	18	115			
2004	67,2	17	121	68,0	17	114			
2005	79,2	20	117	65,8	13	120			
2006	77,9	25	115	68,4	17	112			
2007	81,6	25	119	65,8	15	117			
2008	78,8	21	123	63,6	17	111			
2009	83,5	22	122	73,7	21	109			
2010	83,4	20	120	76,7	16	109			
2011	88,3	22	126	79,6	31	113			
2012				75,2	13	111			
2013				71,9	40	105			
2014				73,1	29	114			
2015				74,3	24	116			
2016				72,8	28	108			

Tabla 3.- Longitud de manto promedio, mínima y máxima de *Dosidicus gigas* por grado latitudinal en Perú. Periodo 1991 - 2011Table 3. Average mantle length, minimum, maximum of *Dosidicus gigas* by latitudinal degree in Peru. Period 1991 - 2011

Año/Year	Lat. S	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1991	Min (cm)				27	22	19	18	25	32	24	22		20	37	22	
	Max (cm)				42	58	61	61	95	79	47	41		51	53	58	
	Prom (cm)				36,0	39,0	42,3	39,9	47,5	52,0	35,7	31,5		29,7	47,0	43,1	
1992	Min (cm)	19	22	19	19	10	19	19	22	22	19	16	19	19	22	22	25
	Max (cm)	94	109	109	100	100	94	85	73	46	55	64	70	67	55	55	103
	Prom (cm)	34,4	73,0	58,9	41,5	47,4	34,9	39,8	39,0	32,3	28,6	31,5	34,7	34,7	33,2	34,9	57,4
1993	Min (cm)	15	12	15	14	14	15	20			16	15	17	15	15		59
	Max (cm)	50	50	50	53	55	46	46			86	49	49	96	104		95
	Prom (cm)	34,2	31,4	33,0	29,2	31,3	33,7	32,4			28,6	28,9	27,0	35,6	65,2		82,4
1994	Min (cm)	15	12	14	17	16	18	24						23			
	Max (cm)	67	70	68	66	72	72	46						60			
	Prom (cm)	39,5	40,8	36,0	40,1	44,7	49,9	31,0						36,1			
1995	Min (cm)	13	12	15	15	15	19	22	18		21	19					
	Max (cm)	58	60	53	42	50	48	36	47		41	47					
	Prom (cm)	29,9	27,8	27,3	27,1	27,7	29,3	31,0	32,1		28,6	26,7					
1996	Min (cm)	12	12	17	18	17	15	20	15	15	16	16	17				
	Max (cm)	43	42	42	40	41	35	32	39	38	35	43	39				
	Prom (cm)	23,4	23,6	27,2	27,8	26,7	24,1	26,8	26,0	26,6	25,3	26,3	25,5				
1997	Min (cm)	16	15	28	14	15		18									
	Max (cm)	58	51	52	57	53		42									
	Prom (cm)	31,9	30,1	30,2	30,0	29,6		24,3									
1999	Min (cm)	13	15	15	19												
	Max (cm)	47	48	58	57												
	Prom (cm)	27,3	29,5	36,4	38,9												
2000	Min (cm)	45	30	27	30	36	38	38			20	16	15	21			
	Max (cm)	88	98	98	84	77	56	56			55	50	49	42			
	Prom (cm)	67,3	73,1	69,9	60,7	60,7	47,6	47,3			33,5	31,2	29,9	27,1			
2001	Min (cm)			54	50	28		35	24	40	28	20	21	20	21	22	
	Max (cm)			102	98	100		91	58	99	92	73	104	99	100	91	
	Prom (cm)			79,4	74,4	79,7		52,6	44,1	79,9	48,5	42,0	53,6	65,7	69,7	67,7	
2002	Min (cm)			62	40	63					38	32	33	29	29		32
	Max (cm)			108	109	104					99	103	105	110	96		82
	Prom (cm)			92,3	86,7	88,5					74,3	76,2	74,6	69,9	68,2		67,9
2003	Min (cm)			42	24	19	23	27	30	60				60			
	Max (cm)			99	108	111	113	111	111	106				97			
	Prom (cm)			62,0	62,0	71,7	70,1	65,9	60,5	85,2				78,4			
2004	Min (cm)			20	28	25	24	24	30	28	30	27	22	17	25		
	Max (cm)			117	112	110	110	113	104	109	109	109	116	109	121		
	Prom (cm)			71,7	66,4	63,2	59,9	74,0	63,7	73,4	81,7	76,8	77,1	55,2	52,0		
2005	Min (cm)		42	34	27	26	21	20	34	26	30	25	35	26	32		
	Max (cm)		114	115	113	114	117	113	110	111	117	117	108	115	109		
	Prom (cm)		68,7	70,5	73,8	73,0	77,1	78,3	79,8	83,3	77,4	78,3	80,3	81,5	82,1		
2006	Min (cm)	78	52	30	37	26	24	32	37	30	29	30	33	40	45		
	Max (cm)	101	103	116	113	114	115	114	105	113	110	116	115	106	107		
	Prom (cm)	90,2	85,5	84,5	78,9	69,7	77,4	79,1	66,8	79,9	76,6	77,1	76,0	70,3	75,8		
2007	Min (cm)	44	30	25	27	30	28	49	32	45		48	51	50	40	32	
	Max (cm)	108	114	119	112	113	119	110	112	110	102	102	101	97	101	98	
	Prom (cm)	77,7	77,5	82,8	84,3	82,3	78,2	81,2	82,6	78,6	84,0	79,1	87,1	84,2	52,1	54,5	
2008	Min (cm)		22	21	41	31	31	61	41	40	50	30	31	27	28	50	
	Max (cm)		103	112	116	117	112	103	105	106	99	113	112	118	112	113	
	Prom (cm)		78,3	75,5	78,0	84,9	78,7	87,0	80,9	87,7	77,6	75,7	83,9	78,0	80,8	82,7	
2009	Min (cm)		41	28	23	23	41	34	24	22	42	22	25	37	36	47	62
	Max (cm)		120	122	122	115	15	100	109	103	105	110	110	113	108	97	106
	Prom (cm)		86,4	85,9	77,9	88,2	87,8	73,3	66,0	40,5	77,2	71,3	73,7	78,3	70,3	66,5	85,8
2010	Min (cm)		24	30	16	22	26	40				40	27	33	28	50	23
	Max (cm)		112	119	112	114	112	114				118	115	120	106	109	109
	Prom (cm)		85,0	82,3	75,6	84,6	77,4	65,5				90,0	88,1	85,1	80,1	88,3	83,2
2011	Min (cm)		68	27	33	22	72	30			66	28	30	24	70		76
	Max (cm)		112	112	107	106	106	115			110	111	121	126	115		103
	Prom (cm)		94,1	89,7	90,9	60,9	92,6	56,9			88,2	87,0	89,7	88,7	91,6		89,7