

# BOLETÍN

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 2



Julio - Diciembre 2018  
Callao, Perú



## EL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

### tiene cuatro tipos de publicaciones científicas:

**BOLETÍN (ISSN 0458-7766), desde 1964.-** Es la publicación de rigor científico, que constituye un aporte al mejor conocimiento de los recursos acuáticos, las interacciones entre éstos y su ambiente, y que permite obtener conclusiones preliminares o finales sobre las investigaciones. El BOLETÍN constituye volúmenes y números semestrales, y la referencia a esta publicación es: **Bol Inst Mar Perú.**

**INFORME (ISSN 0378 – 7702), desde 1965.-** Es la publicación que da a conocer los resultados preliminares o finales de una operación o actividad, programada dentro de un campo específico de la investigación científica y tecnológica y que requiere difusión inmediata. El INFORME ha tenido numeración consecutiva desde 1965 hasta el 2001, con referencia del mes y el año, pero sin reconocer el *Volumen*. A partir del 2004, se consigna el *Volumen 32*, que corresponde al número de años que se viene publicando, y además se anota el fascículo o número trimestral respectivo. La referencia a esta publicación es: **Inf Inst Mar Perú.**

**INFORME PROGRESIVO, desde 1995 hasta 2001.** Una publicación con dos números mensuales, de distribución nacional. Contiene información de investigaciones en marcha, conferencias y otros documentos técnicos sobre temas de vida marina. El INFORME PROGRESIVO tiene numeración consecutiva, sin mencionar el año o volumen. Debe ser citado como Inf Prog Inst Mar Perú. Su publicación ha sido interrumpida.

**ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) desde 2004.-** Es una publicación anual que se considera un RESUMEN DE LOS INFORMES DE LAS DIRECCIONES Y DE LAS SEDES DESCENTRALIZADAS DEL IMARPE durante un año calendario. Estos resultados se editan para su difusión y conocimiento de la comunidad científica y empresarial. La referencia a esta publicación es Anu. cient. tecnol. IMARPE, seguida del año. Para el volumen 17 será *Anu cient tecnol IMARPE Vol 17, 2018*

## The PERUVIAN MARINE RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)

### has four types of scientific publications:

**BOLETÍN ((ISSN 0458-7766) (IMARPE BULLETIN).- Published since 1964.** This is a strictly scientific journal that provides information as a contribution in the field of aquatic resources and the interactions between these and their environment. It also presents preliminary or final conclusions on these investigations. The BOLETÍN is published and numbered in volumes by semesters, and its reference will be: **Bol Inst Mar Peru.**

**INFORME (ISSN 0378-7702) (IMARPE REPORT).- Published since 1965.** These journals contain preliminary or final results of research activities within a specific scientific and/or technological field that requires immediate circulation. During 31 years the INFORME has had consecutive numeration from N° 1 until N° 164, without correspondence between the volume and publication year. Beginning in 2004, quarterly numbers are being published beginning with Volume 32, which corresponds to the number of years since being in print. The reference will be **Inf Inst Mar Peru.**

**INFORME PROGRESIVO (IMARPE PROGRESSIVE REPORT).- Published between 1995 and 2001.** This is a report that is published bimonthly and distributed nationally. It contains technical information pertaining to ongoing research, conferences and other documents of interest related to marine life in general. These reports have had consecutive numeration from N° 1 to N° 159), including the month of the year, but not the volume number. At this time, the publication of these reports has been interrupted. It must be mentioned as **Inf Prog Inst Mar Peru.**

**ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103) (IMARPE SCIENTIFIC and TECHNOLOGICAL YEARBOOK).- Published since 2004.** This is a yearly Publication edited as a *SUMMARY of the REPORTS OF THE DIVISIONS AND OF THE REGIONAL HEADQUARTERS OF THE PERUVIAN MARINE RESEARCH INSTITUTE (IMARPE)*, published each year, and distributed among the scientific and professional community in general. The reference to this publication will be **Anu cient tecnol IMARPE**, following the year. For volume 17, it will be *Anu cient tecnol IMARPE Vol 17, 2018*

# BOLETÍN

## INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

ISSN 0458-7766

VOLUMEN 33, Número 2



Julio - Diciembre 2018  
Callao, Perú



PERÚ

Ministerio  
de la Producción



**PORTADA:** *Dosidicus gigas* "calamar gigante o pota"

**FOTO:** RICARDO TAFUR, diciembre 1990, a bordo del barco calamarero coreano Kuang Yang 108. Convenio IMARPE-Muelle Maturana.

**ILUSTRACIÓN:** ARTURO SANDOVAL NAVARRO, VIOLETA VALDIVIESO MILLA

© 2018 Instituto del Mar del Perú (IMARPE)

Esquina Gamarra y General Valle s/n

Casilla postal 22. Callao, Perú

Teléfono 208 8650, Fax: 429.9811

C. electrónico: imarpe@imarpe.gob.pe

**Consejo Directivo IMARPE 2018**

**PRESIDENTE**

Valm. AP (r) JAVIER GAVIOLA TEJADA

**DIRECTOR EJECUTIVO CIENTÍFICO**

BLGO. RENATO GUEVARA CARRASCO

**COMITÉ EDITORIAL**

**Coordinadora**

BLGA. SULMA CARRASCO BARRERA

**EDITORA**

VIOLETA VALDIVIESO MILLA

**Co-Editoras**

EMIRA ANTONIETTI

SOLEDAD GUZMÁN CÁRDENAS

**DIAGRAMACIÓN**

ARTURO SANDOVAL NAVARRO

**COMITÉ CONSULTIVO DE ESTE NÚMERO**

Pedro Trillo. Consultor, Perú. Email: [pedrotrillo@gmail.com](mailto:pedrotrillo@gmail.com)

Alexander Arkhipkin. Fisheries Department, Falkland islands.

Email: [AArkhipkin@fisheries.gov.fk](mailto:AArkhipkin@fisheries.gov.fk)

Gastón Bassino Ferreri. Centro de Investigaciones Biológicas del

Noroeste (CIBNOR). Email: [gbazzino04@cibnor.mx](mailto:gbazzino04@cibnor.mx)

Philippe Bearéz. Centre National de la Recherche Scientifique

(CNRS). Email: [philippe.bearéz@mnhn.fr](mailto:philippe.bearéz@mnhn.fr)

John Bower. Hokkaido University, Japón.

Email: [john.richard.bower@gmail.com](mailto:john.richard.bower@gmail.com)

Nikita Gaibor. University of Rhode Island, USA.

Email: [nickgc\\_2000@yahoo.com](mailto:nickgc_2000@yahoo.com)

Felipe Galván Magaña. Instituto Politécnico Nacional, México.

Francois Gerlotto. Instituto de Recursos Acuáticos (IREA), Francia.

Email: [francois.gerlotto@ird.fr](mailto:francois.gerlotto@ird.fr)

Patricio Gálvez Gálvez. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile.

Email: [patricio.galvez@ifop.cl](mailto:patricio.galvez@ifop.cl)

Leo Walter Gonzales Cabellos. Instituto de Investigaciones

Científicas, Universidad de Oriente Isla Margarita, Venezuela.

Email: [lwgc25@gmail.com](mailto:lwgc25@gmail.com)

Manuel Haimovici. Universidad Federal de Rio Grande

(FURG), Brasil. Email: [manuelhaimovichi@gmail.com](mailto:manuelhaimovichi@gmail.com)

Christian Ibáñez. Universidad Andrés Bello, Chile.

Email: [ibanez.christian@gmail.com](mailto:ibanez.christian@gmail.com)

Marcela Ivanovic. Instituto Nacional de Investigación y

Desarrollo Pesquero, Argentina. Email: [ivanovic@inidep.edu.ar](mailto:ivanovic@inidep.edu.ar)

Unai Markaida. Consultor, México. Email: [umarkaida@ecosur.mx](mailto:umarkaida@ecosur.mx)

Jorge Aurelio Oliva. Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, Perú.

Email: [olivaja2011@hotmail.com](mailto:olivaja2011@hotmail.com)

Rigoberto Rosas. Instituto de Ciencias Marinas y Pesquerías.

Universidad Veracruzana, México. Email: [riroluis@yahoo.com.mx](mailto:riroluis@yahoo.com.mx)

Yasunori Sakurai. Hakodate Cephalopod Research Center,

Fisheries and Oceans Hakodate, Japón.

Email: [yasunorisakurai@fish.hokudai.ac.jp](mailto:yasunorisakurai@fish.hokudai.ac.jp)

Rodolfo Serra. Consultor, Chile. Email: [rodolfo.serra@gmail.com](mailto:rodolfo.serra@gmail.com)

Indizada en Aquatic Science Fisheries Abstracts (ASEA)

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú N° 2013-19833

Reservados todos los derechos de reproducción, publicación

total o parcial, los de traducción y de la página Web.

Tiraje: 500 ejemplares

Terminado de imprimir: 2018

Distribución: canje, suscripción o compra

Impreso en: Inversiones Iakob S.A.C.

Av. Iquitos 1481 - La Victoria, Lima - Perú

R.U.C. 20562618008

La información estadística, los mapas, figuras, términos y designaciones empleados en esta publicación científica son referenciales, no tienen valor oficial, y son de completa responsabilidad de los autores.

# INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

## BOLETÍN

ISSN 0458-7766

Volumen 33, Número 2, Julio - Diciembre 2018  
[Bol Inst Mar Perú 33 (2)]

### CONTENIDO

1. **Aspectos reproductivos del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el mar peruano**  
*Reproductive aspects of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) in Peruvian water*  
RICARDO TAFUR, ÁNGEL PEREA, BETSY BUITRÓN..... 119
2. **Escala de madurez gonadal del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae)**  
*Gonadal maturity scale of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae)*  
ÁNGEL PEREA, JAVIER SÁNCHEZ, BETSY BUITRÓN..... 137
3. **Observations on embryos and embryonic development from an egg mass of the jumbo squid *Dosidicus gigas* spawned under captive conditions**  
*Observaciones sobre embriones y desarrollo embrionario a partir de una masa de huevos del calamar gigante *Dosidicus gigas* desovada en cautiverio*  
MITSUO SAKAI, DHARMAMONY VIJAI, CARMEN YAMASHIRO, TOSHIE WAKABAYASHI..... 153
4. **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 GOICOCHEA, ENRIQUE MORALES-BOJÓRQUEZ, JUAN ARGÜELLES, MIGUEL ARAYA..... 160
5. **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 water between 1958 and 2015*  
JUAN ARGÜELLES, ANATOLIO TAIPE..... 167
6. **Distribución y concentración de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el mar peruano y aguas adyacentes**  
*Distribution and concentration of *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) in the Peruvian sea and adjacent waters*  
LUIS MARIÁTEGUI ROSALES, MARIA SANJINEZ ALVITES, ANATOLIO TAIPE YZARRA,  
CARMEN YAMASHIRO GUINOZA..... 178
7. **Captura incidental de la pota (*Dosidicus gigas*) en la pesquería de cerco peruana**  
*Bycatch of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian purse seine fishery*  
MARILÚ BOUCHON, JULIO LIMACHE, DANY ULLOA..... 212

<b>8. Sistema de monitoreo de la pesquería del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i> en el Perú</b> <i>Monitoring system for the jumbo flying squid fishery <i>Dosidicus gigas</i> in Peru</i>	
C. YAMASHIRO, L. MARIÁTEGUI, R. TAFUR, G. CASTILLO, J. ARGÜELLES, C. GOICOCHEA, A. ALEGRE, J. SÁNCHEZ, A. TAPE, M. SANJINEZ .....	222
<b>9. Variabilidad espacial y temporal de paralarvas de cefalópodos (1980-2014) en el mar peruano</b> <i>Spatio-temporal variability of cephalopod paralarvae (1980-2014) in Peruvian waters</i>	
PATRICIA AYÓN .....	253
<b>10. Lineamientos para adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante <i>Dosidicus gigas</i></b> <i>Guidelines for the adaptation and development of a Peruvian fleet specializing in the capture of jumbo flying squid <i>Dosidicus gigas</i></i>	
CARLOS MARTÍN SALAZAR CÉSPEDES, LUIS ALEJANDRO GIAMPIETRI ROJAS, JULIO RICARDO ALARCÓN VÉLEZ, DANIELA THORNE MARTÍNEZ .....	266
<b>11. Aspectos de la ordenación pesquera del calamar gigante o pota (<i>Dosidicus gigas</i>) y la variabilidad climática en el Perú</b> <i>Aspects of jumbo flying squid (<i>Dosidicus gigas</i>) fisheries management and climate variability in Peru</i>	
RENATO GUEVARA-CARRASCO, LUIS MARIÁTEGUI, CARMEN YAMASHIRO .....	285
<b>12. Biología, estructura poblacional y pesquería de pota o calamar gigante (<i>Dosidicus gigas</i>) en el Perú</b> <i>Biology, population structure and fishery of jumbo flying squid (<i>Dosidicus gigas</i>) in Peru</i>	
JORGE CSIRKE, JUAN ARGÜELLES, ANA ALEGRE, PATRICIA AYÓN, MARILÚ BOUCHON, GLADIS CASTILLO, RAMIRO CASTILLO, ROSARIO CISNEROS, RENATO GUEVARA-CARRASCO, LUIS LAU, LUIS MARIÁTEGUI, CARLOS SALAZAR, RICARDO TAFUR, JOSYMAR TORREJÓN, CARMEN YAMASHIRO.....	302
Instrucciones para los autores .....	365

# ASPECTOS REPRODUCTIVOS DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) EN EL MAR PERUANO

## REPRODUCTIVE ASPECTS OF THE JUMBO FLYING SQUID *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) IN PERUVIAN WATERS

Ricardo Tafur<sup>1</sup>Ángel Perea<sup>1</sup>Betsy Buitrón<sup>1</sup>

### RESUMEN

TAFUR R, PEREA A, BUITRÓN B. 2018. Aspectos reproductivos del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el mar peruano. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 119-136.- En este trabajo se ha recopilado y analizado la información biológica proveniente del seguimiento de la pesquería de pota *Dosidicus gigas* desde 1989 al 2016, que ha permitido conocer la variabilidad anual e interanual del ciclo reproductivo de la especie en el mar peruano, sus cambios de régimen a lo largo del tiempo, así como las estructuras básicas de madurez gonadal. El análisis de los índices reproductivos de *D. gigas*, IGS (índice gonadosomático), IGN (índice de la glándula nidamental), AR (actividad reproductiva) y SCI (índice del complejo espermatofórico, solo machos), indican que existe un periodo de mayor actividad reproductiva, el cual se inicia en agosto y finaliza en febrero de cada año, con mayor intensidad entre octubre y enero. La mayor proporción de hembras maduras se encontró en 1996, año en el que se presentó el evento La Niña, que precedió al último Niño extraordinario (1997/1998), sugiriendo que este tipo de eventos (La Niña) favorecen la maduración de ovarios de los individuos del grupo grande. En las hembras el IGS muestra tendencia al incremento, lo que no se observa en machos. La estimación de la talla de primera madurez para hembras, calculada con la serie completa fue de 306 mm de longitud del manto (LM) para el grupo de la "forma pequeña" y 642 mm LM para el grupo de la "forma grande"; mientras que, para los machos fue de 201 mm LM para el grupo de la "forma pequeña" y de 514 mm LM para el grupo de la "forma grande". Esta estructura intraespecífica es complicada y es el caso de otros ommastrephidos, presentando traslapes entre la distribución espacial de estos grupos (NESIS 1970, 1983; NIGMATULLIN *et al.* 2001). La existencia de grupos intraespecíficos en la población del calamar gigante con parámetros reproductivos y poblacionales diferentes, ya ha sido reportada anteriormente para esta especie (NESIS 1983, ARKHIPKIN y MURZOV 1986, NIGMATULLIN *et al.* 2001, ARGÜELLES *et al.* 2001, MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI 2001, ARGÜELLES *et al.* 2008, ARGÜELLES y TAFUR 2010, ARKHIPKIN *et al.* 2015).

PALABRAS CLAVE: *Dosidicus gigas*, aspectos reproductivos, 1989-2011

### ABSTRACT

TAFUR R, PEREA A, BUITRÓN B. 2018. Reproductive aspects of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) in Peruvian waters. *Bol Inst Mar Peru*. 33(2): 119-136.- In this paper, biological information has been collected and analyzed from the monitoring of the fishery for jumbo flying squid *Dosidicus gigas* from 1989 to 2016, which has allowed us to know the annual and interannual variability of the reproductive cycle of the species in the Peruvian sea, its regime changes over time, as well as the basic structures of gonadal maturity. The analysis of the reproductive indices of *D. gigas*, GSI (gonadosomatic index), NGI (nidamental gland index), RA (reproductive activity) and SCI (spermatophoric complex index, males only), indicate that there is a period of greater reproductive activity, which begins in August and ends in February of each year, with greater intensity between October and January. The highest proportion of mature females was found in 1996, the year of La Niña event, which preceded the last Extraordinary El Niño (1997/1998), suggesting that this type of event (La Niña) favors the maturation of the ovaries of individuals in the large group. In females, the GSI shows a tendency to increase, which is not observed in males. The estimate of the size at first maturity for females, calculated with the complete series, was 306 mm mantle length (ML) for the 'small shape' group and 642 mm ML for the 'large shape' one; while, for males it was 201 mm ML for the 'small shape' group and 514 mm ML for the 'large shape' one. This intraspecific structure is complicated and is the case of other Ommastrephides, presenting overlaps between the spatial distributions of these groups (NESIS 1970, 1983; NIGMATULLIN *et al.* 2001). The existence of intraspecific groups in the jumbo flying squid population with different reproductive and population parameters has been previously reported for this species (NESIS 1983, ARKHIPKIN & MURZOV 1986, NIGMATULLIN *et al.* 2001, ARGÜELLES *et al.* 2001, MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2001, ARGÜELLES *et al.* 2008, ARGÜELLES & TAFUR 2010, ARKHIPKIN *et al.* 2015).

KEYWORDS: *Dosidicus gigas*, reproductive aspects, 1989-2011

## 1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante o pota *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) es un cefalópodo de distribución oceánica – nerítica de importancia comercial en el Pacífico oriental (YAMASHIRO *et al.* 1998, ROCHA y VEGA 2003)

## 1. INTRODUCTION

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) is a cephalopod of oceanic-neritic distribution of commercial importance in the Eastern Pacific (YAMASHIRO *et al.* 1998, ROCHA & VEGA 2003) and

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito-Callao. E-mail: rtafur@imarpe.gob.pe

y constituye, para el Perú, el cefalópodo de mayor importancia económica que sustenta la pesquería artesanal e industrial desde el año 1991 (MARIÁTEGUI y TAIPE 1996). La explotación de este recurso se realiza en todo el litoral peruano, con mayor intensidad entre 03°30'S y 12°00'S (ARGÜELLES y YAMASHIRO 1997).

En el Perú entre los trabajos realizados sobre biología reproductiva de esta especie, se puede mencionar la descripción elaborada por NESIS (1970, 1983) para la zona de Perú y Chile, así como generalidades de su reproducción (TAFUR y RABÍ 1997), la dinámica de la maduración de ovarios (TAFUR *et al.* 2001), la descripción más detallada de las características de su reproducción (TAFUR *et al.* 2010) y la validación histológica de la escala de madurez, que incluye a los machos para el litoral peruano (PEREA *et al.* 2018).

Existen estudios sobre la especie realizados en el Golfo de California, México, en los que destacan MICHEL *et al.* (1986) quienes describieron originalmente la madurez gonádica de la especie; HERNÁNDEZ-HERRERA *et al.* (1996) determinaron la talla de primera madurez y DÍAZ-URIBE *et al.* (2006) validaron histológicamente los estadios de madurez gonádica para las hembras de calamar gigante. De igual manera, trabajos sobre distintas características reproductivas para las hembras del calamar gigante fueron efectuados por MARKAIDA (2001, 2006), MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI (2001), MARKAIDA *et al.* (2004) y NIGMATULLIN y MARKAIDA (2009) que incluyen información no solo del Golfo de California sino también de Nicaragua, en el que describen el desarrollo ovocitario, la fecundidad y las estrategias reproductivas. También destacan trabajos realizados en el Golfo de California sobre combinación de tecnología de teledetección y muestreos de *Jigging*, que pueden ayudar a los pescadores con información para explorar nuevas áreas de pesca de calamar gigante (ROBINSON *et al.* 2013). Es importante mencionar las investigaciones realizadas sobre biología reproductiva fuera de la ZEE de Chile por LIU *et al.* (2010) y CHEN *et al.* (2010) y dentro del mar de Chile ZÚÑIGA *et al.* (2008) quienes postularon la existencia de dos ciclos reproductivos para la especie sobre la base del patrón regular de periodicidad en su captura mensual a lo largo de la costa chilena, durante el período 2002 a 2005.

La recopilación y análisis de información biológica proveniente del seguimiento de la pesquería de pota, desde el año 1989 al 2016, ha permitido conocer la variabilidad anual e interanual del ciclo reproductivo de la pota en el mar peruano, junto a los cambios de régimen. Así mismo, los índices calculados a partir de las estructuras de madurez permitieron estimar la talla de primera madurez anual.

constitutes, for Peru, the cephalopod of greater economic importance that sustains the artisanal and industrial fishery since 1991 (MARIÁTEGUI & TAIPE 1996). The exploitation of this resource is carried out along the entire Peruvian coast, with greater intensity between 03°30'S and 12°00'S (ARGÜELLES & YAMASHIRO 1997).

In Peru, among the works carried out on the reproductive biology of this species, we can mention the description made by NESIS (1970, 1983) for the area of Peru and Chile, as well as the generalities of its reproduction (TAFUR & RABÍ 1997), the dynamics of ovarian maturation (TAFUR *et al.* 2001), the more detailed description of the characteristics of its reproduction (TAFUR *et al.* 2010) and the histological validation of the maturity scale, which includes the males for the Peruvian coast (PEREA *et al.* 2018).

There are studies on the species carried out in the Gulf of California, Mexico, in which MICHEL *et al.* (1986) who described the gonadic maturity of the species; HERNÁNDEZ-HERRERA *et al.* (1996) determined the size at first maturity and DÍAZ-URIBE *et al.* (2006) histologically validated the stages of gonadal maturity for female jumbo flying squid. Similarly, work on different reproductive characteristics for females *D. gigas* was carried out by MARKAIDA (2001, 2006), MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI (2001), MARKAIDA *et al.* (2004) and NIGMATULLIN & MARKAIDA (2009) which include information not only from the Gulf of California but also from Nicaragua, describing oocyte development, fertility and reproductive strategies. Also noteworthy is work in the Gulf of California on combining remote sensing technology and jigging sampling that can help fishermen with information to explore new areas of jumbo flying squid fishing (ROBINSON *et al.* 2013). It is important to mention the research carried out on reproductive biology outside Chile's EEZ by LIU *et al.* (2010) and CHEN *et al.* (2010) and within the Chilean sea ZÚÑIGA *et al.* (2008) who postulated the existence of two reproductive cycles for the species based on the regular pattern of periodicity in the monthly catch of this squid along the Chilean coast, during the period 2002 to 2005.

The compilation and analysis of biological information from the monitoring of the squid fishery, from 1989 to 2016, has allowed us to know the annual and interannual variability of the reproductive cycle of jumbo flying squid in the Peruvian sea, along with the changes in regime. Likewise, the indices calculated from the maturity structures allowed us to estimate the size at first annual maturity.



## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio corresponde al mar peruano (Fig. 1).

## 2. MATERIAL AND METHODS

The study area corresponds to the Peruvian sea (Fig. 1).

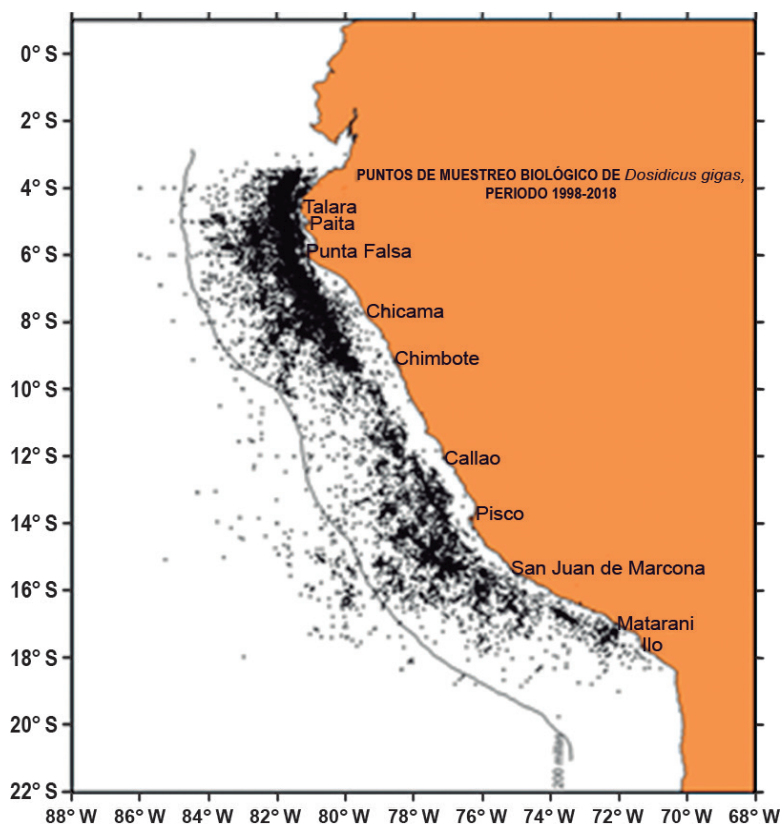


Figura 1.- Puntos de operaciones de pesca con muestras de *Dosidicus gigas*. 1998-2016

Figure 1. Points of fishing operations with samples of *Dosidicus gigas*. 1998-2016

La recuperación de la información utilizada para este estudio, correspondió a los registros tomados por observadores de IMARPE (Técnicos Científicos del IMARPE-TCI) a bordo de embarcaciones calamareras extranjeras desde 1991 hasta 2011. Los TCI realizaron un muestreo estratificado por sexo y en cada operación (10 ejemplares por cada sexo). Así mismo, se incluyó la información proveniente de las pescas exploratorias llevadas a cabo en diversos convenios de investigación, así como muestreos biológicos realizados en 79 cruceros de investigación por IMARPE desde 1995 hasta el 2016.

Se han incluido los registros biológicos obtenidos de la pesca artesanal dedicada a la extracción de pota, del periodo 1996 - 2016, tomada por personal técnico-científico de los Laboratorios Costeros del IMARPE en Tumbes ( $03^{\circ}38'S - 80^{\circ}36'W$ ), Paita ( $5^{\circ}04'S - 81^{\circ}07'W$ ) e Ilo-Camaná ( $16^{\circ}39'S - 72^{\circ}39'W$ ). A partir del 2015 se inició el Proyecto "Monitoreo biológico-pesquero del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) a bordo de la Flota Artesanal Potera en las principales Áreas de Extracción de la Costa peruana", de la cual se

The retrieval of the information used for this study corresponded to the records taken by IMARPE observers (IMARPE Scientific Technicians-TCI) aboard foreign squid vessels from 1991 to 2011. The TCIs carried out a stratified sampling by sex and in each operation (10 specimens per sex). It also included information from the exploratory fisheries carried out in various research agreements, as well as biological sampling conducted in 79 IMARPE research cruises from 1995 to 2016.

The biological records obtained from the artisanal fishery dedicated to the extraction of jumbo flying squid, from the period 1996 - 2016, taken by technical-scientific personnel of the IMARPE Coastal Laboratories in Tumbes ( $03^{\circ}38'S - 80^{\circ}36'W$ ), Paita ( $5^{\circ}04'S - 81^{\circ}07'W$ ) and Ilo-Camaná ( $16^{\circ}39'S - 72^{\circ}39'W$ ) have been included. From 2015 onwards, the project "Biological monitoring of the jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) on board the Jigger Artisanal Fleet in the main extraction areas of the Peruvian coast" was started, from which biological

tomó la información biológica de tres prospecciones realizadas el 2016 por el Laboratorio Costero de Paita; dos por el Laboratorio Costero de Camaná y tres por el Laboratorio de Ilo. Toda esta información permitió construir una base de datos de 256.671 ejemplares, registrando la longitud de manto (LM), sexo, longitud de glándula nidamental, longitud de testículo (medidas en milímetros). El peso total, peso del manto, peso de estructuras reproductivas (gónadas y glándulas anexas) y peso de la glándula digestiva provienen de los muestreos de la pesca artesanal realizados por los laboratorios costeros de IMARPE y de muestras proporcionadas por los TCI. Para determinar el estado de madurez se utilizaron las escalas macroscópicas descritas por NESIS (1970, 1983), TAFUR y RABÍ (1997) y PEREA (2018).

Para describir el ciclo reproductivo de *D. gigas* y conocer su variabilidad anual, se han utilizado los siguientes índices: Índice gonadosomático (IGS) (BOYLE y NEGOILE, 1993), Índice de la longitud de la glándula nidamental (IGN) (SOEDA *et al.* 1959), índice del complejo espermatofórico solo en machos (SCI) (HOWAIDA *et al.* 1998) y la actividad reproductiva (AR). Complementariamente y de manera indirecta se ha utilizado el Índice de la glándula digestiva IGD (CORTEZ *et al.* 1995, CASTRO *et al.* 1992, CASTRO y LEE 1994) que muestra el crecimiento en peso de la glándula digestiva en el tiempo.

Las expresiones de cada índice son las siguientes:

$$IGS = 100 * \left( \frac{Wg + Pe.repr}{Wt - (Wg + Pe.repr)} \right)$$

Donde:

- Wg: Peso de la gónada
- Pe.reprd: Peso de estructuras reproductivas
- Wt: Peso total

$$IGN = 100 * \left( \frac{LGN}{LM} \right)$$

Donde:

- LGN: Longitud de la Glándula Nidamental
- LM: Longitud del Manto, en milímetros

$$SCI = 100 * \left( \frac{P.Cesp}{Wt} \right)$$

Donde:

- P. Cesp.: Peso del complejo espermatofórico
- Wt: Peso total, en gramos

$$AR = 100 * \left( \frac{HestdIII + IV}{Htotal} \right)$$

information was taken from three (03) prospections carried out in 2016 by the Paita Coastal Laboratory; two (02) carried out by the Camaná Coastal Laboratory and three (03) carried out by the Ilo Laboratory. All this information made it possible to build a database of 256,671 specimens, recording the mantle length (ML), sex, length of the nesting gland, length of the testicle (measured in millimeters). The total weight, mantle weight, weight of reproductive structures (gonads and attached glands) and weight of the digestive gland come from artisanal fisheries sampling conducted by IMARPE's coastal laboratories, and from samples provided by TCIs. The macroscopic scales described by NESIS (1970, 1983), TAFUR & RABÍ (1997) and PEREA (2018) were used to determine the state of maturity.

To describe the reproductive cycle of *D. gigas* and to know its annual variability, the following indices have been used: gonadosomatic index (GSI) (BOYLE & NEGOILE, 1993), nidamental gland length index (NGI) (SOEDA *et al.* 1959), spermatophoric complex index only in males (SCI) (HOWAIDA *et al.* 1998) and reproductive activity (RA). Complementarily and indirectly, the Digestive Gland Index DGI has been used (CORTEZ *et al.* 1995, CASTRO *et al.* 1992, CASTRO *et al.* 1994, CASTRO & LEE 1994) which shows the growth in weight of the digestive gland over time.

The expressions of each index are as follows:

$$IGS = 100 * \left( \frac{Wg + Pe.repr}{Wt - (Wg + Pe.repr)} \right)$$

Where:

- Wg: Weight of the gonad
- Pe.reprd: Weight of reproductive structures
- Wt: Total weight

$$IGN = 100 * \left( \frac{LGN}{LM} \right)$$

Where:

- LNG: Length of the Nidamental Gland
- ML: Mantle Length, in millimeters

$$SCI = 100 * \left( \frac{P.Cesp}{Wt} \right)$$

Where:

- P. Cesp.: Weight of the spermatophoric complex
- Wt: Total weight, in grams

$$RA = 100 * \left( \frac{HestdIII + IV}{Htotal} \right)$$

Donde:

$H_{\text{estd III+IV}}$ : Suma de hembras en estadio III y IV

$H_{\text{total}}$ : total de hembras

$$IGD = 100 * \left( \frac{Wgd}{Wt - Wgd} \right)$$

Donde:

Wgd: Peso de la glándula digestiva

Wt: Peso total

La talla de primera madurez fue estimada anualmente por sexo a lo largo de toda la serie (1989-2011). La estructura de madurez utilizada para construir cada ojiva cumplió con los requisitos descritos por VAZZOLER (1982) y BUITRÓN *et al.* (2011). Los dos primeros índices (IGS e IGN) fueron calculados solo con hembras; mientras que SCI fue exclusivo para machos. Las muestras involucraron un amplio rango de tallas que incluyeron individuos virginales. Los puntos reales obtenidos fueron ajustados a una curva logística de la forma:

$$y = \frac{100}{1 + e^{a-b*x}}$$

Se efectuó la separación de los grupos de tallas utilizando el criterio de la primera madurez. Para hembras del grupo pequeño se realizó el seguimiento del rango de tallas de 280 a 500 mm; para el grupo grande de 801 a 1.200 mm. En los machos, el rango de tallas del grupo pequeño fue de 181 a 240 mm y para el grupo grande de 661 a 1.200 mm.

De acuerdo a los índices reproductivos calculados, para la estimación de la talla de primera madurez ( $L_{50}$ ) en ambos sexos, se consideró el periodo de mayor actividad reproductiva, periodos que, de acuerdo a los estimados de los índices reproductivos, correspondieron a los meses de julio-diciembre y enero del año siguiente.

### 3. RESULTADOS

#### Ciclo reproductivo

Utilizando toda la serie histórica por meses, cuyos puntos de muestreo están ubicados en la figura 1, se muestran los valores medios mensuales para los índices IGS, IGN, SCI, IGD, los cuales describen las respectivas curvas patrones. Los tres primeros índices demuestran que a partir del mes de julio, sus valores se incrementan comparativamente a los primeros meses del año, indicando la mayor actividad reproductora en esa época del año. Los máximos valores se han

Where:

$H_{\text{estd III+IV}}$ : Sum of stage III and IV females

$H_{\text{total}}$ : Total number of females

$$DGI = 100 * \left( \frac{Wgd}{Wt - Wgd} \right)$$

Where:

Wgd: Weight of the digestive gland

Wt: Total weight

The size at first maturity was estimated annually by sex throughout the series (1989-2011). The maturity structure used to construct each ogive met the requirements described by VAZZOLER (1982) and BUITRÓN *et al.* (2011). The first two indices (GSI and NGI) were calculated only with females; while SCI was exclusively for males. The samples involved a wide range of sizes including virgin individuals. The actual points obtained were adjusted to a logistic curve of the form:

$$y = \frac{100}{1 + e^{a-b*x}}$$

The size groups were separated using the criterion of first maturity. For females in the small group, the size range 280 to 500 mm was followed; for the large group, 801 to 1,200 mm. In males, the size range of the small group was 181 to 240 mm and for the large group 661 to 1,200 mm.

According to the reproductive indices calculated, for the estimation of the size at first maturity ( $L_{50}$ ) in both sexes, the period of greatest reproductive activity was considered, periods that, according to the estimates of the reproductive indices, corresponded to the months of July-December and January of the following year.

### 3. RESULTS

#### Reproductive cycle

Using the whole historical series by months, whose sampling points are located in Figure 1, the monthly average values for the GSI, NGI, SCI and DGI indices are shown, which describe the respective standard curves. The first three indices show that from July onwards, their values increase in comparison with the first months of the year, indicating the highest reproductive activity at that time of the year. The highest values have been found in the months of August and November-January of each year, thus

encontrado en los meses de agosto y noviembre-enero de cada año describiendo, de esta manera, un periodo principal de desove (octubre-enero) y uno secundario en agosto. Para el caso del IGD, este mostró un comportamiento inverso respecto al resto de los índices descritos, registrando sus máximos valores en los meses de verano (enero, febrero) y prolongándose hasta agosto de cada año. Los máximos valores de IGD se observan previos a los procesos de maduración y desove (Fig. 2).

**Variabilidad temporal**

**Cambios de la actividad reproductiva (AR)**

Se analizó la variabilidad mensual de la AR para cada sexo en toda la serie para el periodo 1989-2016. Se muestra cómo las hembras registraron un comportamiento estacional de la AR, mostrando sus máximos valores en los meses de invierno-primavera (agosto-noviembre). La alta abundancia de hembras maduras observadas desde agosto a diciembre de cada año, sugiere que en este periodo es cuando se produce el pico de mayor actividad reproductiva y otro de menor intensidad en febrero. Es notable resaltar que la mayor actividad reproductiva de hembras se encontró en 1996, año frío, cuando se presentó el evento La Niña, que precedió al último Niño extraordinario (1997/1998).

La variabilidad mensual de la actividad reproductiva para hembras (Fig. 3-A) y machos (Fig. 3-B) evidencia que los valores registrados por los machos son más altos en comparación con los de hembras, lo cual demuestra un proceso de espermatogénesis muy intenso y continuo.

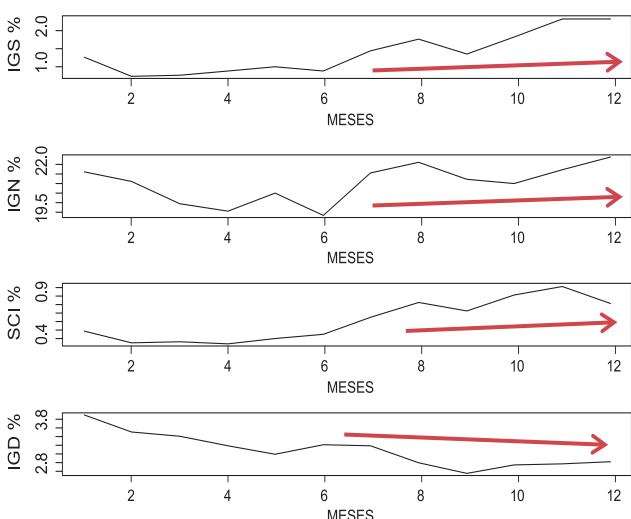


Figura 2.- Variación mensual del Índice gonadosomático (IGS); Índice de la Glándula Nidamental (IGN), Índice del Complejo Espermatorfórico (SCI) e Índice de la Glándula Digestiva (IGD) de *Dosidicus gigas* en el mar peruano a escala mensual (1989-2016)

Figure 2. Monthly variation of the Gonadosomatic index (GSI); Nidamental gland index (NGI), Spermatophoric complex index (SCI) and Digestive gland index (DGI) of *Dosidicus gigas* in the Peruvian sea on a monthly scale (1989-2016)

describing a main spawning period (October-January) and a secondary one in August. In the case of the DGI, this one showed an inverse behavior with respect to the rest of the described indices, registering its maximum values in the summer months (January, February) and extending until August of each year. The maximum values of DGI are observed prior to the maturation and spawning processes (Fig. 2).

**Temporal variability**

**Changes in reproductive activity (RA)**

The monthly variability of RA for each sex throughout the series for the period 1989-2016 was analyzed. It shows how females recorded a seasonal behavior of RA, showing its highest values in the winter-spring months (August-November). The high abundance of mature females observed from August to December of each year suggests that this is when the peak of greatest reproductive activity occurs and the peak of least intensity in February. It is noteworthy that the greatest reproductive activity of females was found in 1996, a cold year, when La Niña event occurred, which preceded the last extraordinary El Niño (1997/1998).

The monthly variability of reproductive activity for females (Fig. 3-A) and males (Fig. 3-B) shows that the values recorded by males are higher compared to those of females, which demonstrates a very intense and continuous spermatogenesis process.

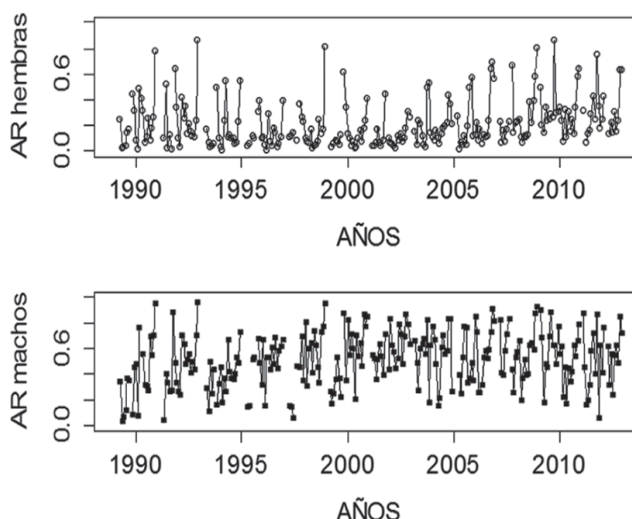


Figura 3.- Variación mensual de ejemplares maduros y desovantes (III y IV), hembras (3-A) y machos (3-B) durante el periodo 1989 -2016

Figure 3. Monthly variation of mature and spawning specimens (III and IV), females (3-A) and males (3-B) during the period 1989 -2016

### Variación temporal de los índices (IGS, IGN y SCI)

Las variaciones mensuales de cada índice son mostrados en la figura 4, verificándose que desde 1995 hasta el 2000 se registraron los mayores valores de todos los índices reproductivos, y a partir del año 2000 las fluctuaciones mensuales y estacionales han demostrado comportamientos similares.

Los cambios mensuales de los IGS (para hembras y machos), IGN (para hembras) e IGD desde 1990 hasta el 2016 son presentados en la figura 4, donde se observa que entre 1995 y 2003 el proceso reproductivo fue más intenso. Para el caso del IGD se muestran cambios mensuales solo desde comienzos del año 1998, cuando se inició el registro del peso de la glándula digestiva. Cabe mencionar que el IGN de hembras, el IGS de machos y hembras y el SCI de machos mostraron un patrón semejante al de la actividad reproductiva.

### Temporal variation of the indices (GSI, NGI and SCI)

The monthly variations of each index are shown in Figure 4, verifying that from 1995 to 2000 the highest values of all the reproductive indexes were recorded, and since 2000 monthly and seasonal fluctuations have shown similar behavior.

The monthly changes of the GSI (for females and males), NGI (for females) and DGI from 1990 to 2016 are presented in Figure 4, which shows that between 1995 and 2003 the reproductive process was more intense. In the case of DGI, monthly changes are shown only since the beginning of 1998, when the recording of the weight of the digestive gland began. It is worth mentioning that the NGI of females, the GSI of males and females and the SCI of males showed a pattern similar to that of reproductive activity.

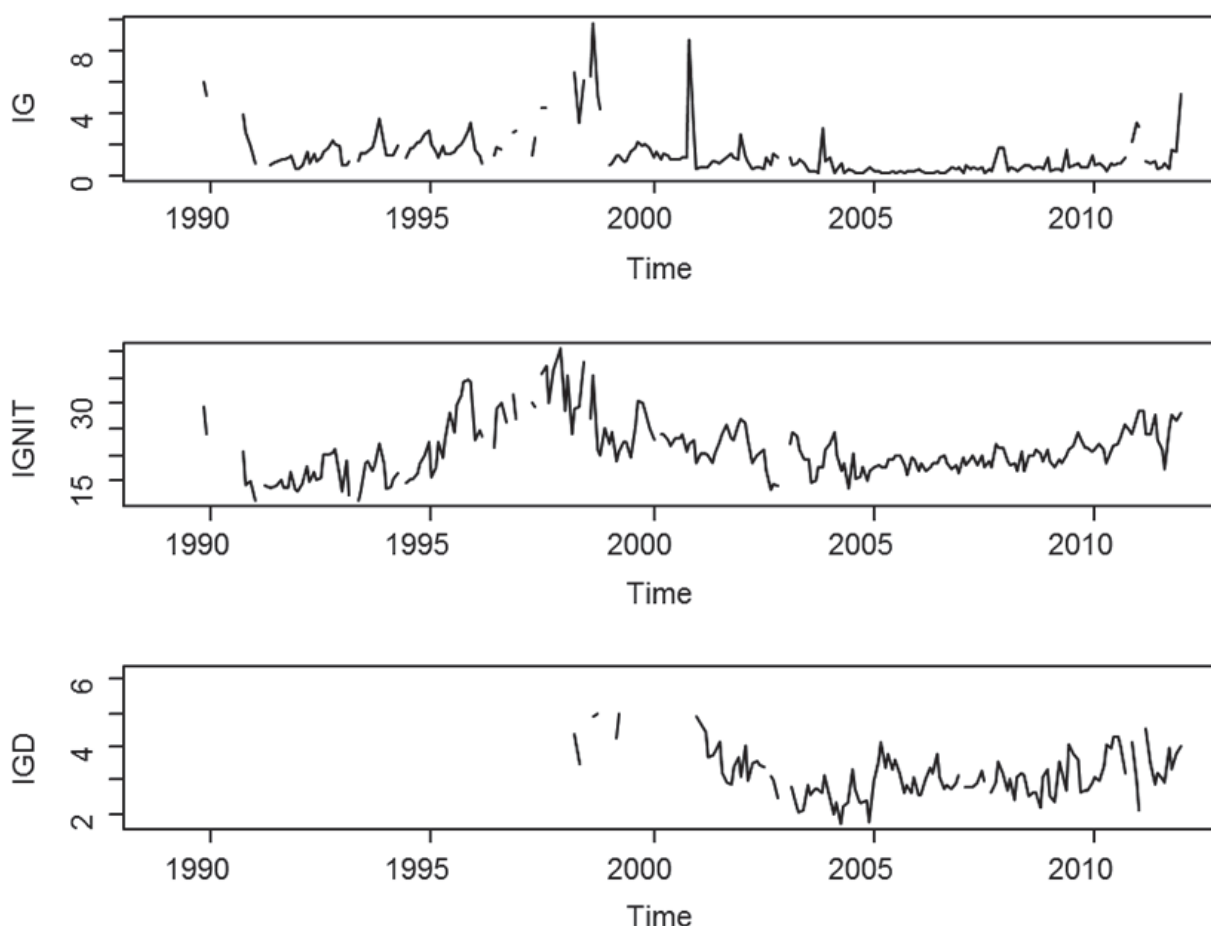


Figura 4.- Variación media mensual de IGS (Índice Gonadosomático) (a) índice de la glándula nidamental (b) índice de la glándula digestiva IGD. 1990 - 2016

Figure 4. Average monthly variation of GSI (Gonadosomatic Index) (a) nesting gland index (b) digestive gland index DGI. 1990 - 2016

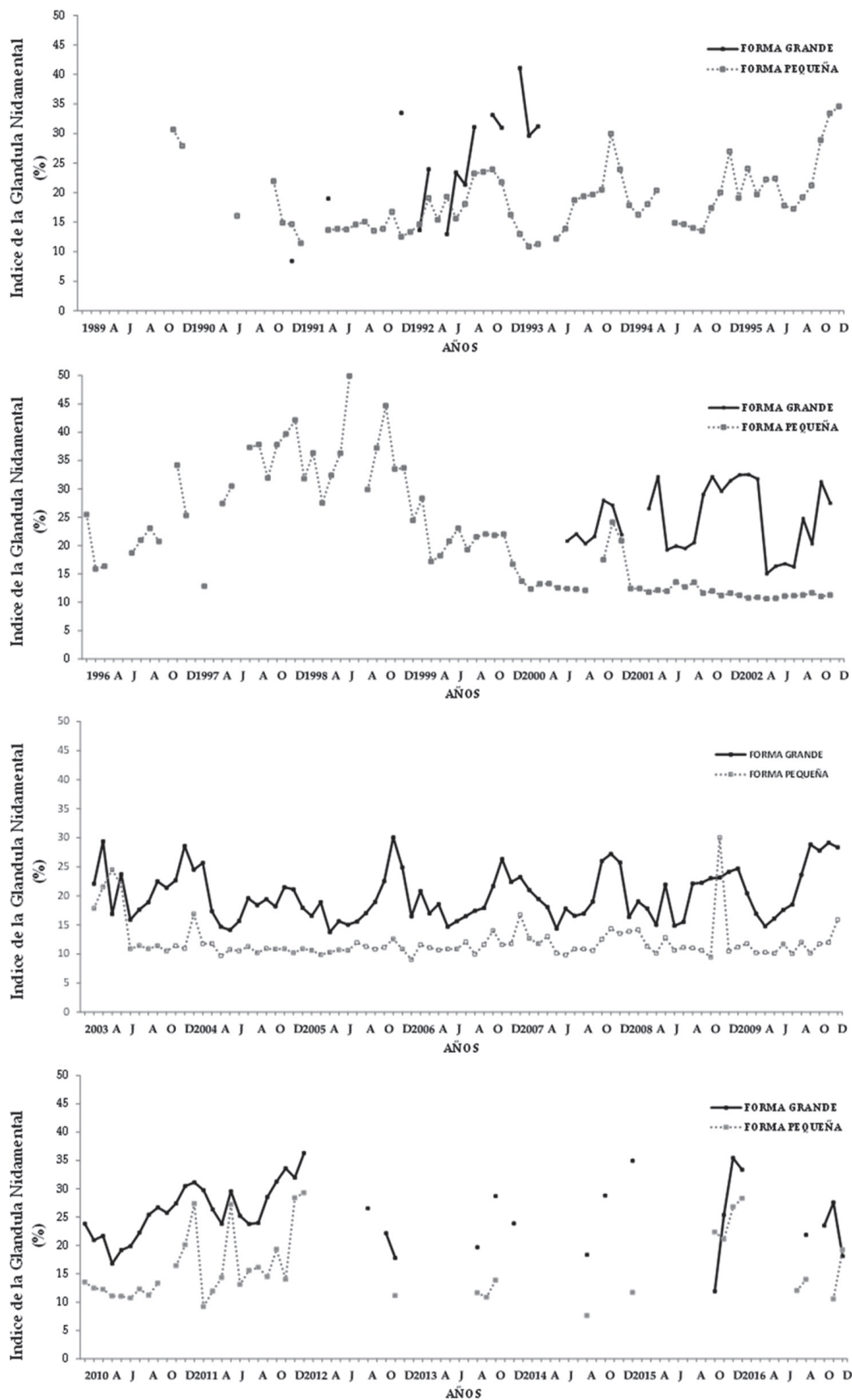


Figura 5.- Variación mensual del Índice de la Glándula Nidamental (ING) (%), para la forma grande y pequeña de *D. gigas* durante el periodo 1989-2016

Figura 5. Monthly variation of the Nidamental Gland Index (NGI) (%), for the large and small form of *D. gigas* during the period 1989-2016

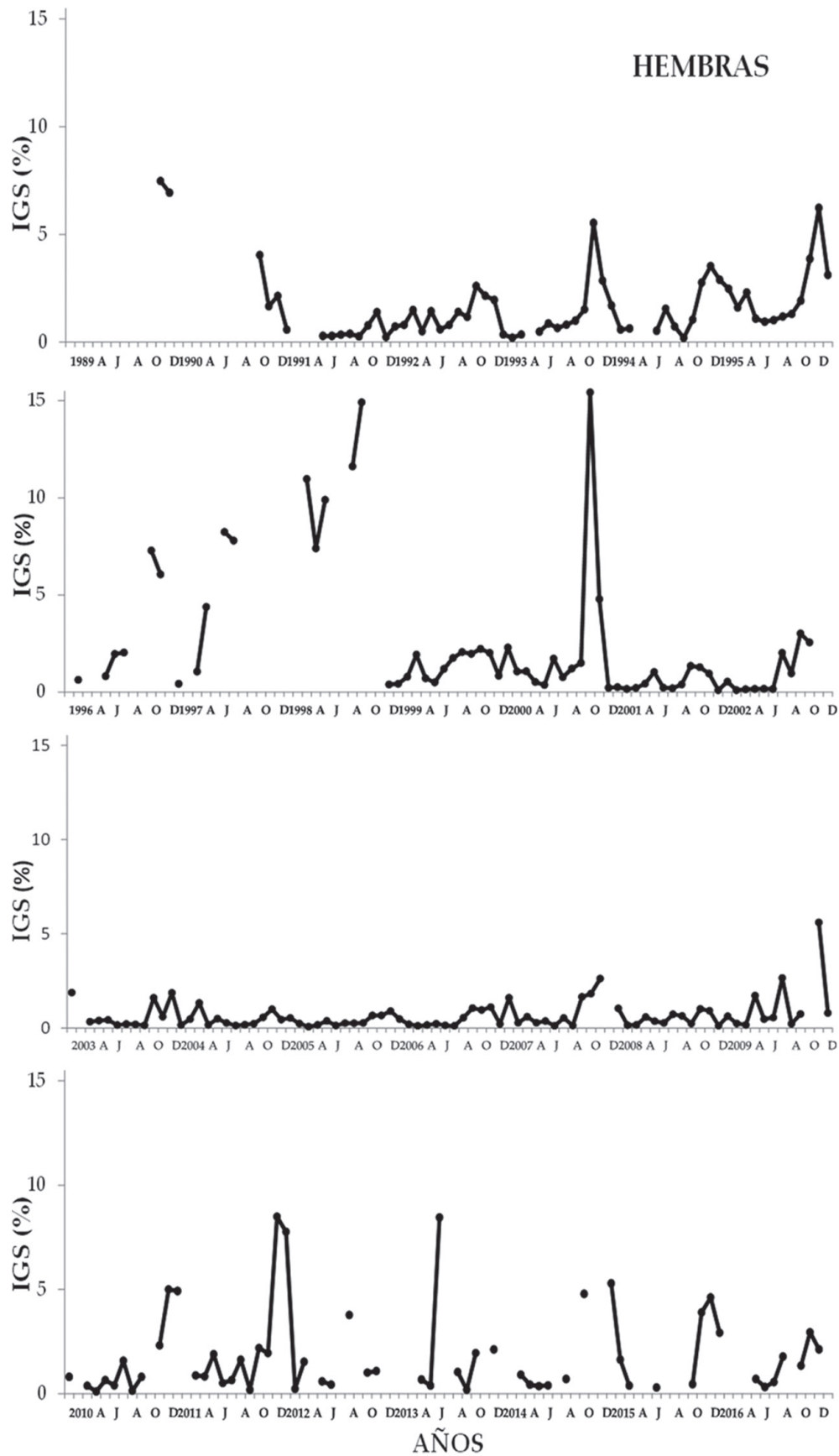


Figura 6. Variación mensual del Índice gonadosomático (IGS) para hembras y machos de *D. gigas* desde 1989 hasta el 2016

Figure 6. Monthly variation of the Gonadosomatic index (GPI) by sex of *Dosidicus gigas*. 1989 - 2016

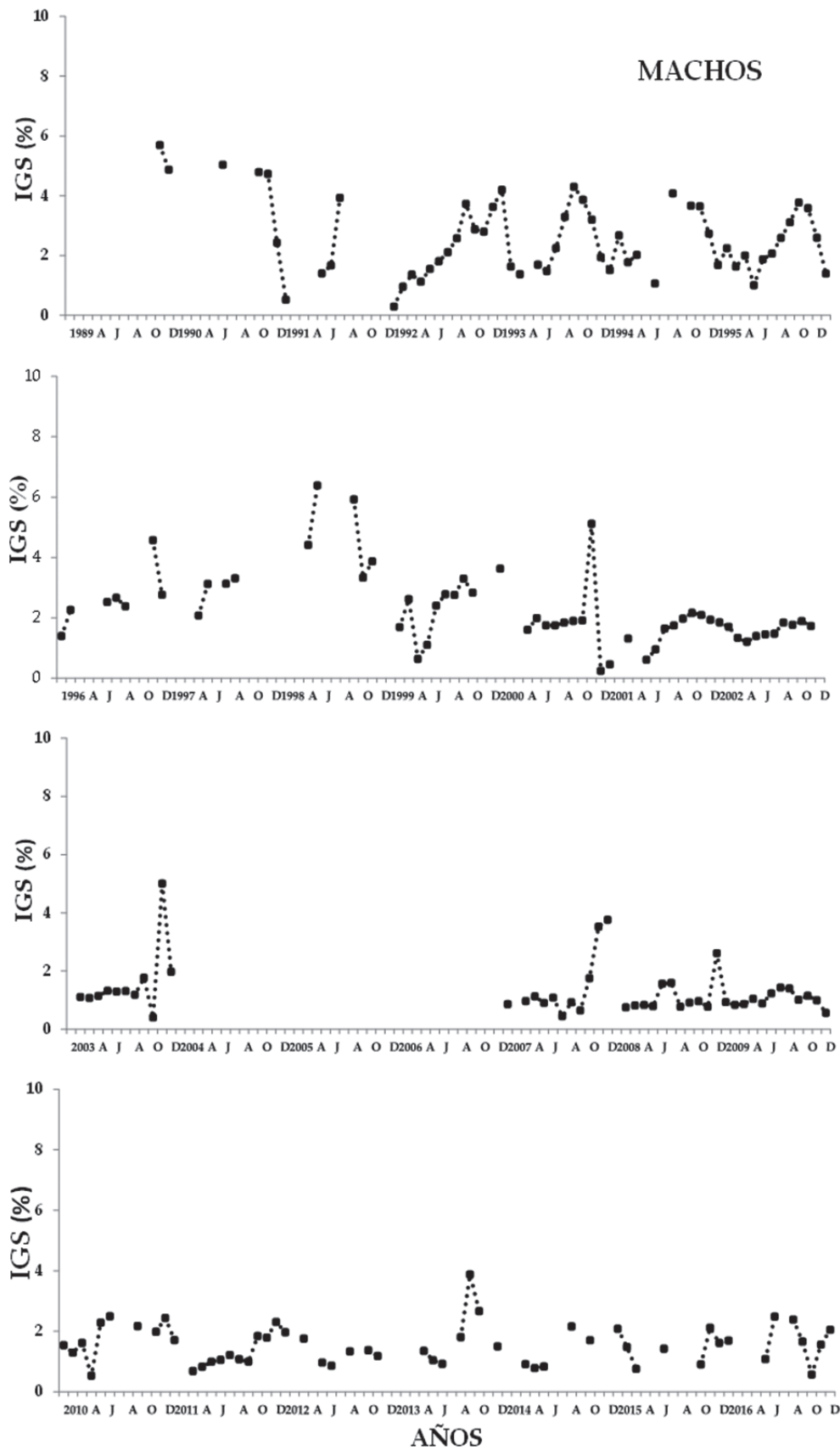


Figura 6.- Variación mensual del Índice gonadosomático (IGS) para hembras y machos de *D. gigas* desde 1989 hasta el 2016

Figura 6. Monthly variation of the Gonadosomatic index (GPI) by sex of *Dosidicus gigas*. 1989-2016



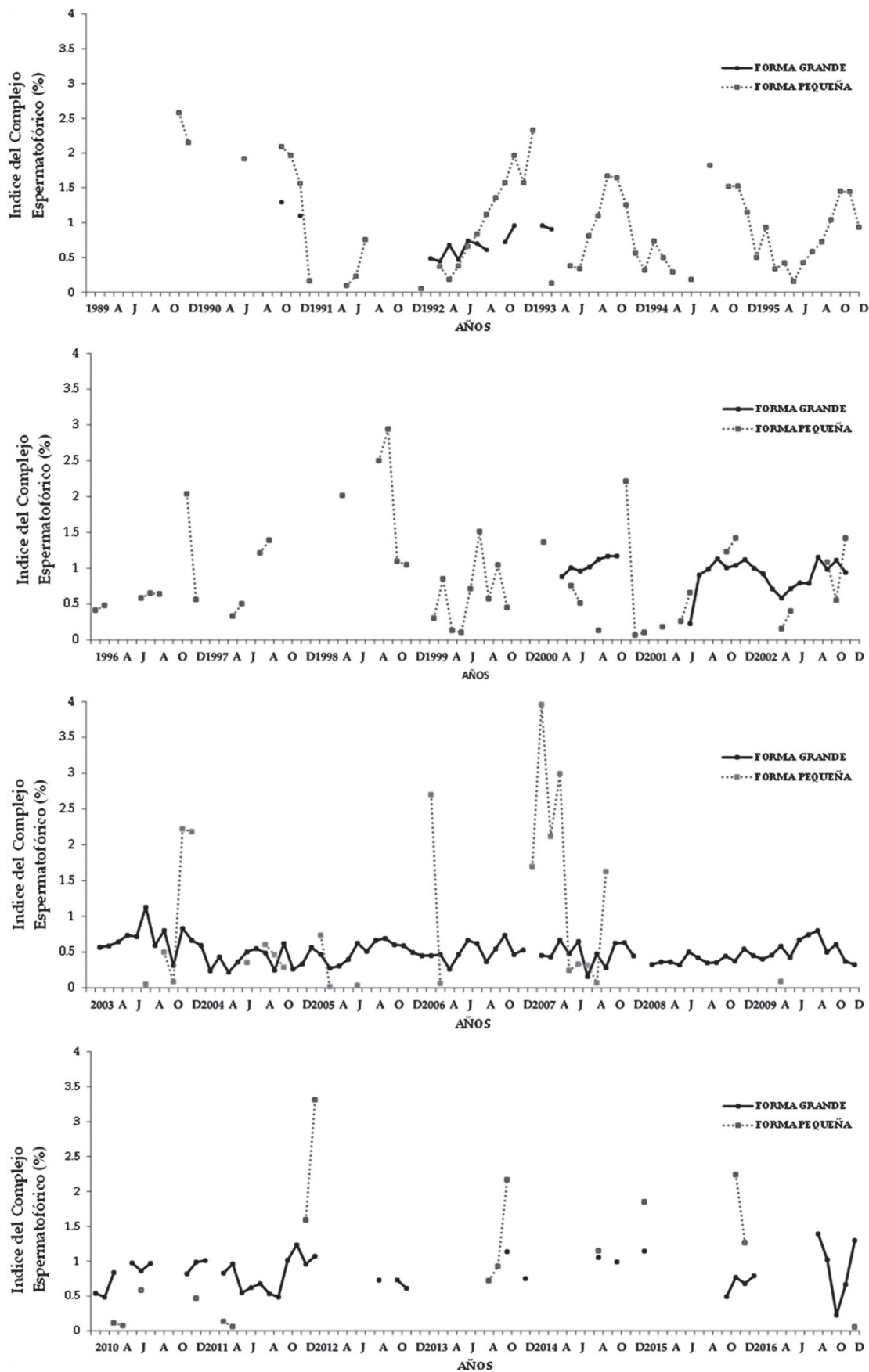


Figura 7.- Variación mensual del Índice del Complejo Espermatofórico (SCI), para la forma grande y pequeña de *D. gigas*. 1989-2016

Figure 7. Monthly variation of the Spermatozoic Complex Index (SCI), for the large and small form of *D. gigas*. 1989-2016

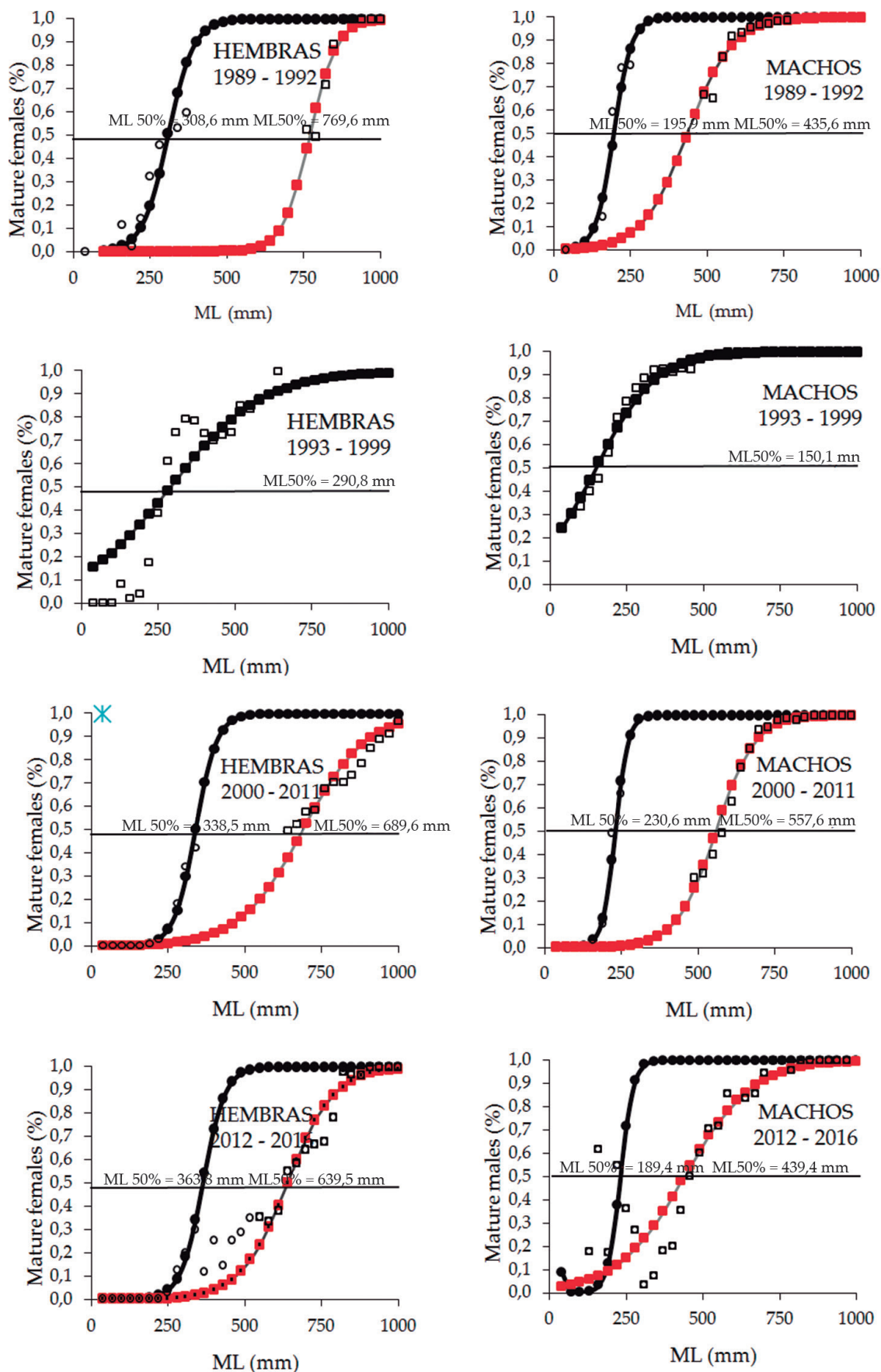


Figura 8.- Longitud de madurez por sexos y periodos de *D. gigas* desde 1989 hasta el 2016

Figure 8. Length of maturity by sex and periods of *D. gigas* from 1989 to 2016

### Variación temporal del IGN por grupo de tallas

Por grupo de tallas, el IGN, para el grupo de individuos grandes, presentó máximos valores en primavera, durante los años 1991, 1992-1993, incrementándose progresivamente hasta el 2011. Para el grupo de tallas pequeñas (encontrado en la pesquería principalmente desde 1989 hasta 1999) se observó el mismo patrón de maduración, haciéndose más intensos durante el periodo 1997-1999, cuando se registraron los mayores valores de IGN (Fig. 5).

### Variación mensual de IGS por sexos

Durante el periodo estudiado y sin diferenciar el tamaño de los adultos (grupo de la forma pequeña, grupo de la forma grande) los valores del IGS en las hembras son mayores a los registrados en los machos. Es decir, durante los procesos de maduración, los ovarios alcanzan peso que es proporcional al peso del cuerpo, mientras que el peso de los testículos es menor. Así mismo, en las hembras se observa incremento gradual de los valores de IGS en el tiempo, en los machos esta tendencia no se verifica con claridad (Fig. 6).

El SCI, utilizado para describir el ciclo de maduración de los machos, corrobora lo observado con los otros índices y con la proporción de ejemplares maduros, resaltando que la proporción de las gónadas y glándulas anexas (en masa somática) es mayor en el grupo de tallas pequeñas, que en los de mayor tamaño (Fig. 7).

### Talla de primera madurez

Con los índices ya indicados se identificaron periodos reproductivos distintos a lo largo del tiempo (1989-1992, 1993-1999, 2000-2011, 2012-2016). En cada uno de estos periodos se estimó la longitud de primera madurez para hembras y machos. En la figura 8 se presentan los parámetros de las ojivas de madurez usados para el ajuste y los  $L_{50}$  obtenidos. Para el caso de hembras y machos, los  $L_{50}$  fueron estimados considerando grupos pequeños y grandes, obteniéndose una ojiva de madurez para cada grupo. Los resultados por grupo de talla no muestran cambios importantes en el inicio de la maduración.

Por otro lado, las ojivas elaboradas por sexo muestran que los machos alcanzan la madurez a una talla menor que las hembras. Un análisis detallado de los valores de  $L_{50}$  por sexo es mostrado en la figura 8. Los valores de  $L_{50}$  por sexos y grupos de sub-stocks no muestran tendencia declinante. Durante el periodo 1989 – 1999 e inicios de los '90 predominó el grupo que maduró a menor talla, con excepción de los años 1992 y 1993 en que se presentaron ambos grupos en la pesquería; a partir del 2000 los individuos de mayor talla fueron los que predominaron en la pesquería nacional, de acuerdo a los informes presentados por la Delegación China en las reuniones de la OROP-PS, quienes reportaron que

### Temporal variation of NGI by size group

By size group, the NGI, for the group of large individuals, presented maximum values in spring, during the years 1991, 1992-1993, increasing progressively until 2011. For the small size group (found in the fishery mainly from 1989 to 1999) the same pattern of maturation was observed, becoming more intense during the period 1997-1999, when the highest NGI values were recorded (Fig. 5).

### Monthly variation of GSI by sex

During the period studied and without differentiating the size of the adults (group of the small form, group of the large form) the values of the GSI in females are higher than those recorded in males. That is, during the maturation process, the ovaries reach a weight that is proportional to the weight of the body, while the weight of the testicles is less. Likewise, in females, there is a gradual increase in the values of GSI over time; in males, this trend is not clearly observed (Fig. 6).

The SCI, used to describe the maturation cycle of the males, corroborates what was observed with the other indices and with the proportion of mature specimens, highlighting that the proportion of the gonads and attached glands (in somatic mass) is higher in the small size group than in the larger size one (Fig. 7).

### Size at first maturity

With the reproductive indices, different reproductive periods were identified over time (1989-1992, 1993-1999, 2000-2011, and 2012-2016). In each of these periods the length at first maturity for females and males was estimated. The parameters of the maturity ogive used for the adjustment and the  $L_{50}$  obtained are presented in Figure 8. For females and males, the  $L_{50}$  were estimated considering small and large groups, obtaining a maturity ogive for each group. Results by size group do not show significant changes in the beginning of the maturation process.

On the other hand, sex-specific ogives show that males reach maturity at a smaller size than females. A detailed analysis of the  $L_{50}$  values by sex is shown in Figure 8.  $L_{50}$  values by sex and sub-stock groups show no declining trend. During the period 1989 – 1999 and the early 1990s, the group that matured at a smaller size predominated, with the exception of the years 1992 and 1993, when both groups were present in the fishery; from 2000 onwards, the largest individuals were those that predominated in the national fishery, according to reports presented by the Chinese Delegation at

capturaron principalmente el grupo de las pequeñas (Li *et al.* 2016). La presencia de dos grupos o más de adultos desovantes (NESIS 1970, 1983; NIGMATULLIN *et al.* 2001; MARKAIDA 2001, ARGÜELLES y TAFUR 2010) pertenecientes a una misma población, es una característica poblacional a tomar en cuenta en futuras estimaciones de la producción potencial de huevos, las que deberían realizarse para cada grupo y así conocer el grado posible de participación en el reclutamiento.

A lo largo de toda la serie, los valores de  $L_{50}$  para hembras y machos y por grupos de talla, no indican signos de maduración temprana en ningún grupo desde 1989 hasta el 2016, lo cual tiene sentido ya que la pesquería de este recurso es considerada como saludable, que no está sometida aún a sobre explotación (ARGÜELLES *et al.* 2016). Los valores de  $L_{50}$  fluctuaron desde 186 mm hasta 447 mm de LM para el caso de hembras del grupo pequeño y de 500 mm hasta 801 mm LM para las del grupo grande. En el caso de los machos, igualmente los  $L_{50}$  variaron de 91 mm hasta 336 mm para el grupo pequeño y de 301 mm hasta 548 mm de LM para el grupo de mayor talla (Fig. 9).

the meetings of the SPRFMO, who reported that the catch was mainly by the small group (Li *et al.* 2016). The presence of two or more groups of spawning adults (NESIS 1970, 1983; NIGMATULLIN *et al.* 2001, MARKAIDA 2001, ARGÜELLES & TAFUR 2010) belonging to the same population, is a population characteristic to be taken into account in future estimates of the potential egg production, which should be made for each group and thus know the possible degree of participation in recruitment.

Throughout the series,  $L_{50}$  values for females and males and by size groups do not indicate signs of early maturation in any group from 1989 to 2016, which makes sense since the fishery for this resource is considered healthy and not yet over-exploited (ARGÜELLES *et al.* 2016).  $L_{50}$  values ranged from 186 mm to 447 mm ML for females of the small group and from 500 mm to 801 mm ML for the larger one. In the case of males, the  $L_{50}$  also ranged from 91 mm to 336 mm for the small group and from 301 mm to 548 mm of ML for the larger one (Fig. 9).

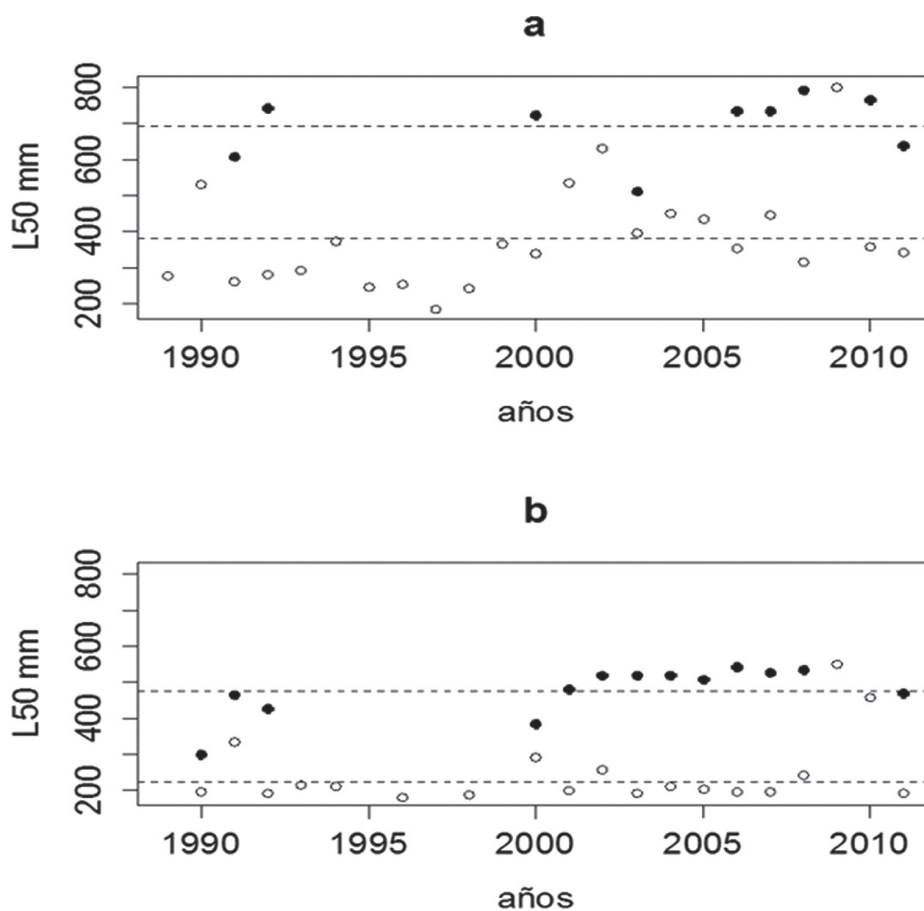


Figura 9.- Variación anual del  $L_{50}$  por sexo: hembras (a), machos (b) y grupos de talla de *Dosidicus gigas* desde 1989 hasta el 2016

Figure 9. Annual variation of  $L_{50}$  by sex: females (a), males (b) and size groups of *Dosidicus gigas* from 1989 to 2016

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que la estación principal de desove de *D. gigas* en el mar peruano durante 1989-1992 y en el periodo 2001-2012 ocurre en primavera-verano, con valores máximos entre octubre y enero; encontrándose además un pico secundario entre julio y agosto (TAFUR y RABÍ 1997, YAMASHIRO *et al.* 1998, TAFUR *et al.* 2001, LIU *et al.* 2010). CLARKE y PALIZA (2000) también informaron la existencia de dos periodos de desove en el hemisferio sur, uno de los picos ocurre en el otoño austral (abril-mayo) y el otro en la primavera austral (agosto/octubre-noviembre). El periodo reproductivo de *D. gigas* capturado en la zona norte y central de la ZEE de Chile (del 20 °S y 41°S entre 2006 y 2008) indica que pueden desovar todo el año, habiendo existido un pico de puesta en el verano austral, de noviembre hasta enero (LIU *et al.* 2010).

Comparativamente, muchas especies tienen la característica de reproducirse en los mismos periodos señalados en este trabajo, la que estaría explicada por la mayor oferta de alimento existente en el ecosistema y que serviría de alimento a las paralarvas que nacen como producto del desove en esta época del año.

Tomando como referencia trabajos anteriores, el tamaño relativo de la glándula nidamental nos proporciona un aceptable indicador de la madurez gonadal (OKUTANI y TANG 1978, DOUWARD *et al.* 1979). La información obtenida en toda la serie para este índice indica patrones estacionales similares usando varios índices reproductivos (IGN e IGS). Se confirman los resultados hallados por TAFUR y RABÍ (1997), TAFUR *et al.* (2001) y TAFUR *et al.* (2010) quienes sugieren la presencia de dos subpoblaciones en la ZEE peruana y una marcada estacionalidad del desove.

Los índices usados para la determinación de épocas de desove de *D. gigas* en el mar peruano muestran una clara estacionalidad durante el periodo estudiado. Las épocas de desove halladas en este estudio son similares a las obtenidas por NESIS (1970, 1983), lo que demuestra que el desove se realiza durante la primavera y el verano del hemisferio sur. Del mismo modo KUROIWA (1998) analizando la variación mensual de la madurez gonadal del calamar gigante en el Perú y en aguas internacionales durante 1984-1991, sostiene que el pico de desove se produce en octubre.

En la costa oeste de México incluyendo el Golfo de California, se observó un intenso apareamiento entre octubre y diciembre de 1971 (SATO 1976), además paralarvas rhynchoteution, similares a *D. gigas*, fueron capturadas en el oeste de México en febrero (OKUTANI y MCGOWAN 1969). Esto lleva a pensar

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

The results show that the main spawning season of *D. gigas* in the Peruvian sea during 1989-1992 and in the period 2001-2012 occurs in spring-summer, with peak values between October and January, with a secondary peak between July and August (TAFUR & RABÍ 1997, YAMASHIRO *et al.* 1998, TAFUR *et al.* 2001, LIU *et al.* 2010). CLARKE & PALIZA (2000) also reported the existence of two spawning periods in the southern hemisphere, one of the peaks occurring in the southern autumn (April-May) and the other in the southern spring (August/October-November). The breeding period of *D. gigas* caught in the northern and central areas of Chile's EEZ (20 and 41°S between 2006 and 2008) indicates that they can spawn all year round, with a spawning peak in the southern summer, from November to January (LIU *et al.* 2010).

Comparatively, many species have the characteristic of reproducing the same periods indicated in this paper. This preference would be explained by the greater supply of food existing in the ecosystem at this time of year that will serve as food for the paralarvae that are born as a result of spawning at this time of year.

Taking as reference previous papers, the relative size of the nidamental gland provides us with an acceptable indicator of gonadal maturity (OKUTANI & TANG 1978, DOUWARD *et al.* 1979). The information obtained throughout the series for this index indicate similar seasonal patterns using several reproductive indices (NGI and GSI). The results found by TAFUR & RABÍ (1997), TAFUR *et al.* (2001) and TAFUR *et al.* (2010) are confirmed and suggest the presence of two subpopulations in the Peruvian EEZ and a marked seasonality of spawning.

The indices used for the determination of spawning seasons of *D. gigas* in Peruvian sea show a clear seasonality during the period studied. The spawning seasons found in this study are similar to those obtained by NESIS (1970, 1983), which indicates that spawning is carried out during the southern hemisphere spring and summer. Similarly, KUROIWA (1998) analyzing the monthly variation of gonadal maturity of the jumbo flying squid in Peru and international waters during 1984-1991, indicates that the spawning peak occurs in October.

On the West coast of Mexico including the Gulf of California, intense mating was observed between October and December 1971 (SATO 1976), and rhynchoteution paralarvae, similar to *D. gigas*, were captured in Western Mexico in February (OKUTANI & MCGOWAN 1969). This suggests

que, probablemente, el pico de desove secundario detectado en el Perú sea más intenso en el hemisferio norte que en el sur.

Al analizar a los ejemplares maduros tomando en cuenta la talla, concluimos que los machos maduran a tamaños más pequeños que las hembras, lo que ha sido normalmente descrito para cefalópodos en general (GUERRA y ROCHA 1994). El rango de tamaños para machos y hembras maduros encontrados en este trabajo son similares a los reportados en aguas oceánicas frente a Perú y Chile por NESIS (1970) y en muestras colectadas frente al Perú, Chile y en aguas adyacentes por MASUDA *et al.* (1998).

La presencia de por lo menos dos grupos de talla de la especie en el Perú, una denominada forma pequeña y maduración temprana y la otra de tamaño mediano - grande y maduración tardía, se confirma con el análisis de la relación LM - IGN. En especies de desove intermitente o múltiple, se observa que las hembras desovan a dos diferentes tamaños modales. Esta característica ha sido advertida sobre todo durante los años 1992 y 1993, desapareciendo después en 1994 y 1995, y también en el periodo que empezó en el 2000 (después de El Niño 1997-1998). Estos resultados confirman lo hallado por MASUDA *et al.* (1998) quienes encuentran los mismos grupos en un estudio realizado en el Perú, Ecuador y la altamar adyacente entre los años 1987 y 1995.

En las aguas oceánicas del centro-sur de Chile, se encontraron calamares de tamaño mediano en invierno (julio-septiembre), calamares medianos-grandes en primavera (octubre-diciembre) y pequeños inmaduros y maduros en verano (enero-febrero) (IBÁÑEZ y CUBILLOS 2007) estos autores postularon que los cambios espaciales y temporales en la estructura de tamaño de *D. gigas* en el centro sur de Chile se debieron probablemente a la existencia de una estrategia migratoria de la especie en el área de estudio.

Finalmente, el calamar gigante o pota posee glándulas anexas para hembras y machos que lo convierten en un recurso muy dinámico y con algunos detalles importantes a considerar tales como: la hembra es la que fecunda al óvulo, por lo tanto la presencia de folículos post-ovulatorios en los ovarios de esta especie, en este caso, no es una estructura celular que indica desove, sino básicamente ovulación sumado a ser una especie con desarrollo ovocitario asincrónico con desove monocíclico (PEREA *et al.* 2018). En el caso de los machos, la pérdida del peso del complejo espermatofórico tampoco está necesariamente vinculada al periodo reproductivo, pudiendo copular un macho con hembras, no necesariamente cuando se encuentran en maduración avanzada.

that the secondary spawning peak detected in Peru is likely to be more intense in the northern hemisphere than in the southern one.

When analyzing mature specimens by size, we conclude that males mature at smaller sizes than females, which has been normally described for cephalopods in general (GONZÁLEZ *et al.* 1994, GUERRA & ROCHA 1994). The range of sizes for mature males and females found in this study are similar to those reported in oceanic waters off Peru and Chile by NESIS (1970) and in samples collected off Peru, Chile and adjacent waters by MASUDA *et al.* (1998).

The presence of at least two size groups of the species in Peru, one small and early maturing and the other medium to large and late maturing, is confirmed by the analysis of the ML - NGI relationship. In intermittent or multiple spawning species, females spawn at two different modal sizes. This characteristic has been noted especially during the years 1992 and 1993, disappearing later in 1994 and 1995, and also in the period that began in 2000 (after El Niño 1997-1998). These results confirm the findings of MASUDA *et al.* (1998) who found the same groups in a study conducted in Peru, Ecuador and the adjacent high seas between 1987 and 1995.

In the oceanic waters of Central-Southern Chile, medium-sized squids were found in winter (July-September), medium-large ones in spring (October-December) and small immature and mature ones in summer (January-February). IBÁÑEZ & CUBILLOS (2007) postulated that the spatial and temporal changes in the size structure of *D. gigas* in Central southern Chile were probably due to the existence of a migratory species strategy in the study area.

Finally, the jumbo flying squid has attached glands for females and males that make it a very dynamic resource and with some important details to consider such as: the female is the one that fertilizes the ovum, therefore the presence of post-ovulatory follicles in the ovaries of this species, in this case, is not a cellular structure that indicates spawning, but basically ovulation added to being a species with asynchronous oocyte development with monocyclic spawning (PEREA *et al.* 2018). In the case of males, weight loss of the spermatophoric complex is not necessarily linked to the reproductive period either, and a male may copulate with females, not necessarily when they are at an advanced stage of maturity. For these reasons, we believe it is important to use the various indices described in this paper, which

Por estas razones creemos importante utilizar los diversos índices descritos en este trabajo, que tienen diferentes interpretaciones y alcances, cuyas fluctuaciones en el tiempo muestran el estado y la dinámica reproductiva del stock, lo que coadyuva a mejorar su manejo pesquero.

have different interpretations and scopes, whose fluctuations over time show the reproductive status and dynamics of the stock, which helps to improve its fisheries management.

## 5. REFERENCIAS / REFERENCES

- ARGÜELLES J, YAMASHIRO C. 1997. Estimación de la población del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el litoral peruano mediante el análisis de cohortes. *Imarpe. Inf Prog Inst Mar Perú*. N° 72: 3-24.
- 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.
- 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 System: Size at maturity, somatic and reproductive investment. *Fisheries Research*. 106: 185-192.
- ARGÜELLES J, CSIRKE J, YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, TAFUR R. 2016. Notes on research needs and the type and level of detail of the data on fishing activities and fishing impacts to be required from all fleets fishing for jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the SPRFMO convention area. SPRFMO. 4th Meeting of the Scientific Committee. The Hague, Kingdom of the Netherlands 10-15 October. SC-04-20, 9 pp.
- ARKHIPKIN A, MURZOV S A. 1986. Age and growth patterns of squid *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae). In *Present state of fishery for squids and prospects of its development*. Edited by B. G. Ivanov. VNIRO Press, Moscow. pp. 107-123.
- ARKHIPKIN A, ARGÜELLES J, SHCHERBICH Z, YAMASHIRO C. 2015. Ambient temperature influence adult size and life span in jumbo squid *Dosidicus gigas*. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 72 (3): 400-409.
- BOYLE P R, NEGOILE M A K. 1993. Assessment of maturity state and seasonality of reproduction in *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) from Scottish waters. In: T. Okutani, R. K. O'Dor and T. Kubodera (eds.) *Recent Advances in Cephalopod Fisheries Biology*. Tokai University Press, Tokai. 37-48.
- BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C. 2011. Protocolo para estudios sobre el proceso reproductivo de peces pelágicos y demersales. *Inf Inst Mar Perú*. 38(4): 303 - 306.
- CASTRO B G, GARRIDO J L, SOTELO C G. 1992. Changes in composition of digestive gland and mantle muscle of the cuttlefish *Sepia officinalis* during starvation. *Mar Biol*. 114:11-20.
- CASTRO B G, LEE P G. 1994. The effects of semi-purified diets on growth and condition of *Sepia officinalis* L. (Mollusca: Cephalopoda). *Comp Biochem Physiol*. 109A: 1007-1016.
- CHEN X, LU H, BILIN L, CHEN Y. 2010. Age, growth and population structure of jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, based on statolith microstructure off the Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 91(1): 229-235. doi:10.1017/S0025315410001438.
- CLARKE R, PALIZA O. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). *Revista de Biología Marina y Oceanografía*. 35: 1-39.
- CORTEZ T, CASTRO B G, GUERRA A. 1995. Reproduction and condition of female *Octopus mimus* (Mollusca: Cephalopoda). *Mar. Biol*. 123: 505-510.
- DÍAZ-ÚRIBE J G, HERNÁNDEZ-HERRERA A, MORALES-BOJÓRQUEZ E, MARTÍNEZ-AGUILAR S, SUÁREZ-HIGUERA MC, HERNÁNDEZ-LÓPEZ A. 2006. Histological validation of the gonadal maturation stages of female jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *Cienc Mar*. 32: 23-31.
- DOUWARD R D, VESSEY R D, O'DOR E, AMARATUNGA R K. 1979. Aspects of maturation mating, spawning and larval development in *Illex illecebrosus* relevant to field studies. *ICNAF Res. Doc*. 79/11/13. Ser. No. 5338: 1 - 14.
- GUERRA A, ROCHA F. 1994. The life history of *Loligo vulgaris* and *Loligo forbesi* (Cephalopoda: Loliginidae) in Galician waters (NW Spain) *Fish. Res*. 21: 43-69.
- HERNÁNDEZ-HERRERA A, MORALES-BOJÓRQUEZ E, NEVAREZ-MARTÍNEZ M, BALMORI-RAMÍREZ A, RIVERA-PARRA G. 1996. Distribución de tallas y aspectos de la reproducción del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Golfo de California, México. *Ciencia Pesquera*. 12: 85-89.
- HOWAIDA R G, HANLON R T, HANAFY M H, EL-ETREBY S G. 1998. Maturation, fecundity and seasonality of reproduction of two commercially valuable cuttlefish, *Sepia pharaonis* and *S. dollfusi*, in the Suez Canal. *Fish Res*. 36: 99-115.
- IBÁÑEZ C M, CUBILLOS L A. 2007. Seasonal variation in the length structure and reproductive condition of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) off central-South Chile. *Sci. Mar*. 71(1): 123-128.
- KUROIWA M. 1998. Exploration of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, resources in the Southeastern Pacific Ocean with notes on the history of jigging surveys by the Japan Marine Fishery Resources Research Center. Pp. 89-105. In Okutani, T. (Ed.), *Contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids*, Tokyo, and July 18-19, 1996. *JAMARC*. 269 pp.
- LI G, CHEN X J, ZOU X, LIU B L. 2016. China's Annual Report Part II: Squid Jigging Fishery SC-04-11. 4th Meeting of the Scientific Committee. The Hague, Kingdom of the Netherlands, 10 - 15.
- LIU B L, CHEN X J, LU H J, CHEN Y, QIAN W G. 2010. Fishery biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* off Exclusive Economic Zone of Chilean waters. *Sci. Mar*. 74: 687-695.

- MARIÁTEGUI L, TAÍPE A. 1996. Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. IMARPE. Inf Prog Inst Mar Perú. N°34: 3-28.
- MARKAIDA U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Centro de Investigación Científica y de Educación Superior Ensenada.
- MARKAIDA U. 2006. Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California after the 1997–1998 El Niño event. Fish Res. 79: 28–37.
- MARKAIDA U, SOSA-NISHIZAKI O. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995–1997. Fish Res. 54: 63–82.
- MARKAIDA U, QUIÑÓNEZ-VELÁZQUEZ C, SOSA-NISHIZAKI O. 2004. Age, growth and maturation of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. Fish Res. 66: 31–47.
- MASUDA S, YOKAWA K, YATSU A, KAWAHARA S. 1998. Growth and population structure of *Dosidicus gigas* in the Southeastern Pacific Ocean. Pp. 107-118. In Okutani, T. (Ed.), Contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids, Tokyo. July 18-19, 1996. JAMARC. 269 pp.
- MICHEL G E, KLETT A, OCHOA R I. 1986. Estudio preliminar para la determinación de madurez gonádica del calamar gigante *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835). México. Ciencia Pesquera. 5: 77-89.
- NESIS K N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology. 10(1): 108-118.
- NESIS K N. 1983. *Dosidicus gigas*, In: Cephalopod life cycles. Vol. 1. Species accounts. P.R. Boyle (ed.). London e.a., Academic Press. 215-231 pp.
- NIGMATULLIN C M, NESIS K N, ARKHIPKIN A I. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Fish Res. 54: 9–19.
- NIGMATULLIN C M, MARKAIDA U. 2009. Oocyte development, fecundity and spawning strategy of large sized jumbo squid *Dosidicus gigas*. J Mar Biol Assoc UK. 89: 789–801.
- OKUTANI T, MCGOWAN J A. 1969. Systematics, distribution, and abundance of the epipelagic squid (Cephalopoda, Decapoda) larvae of the California Current. April 1954-March 1957. Bull. Scripps Inst. Ocean. 14: 90.
- OKUTANI T, TANG I H. 1978. Reviews and biology commercially import squid in Japanese and adjacent waters. I. *Symplectoteuthys oualaniensis* (Lesson). Veliger. 21: 87 – 94.
- PEREA A, SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2018. Escala de madurez gonadal del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae). Bol Inst Mar Perú. 33(2): 137-152
- ROBINSON C J, GÓMEZ-GUTIÉRREZ J, SALAS DE LEÓN D A. 2013. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) landings in the Gulf of California related to remotely sensed SST and concentrations of chlorophyll a (1998-2012). Fishery Research. 137: 97-103.
- ROCHA F, VEGA M A. 2003. Overview of cephalopod fisheries in Chilean waters. Fisheries Research. 60: 151–159.
- SATO T. 1976. Results of exploratory fishing for *Dosidicus gigas* (D'Orbigny) off California and Mexico. FAO Fish. Rep. 170 (Supl. 1): 61-67.
- SOEDA J, ARAYA H, OTSUKI T, ISHII T, MOROOKA M. 1959. Investigations on Squid Resources II. Survey Report Marine Resources in Hokkaido Region. 15: 1-106.
- TAFUR R, RABÍ M. 1997. Reproduction of the jumbo squid, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coasts. Sci. Mar. 61 (Supl. 2): 33-37.
- TAFUR R, VILLEGAS P, RABÍ M, YAMASHIRO C. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian Waters. Fish. Res. 54: 33-50.
- TAFUR R, KEYL F, ARGÜELLES J. 2010. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in relation to environmental variability of the northern Humboldt Current System. Mar. Ecol. Prog. Ser. 400: 127-141.
- VAZZOLER A. 1982. Manual de métodos para estudos biológicos de populações de peixes. Reprodução e crescimento. CNPq, Programa Nacional de Zoologia, Brasília. 2: 108.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, RUBIO J, ARGÜELLES J, TAFUR R, TAÍPE A, RABÍ M. 1998. Jumbo flying squid fishery in Peru. In: Okutani, T. (Ed.), Large Pelagic Squid. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo, pp. 121–125 (Contributed Paper to International Symposium).
- ZÚÑIGA M J, CUBILLOS L A, IBÁÑEZ C. 2008. A regular pattern of periodicity in the monthly catch of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) along the Chilean coast (2002-2005). Cienc. Mar. 34(1): 91-99.

<ftp://ftp.fao.org/fi/stat/summary/a1e.pdf>



# ESCALA DE MADUREZ GONADAL DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (CEPHALOPODA: OMMASTREPHIDAE)

## GONADAL MATURITY SCALE OF THE JUMBO FLYING SQUID *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (CEPHALOPODA: OMMASTREPHIDAE)

Ángel Perea<sup>1</sup>

Javier Sánchez<sup>1</sup>

Betsy Buitrón<sup>1</sup>

### RESUMEN

PEREA A, SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2018. Escala de madurez gonadal del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 137-152.- Con muestras obtenidas durante el Crucero de Investigación del Calamar gigante, a bordo del B/P Shinko Maru 3 Cr. 0010-11 (octubre-noviembre del año 2000), se contrastaron las características macroscópicas del tejido gonadal con las observadas a nivel microscópico, determinándose una escala de madurez gonadal que consta de cuatro fases de desarrollo gonadal para hembras y 3 para machos. Se presenta la equivalencia de las cuatro fases de madurez gonadal propuestas para hembras, con escalas propuestas por otros autores. Cabe mencionar la existencia de individuos grandes con fase de madurez I. En los machos, la presencia o ausencia de espermatóforos tanto en el saco espermatofórico, como en la cavidad visceral, es determinante para discriminar a los individuos en fase II o III.

PALABRAS CLAVE: *Dosidicus gigas*, calamar gigante, escala de madurez gonadal

### ABSTRACT

PEREA A, SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2018. Gonadal maturity scale of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Bol Inst Mar Peru*. 33(2): 137-152.- With samples obtained during the Research Survey on Jumbo flying squid, aboard the R/V Shinko Maru 3, carried out in October-November 2000, visual gonadal characteristics were contrasted with microscopic features, determining a gonadal maturity scale consisting of 4 gonadal development stages for females and 3 for males. For the case of females, the four stages of gonadal maturity proposed in this paper, are equivalent as those proposed by other authors. It is important to mention the high frequency observed in stage I, in some cases found in large individuals. In males, the presence or absence of spermatophores in spermatophoric sac or in the visceral cavity indicates whether the individual is in stage II or III.

KEYWORDS: *Dosidicus gigas*, jumbo flying squid, gonadal maturity scale

## 1. INTRODUCCIÓN

*Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835), calamar gigante o pota es un cefalópodo cuyos desembarques se han incrementado a partir de los años 1990 y se han mantenido en los últimos 20 años en Perú. Se consideran a las aguas peruanas como las que sostienen la población más grande que soporta los mayores desembarques (NIGMATULLIN *et al.* 2001). En el 2014 se observó que los volúmenes extraídos se mantuvieron altos durante todo el año, debido a su mayor disponibilidad en las áreas de pesca; en el 2015 la variación mensual de los desembarques mantuvo el patrón general (YAMASHIRO *et al.* 2016). Los rasgos morfológicos y la historia de vida de *D. gigas* responden de manera altamente variable con los cambios de las condiciones ambientales, impactos de la pesca y de forma más positiva a través de la reducción de competidores y depredadores (KEYL 2009). Según NIGMATULLIN *et al.* (2001), esta especie, como la mayoría de los cefalópodos, presenta reproducción semélpara, es decir, se reproduce una vez en su vida y muere poco después. Los diversos índices reproductivos (IGS índice gonadosomático, IGN índice

## 1. INTRODUCTION

*Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835), or jumbo flying squid is a cephalopod whose landings have increased since the 1990s and have been maintained in the last 20 years in Peru. Peruvian waters are considered to be those that maintain the largest population that supports most landings (NIGMATULLIN *et al.* 2001). In 2014 it was observed that the volumes extracted remained high throughout the year, due to their greater availability in the fishing areas; in 2015 the monthly variation in landings maintained the general pattern (YAMASHIRO *et al.* 2016). The morphological characteristics and life history of *D. gigas* respond in a highly variable way to changes in environmental conditions, impacts of fishing and more positively through the reduction of competitors and predators (KEYL 2009). According to NIGMATULLIN *et al.* (2001), this species, like most cephalopods, is semelparous, i.e. it reproduces once in its life and dies shortly afterwards. The various reproductive indices (GSI gonadosomatic index, NGI nidamental index, SCI spermatophoric complex index) in Peru indicate

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Esquina Gamarra y General Valle S/N Chucuito, Callao, Perú  
Email: aperea@imarpe.gob.pe

de la glándula nidamental, SCI índice del complejo espermatofórico) en Perú, indican que mantiene una actividad reproductiva todo el año, con un periodo de mayor actividad desde julio hasta febrero y picos entre octubre y enero (primavera y verano) (NESIS 1970, 1983; TAFUR y RABÍ 1997, TAFUR *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2010, YATSU *et al.* 1999, CSIRKE *et al.* 2015). Su talla de madurez es muy variable y varios autores han propuesto diferentes estrategias al respecto (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001).

En el Perú se confirma la existencia de grupos intraespecíficos o sub-unidades poblacionales que se superponen y que se diferencian de acuerdo a la talla a la cual alcanzan la madurez gonadal (ARGÜELLES *et al.* 2001, NIGMATULLIN *et al.* 2001, TAIPE *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2001, CSIRKE *et al.* 2015, TAFUR *et al.* 2018), que para algunos autores se debe a la existencia de una estrategia migratoria (IBÁÑEZ y CUBILLOS 2007, IBÁÑEZ *et al.* 2015). En Chile se han encontrado paralarvas de *D. gigas* muy lejos de la costa y se ha sugerido que la zona de desove es oceánica (IBÁÑEZ *et al.* 2015) por lo que se puede considerar que los calamares podrían estar desovando en zonas que no corresponden al área de estudio. Para poder verificar este y otros parámetros reproductivos, es importante que la determinación del estado reproductivo sea efectuada con el uso de una escala macroscópica que proporcione el menor sesgo y facilidad en la catalogación de cada fase de madurez.

El análisis del proceso de maduración gonadal en varias especies de cefalópodos ha sido fundamental para entender su ciclo de vida, identificar poblaciones y cohortes e incluso para definir estrategias de manejo (SAUER y LIPINSKI 1990). La determinación de las fases de madurez gonadal es la base para el estudio de variables y aspectos reproductivos como talla de madurez gonadal, potencial reproductivo, periodos de actividad reproductiva y desove (BUITRÓN *et al.* 2015) por lo tanto, es importante determinarlos con la mayor precisión posible. En ese sentido, varias escalas de madurez gonadal se han desarrollado para este cefalópodo (NESIS 1970, JUANICO 1983, ARKHIPKIN 1992, TAFUR y RABÍ 1997). En el presente trabajo se describe una escala de madurez macroscópica, validada microscópicamente, que es simple y con terminología sencilla, práctica, referenciada, cuyas fases de madurez, tipifican las etapas más conspicuas del proceso de maduración en este cefalópodo.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

En aguas peruanas, durante el Crucero de Investigación del calamar gigante, a bordo del B/P Shinko Maru 3 0010-11 realizado entre octubre y noviembre del año 2010, se recolectaron 179 gónadas (87 ovarios y 92 testículos), registrándose, además de los datos biométricos, en las hembras las principales características de sus ovarios,

that it maintains reproductive activity throughout the year, with a period of peak activity from July to February and peaks between October and January (spring and summer) (NESIS 1970, 1983; TAFUR & RABÍ 1997, TAFUR *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2010, YATSU *et al.* 1999, CSIRKE *et al.* 2015). Their size of maturity is very variable and several authors have proposed different strategies in this regard (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001).

In Peru, the existence of intraspecific groups or population subunits is confirmed, which overlap and differ according to the size at which they reach gonadal maturity (ARGÜELLES *et al.* 2001, NIGMATULLIN *et al.* 2001, TAIPE *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2001, CSIRKE *et al.* 2015, TAFUR *et al.* 2018), which for some authors is due to the existence of a migration strategy (IBÁÑEZ & CUBILLOS 2007, IBÁÑEZ *et al.* 2015). In Chile, *D. gigas* paralarvae have been found far from the coast and it has been suggested that the spawning area is oceanic (IBÁÑEZ *et al.* 2015), so it can be considered that squids may be spawning in areas that do not correspond to the study area. In order to verify this and other reproductive parameters, it is important that the determination of reproductive status be carried out using a macroscopic scale that provides the least bias and ease in the cataloguing of each maturity phase.

Analysis of the gonadal maturation process in several cephalopod species has been fundamental to understanding their life cycle, identifying populations and cohorts and even defining management strategies (SAUER & LIPINSKI 1990). The determination of gonadal maturity phases is the basis for the study of reproductive variables and aspects such as gonadal maturity size, reproductive potential, periods of reproductive activity and spawning (BUITRÓN *et al.* 2015), therefore, it is important to determine them as precisely as possible. In that sense, several gonadal maturity scales have been developed for this cephalopod (NESIS 1970, JUANICO 1983, ARKHIPKIN 1992, TAFUR & RABÍ 1997). This paper describes a macroscopic maturity scale that is microscopically validated, simple and presented in simple and practical terminology, which is referenced and whose maturity phases typify the most conspicuous stages of the maturation process in this cephalopod.

## 2. MATERIAL AND METHODS

In Peruvian sea, during the Research Cruise aboard the R/V Shinko Maru 3 0010-11 carried out between October and November 2010, 179 gonads (87 ovaries and 92 testicles) were collected, in addition to biometric data: In females, the main characteristics of their ovaries, such as turgidity, texture, fullness

tales como turgencia, textura, llenura y presencia de ovocitos en el oviducto; en los machos, presencia de espermátóforos en la cavidad visceral y, en ambos sexos, el desarrollo de glándulas anexas. Las gónadas se procesaron histológicamente usando la técnica de infiltración en parafina descrita por HUMASON (1979). Con el uso del micrótopo de rotación se realizaron cortes de 7 µm de espesor para gónadas de hembras y machos. Las secciones histológicas obtenidas fueron coloreadas con Hematoxilina-Eosina (H-E) contrastante y analizadas con un microscopio compuesto. La observación de las secciones histológicas se realizó en detalle, clasificándose a los distintos tipos de ovocitos en función del número y distribución, grado de vitelogenénesis y formación de folículos. Los tipos de ovocitos fueron: ovocito inmaduro, ovocito pre-vitelogenado, ovocito vitelogenado, ovocito maduro y ovocito hidratado, utilizando las descripciones realizadas por MARKAIDA (2002) y BURUKOVSKY *et al.* (1977). En el caso de los machos se identificó la histo-arquitectura testicular para diferenciar las fases de maduración gonadal.

El análisis histológico de cada gónada se contrastó con las características macroscópicas más sobresalientes de las mismas, determinándose las fases de desarrollo gonadal para ambos sexos, las que se ordenaron dentro de una escala de madurez gonadal macroscópica validada microscópicamente.

Luego de la identificación de cada tipo de ovocito, fueron registrados los diámetros en las células seccionadas centralmente, para lo cual se utilizó un sistema de análisis de imágenes previamente calibrado a 40x de aumento. Para una mejor visualización de las mediciones se elaboró un diagrama de cajas por tipo de célula.

### 3. RESULTADOS

La escala de madurez gonadal se elaboró con base en la descripción del desarrollo ovocitario y espermatogénico de *D. gigas* (Tablas 1, 2 - Anexo).

#### ESCALA DE MADUREZ GONADAL PARA HEMBRAS

De acuerdo a las observaciones y comparaciones histológicas realizadas en los ovarios colectados y a sus características macroscópicas, se diferenciaron cuatro fases de madurez gonadal para las hembras de *D. gigas*, que se describen a continuación:

##### Inmaduro (Estadio o Fase I):

Macroscópicamente el ovario inmaduro se caracteriza por ser un órgano en forma de saco piriforme, alargado, de aspecto liso a granuloso, translúcido o de color blanco, siendo translúcido en su fase inicial y un tanto opalescente (opaco) en su fase final. En los oviductos y glándulas oviductales no se observan ovocitos (Fig. 1A).

and presence of oocytes in the oviduct. In males, presence of spermatophores in the visceral cavity and, in both sexes, the development of attached glands. The gonads were histologically processed using the paraffin infiltration technique described by HUMASON (1979). With the use of the rotating microtome, cuts of 7 µm were made for gonads of females and males. The histological sections obtained were stained with contrasting Hematoxylin-Eosin (H-E) and analyzed with a composite microscope. The observation of the histological sections was carried out in detail, classifying the different types of oocytes according to the number and distribution, degree of vitellogenesis and follicle formation. The types of oocytes were: immature, pre-vitellogenic, vitellogenic, mature and hydrated, using the descriptions made by MARKAIDA (2002) and BURUKOVSKY *et al.* (1977). In the case of males, the testicular histo-architecture was identified to differentiate the phases of gonadal maturation.

The histological analysis of each gonad was contrasted with the most outstanding macroscopic characteristics of each one, determining the stages of gonad development for both sexes, which were ordered within a macroscopically validated gonadal maturity scale.

After the identification of each type of oocyte, the diameters were recorded in the centrally sectioned cells, using an image analysis system previously calibrated to 40x magnification. For a better visualization of the measurements, a box diagram by cell type was developed.

### 3. RESULTS

The gonadal maturity scale was elaborated based on the description of the oocyte and spermatogenic development of *D. gigas* (Tablas 1, 2 - Annexed).

#### GONADAL MATURITY SCALE FOR FEMALES

According to the observations and histological comparisons made in the collected ovaries and their macroscopic characteristics, four phases of gonadal maturity were differentiated for females *D. gigas*, which are described below:

##### Immature (Stage or Phase I):

Macroscopically, the immature ovary is characterized by being an organ in the form of a piriform sac, elongated, smooth to granular, translucent or white, being translucent in its initial phase and somewhat opalescent (opaque) in its final phase. No oocytes are observed in oviducts and oviductal glands (Fig. 1A).

Microscópicamente se observan ovocitos inmaduros de forma redondeada algunos y poligonales otros, con citoplasma basófilo y núcleo que llena casi todo el citoplasma, presentando varios nucléolos bien definidos dispersos en el citoplasma con uno de ellos de mayor tamaño. El espacio intercelular es reducido, pudiendo existir células germinales que rodean a cada uno de los ovocitos. La pared del ovario es delgada y eosinófila (Fig. 1B).

Microscopically, immature oocytes are observed in rounded shapes, some of them polygonal, others with basophilic cytoplasm and nucleus that fills almost all the cytoplasm, presenting several well-defined nucleoli dispersed in the cytoplasm with one of them of greater size. The intercellular space is reduced, being able to exist in it germinal cells that surround to each one of the oocytes. The wall of the ovary is thin and eosinophilic (Fig. 1B).

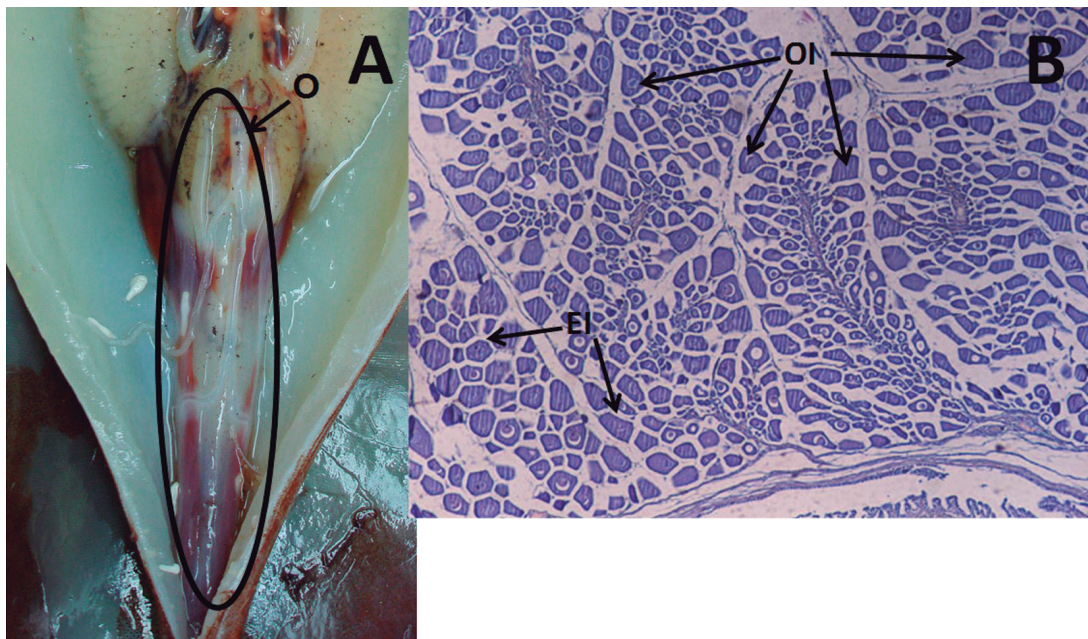


Figura 1.- A) Ejemplar hembra de *D. gigas* en fase I de madurez gonadal, en donde se presenta un ovario inmaduro. B) Corte histológico de ovario en fase I de madurez gonadal, en donde se notan ovocitos inmaduros (OI) y el reducido espacio intercelular (EI) existente entre ellos. 100X

Figure 1. A) Female specimen of *Dosidicus gigas* in phase I of gonadal maturity, where an immature ovary is present. B) Histological cut of the ovary in phase I of gonadal maturity, in which immature oocytes (OI) and the reduced intercellular space (EI) between them are noted. 100X

**En maduración (Estadio o Fase II):**

Macroscópicamente el ovario es de aspecto granuloso, opaco y su color varía de blanco a crema. En los oviductos y glándulas oviductales aún no se observan ovocitos (Fig. 2A).

**Maturing (Stage or Phase II):**

Macroscopically the ovary is granular, opaque in appearance and varies in color from white to cream. In the oviducts and oviductal glands, no oocytes are yet observed (Fig. 2A).

Microscópicamente en el ovario se observan dos tipos de ovocitos: inmaduros y en maduración. Estos últimos se caracterizan por ser más grandes que los ovocitos inmaduros y ligeramente acidófilos, tienen el núcleo más pequeño y de posición central. El folículo, que rodea al ovocito, presenta “invaginaciones” de aspecto sinuoso (Fig. 2B).

Two types of oocytes are observed microscopically in the ovary: immature and maturing. The latter are characterized by the fact that they are larger than immature oocytes, slightly acidophilus, and have the smallest and most centrally positioned nucleus. The follicle, which surrounds the oocyte, has winding “invaginations” of sinuous aspect (Fig. 2B).

**Maduro (Estadio o Fase III):**

Macroscópicamente el ovario es de mayor volumen, turgente y de aspecto piriforme; su pared es delgada y transparente, por ello, los ovocitos maduros se pueden observar a simple vista. Su color varía de crema amarillento a ámbar. Glándulas nidamentales muy desarrolladas (Fig. 3A).

**Mature (Stage or Phase III):**

Macroscopically, the ovary is larger, swollen and piriform in appearance; its wall is thin and transparent, so mature oocytes can be seen with the naked eye. Its color varies from yellowish cream to amber. Highly developed nidamental glands (Fig. 3A).

Microscópicamente el ovario maduro presenta cuatro tipos de ovocitos: inmaduro, en maduración, maduro y maduro avanzado. Estos últimos son de mayor tamaño, presentan un citoplasma eosinófilo con abundante vitelo, el núcleo en los estados más avanzados se vuelve periférico y más pequeño. Cuando éstos alcanzan su máxima madurez las “invaginaciones” desaparecen. Los oviductos presentan ovocitos maduros avanzados ovulados (sin folículo), en cantidad variable (Fig. 3B).

Microscopically, the mature ovary presents four types of oocytes: immature, maturing, mature and advanced mature. The latter are larger, have an eosinophilic cytoplasm with abundant yolk, the nucleus in the more advanced stages becomes peripheral and smaller. When they reach their maximum maturity, the “invaginations” disappear. The oviducts have advanced mature ovulated oocytes (without follicle), in variable quantity (Fig. 3B).

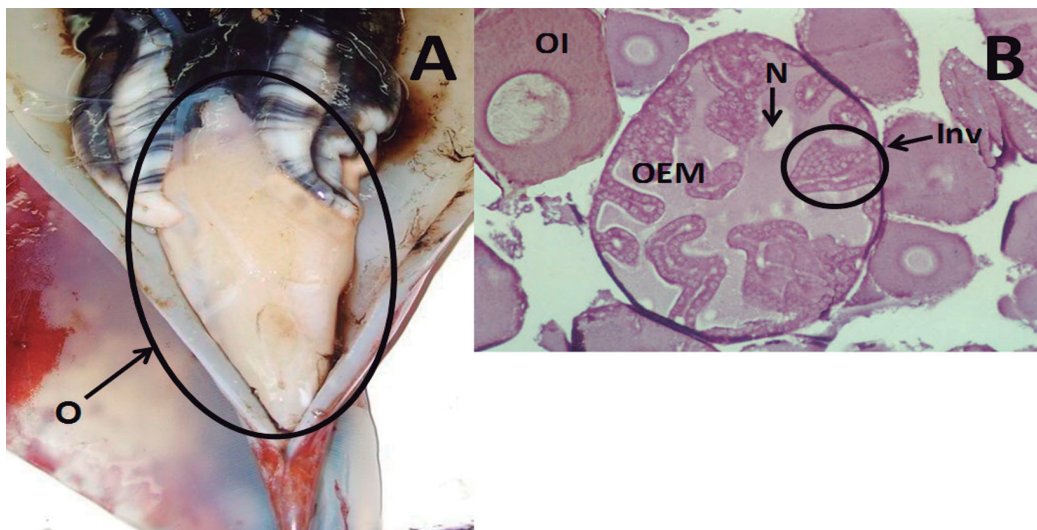


Figura 2.- A) Ejemplar hembra de *Dosidicus gigas* en fase II de madurez gonadal. Obsérvese el ovario en maduración (O). B) Corte histológico de ovario en fase II, donde es notoria la presencia de ovocitos inmaduros (OI), ovocitos en maduración (OEM), núcleo (N) y las invaginaciones del folículo (Inv). 400X

Figure 2. A) Female specimen of *Dosidicus gigas* in phase II of gonadal maturity. The ovary is observed to be maturing (O). B) Histological cut of the ovary in phase II, where the presence of immature oocytes (OI), maturing oocytes (OEM), nucleus (N) and invaginations of the follicle (Inv) is notorious.

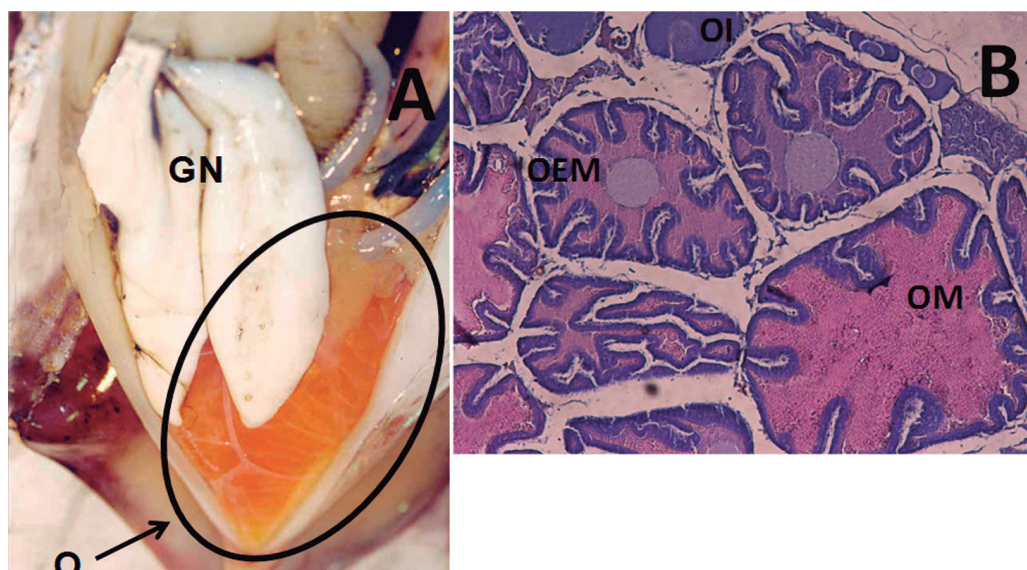


Figura 3.- A) Ejemplar hembra de *Dosidicus gigas* en fase III de madurez gonadal, se observa el ovario maduro (O) y la glándula nidamental (GN). B) Corte histológico de un ovario en fase II con ovocitos inmaduros (OI), ovocitos en maduración (OEM) ovocito maduro (OM). 400X

Figure 3. A) Female specimen of *Dosidicus gigas* in phase III of gonadal maturity, the mature ovary (O) and the nidamental gland (GN) are observed. B) Histological cut of a phase II ovary with immature oocytes (OI), maturing oocytes (OEM) and mature oocytes (OM). 400X

**En desove (Estadio o Fase IV):**

Macroscópicamente el ovario es menos turgente, granuloso, con gran cantidad de ovocitos color crema amarillo y ámbar, su pared es muy delgada. Los ovocitos color ámbar son los predominantes y le dan una tonalidad naranja al ovario (Fig. 4A).

Microscópicamente se observan los cuatro tipos de ovocitos: inmaduro, en maduración, maduro y maduro avanzado. Es posible observar en el ovario la presencia de folículos post-ovulatorios. Los oviductos al igual que en el fase III, presentan ovocitos maduros avanzados ovulados (sin folículo) en cantidades variables; es posible observar huevos en la parte distal de la glándula oviductal (Fig. 4B).

**Spawning (Stage or Phase IV):**

Macroscopically the ovary is less turgid, grainy, with a large number of yellow and amber cream oocytes, its wall is very thin. The amber oocytes are predominant and give the ovary an orange hue (Fig. 4A).

Microscopically, the four types of oocytes are observed: immature, maturing, mature and advanced mature. It is possible to observe the presence of post-ovulatory follicles in the ovary. The oviducts, as in phase III, have advanced mature oocytes ovulated (without follicle) in varying amounts; it is possible to observe eggs in the distal part of the oviductal gland (Fig. 4B).

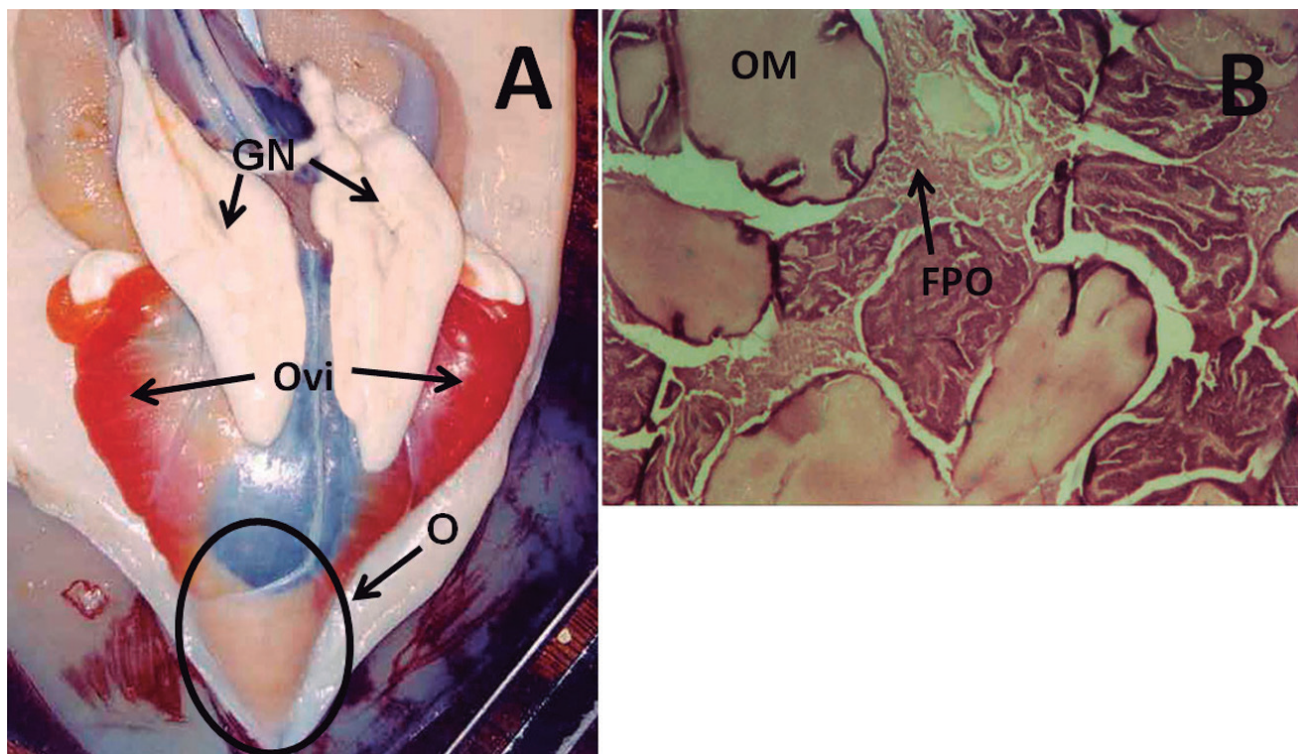


Figura 4.- A) Ejemplar hembra de *Dosidicus gigas* en fase IV de madurez gonadal, mostrando el ovario desovante (O), los oviductos (Ovi) llenos de ovocitos maduros avanzados y la glándula nidamental (GN). B) Corte histológico de ovario en fase III, se notan ovocitos maduros (OM) y folículos post-ovulatorios (FPO). 400X

Figure 4. A) Female specimen of *Dosidicus gigas* in phase IV of gonadal maturity, showing the spawning ovary (O), the oviducts (Ovi) filled of advanced mature oocytes and the nidamental gland (GN). B) Histological cut of the ovary in phase III, mature oocytes (OM) and post-ovulatory follicles (FPO) are noted. 400X.

Las mediciones realizadas por tipo de ovocito son presentadas en la figura 5, donde se puede observar el crecimiento en tamaño de las células desde ovocitos inmaduros (OI) cuyo diámetro medio fue de 337,4  $\mu$  hasta el ovocito maduro avanzado (OMAV) cuyo diámetro medio alcanzó 900,0  $\mu$

The measurements made by type of oocyte are presented in Figure 5, where the growth in cell size from immature oocytes (OI) with an average diameter of 337.4  $\mu$  to advanced mature oocyte (OMAV) with an average diameter of 900.0  $\mu$  can be seen.

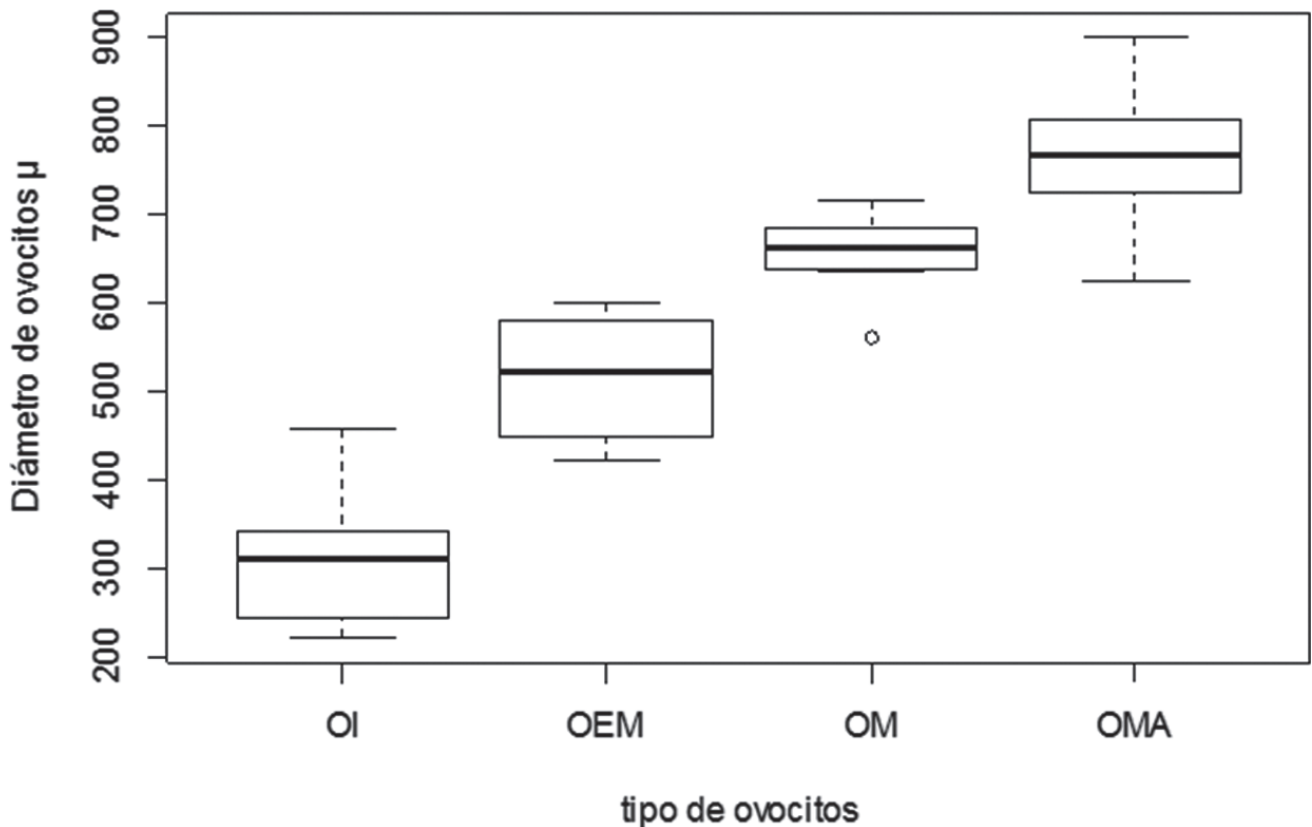


Figura 5.- Diámetro de ovocitos, según el tipo, OI = Ovocito inmaduro; OEM = Ovocito en madurez; OM = Ovocito maduro; OMA = Ovocito maduro avanzado de *Dosidicus gigas*

Figure 5. Oocyte diameter, depending on type, OI = Immature oocyte; OEM = Maturing oocyte; OM = Mature oocyte; OMA = Advanced mature oocyte of *Dosidicus gigas*

#### ESCALA DE MADUREZ GONADAL PARA MACHOS

De acuerdo a las observaciones realizadas, se diferenciaron tres fases de madurez gonadal para los machos, que son las siguientes:

##### Inmaduro (Estadio o Fase I):

Macroscópicamente el testículo inmaduro es delgado y translúcido. El complejo espermatofórico se encuentra en formación y sin espermatóforos visibles en el saco espermatofórico (Fig. 6A).

Microscópicamente está conformado por túbulos pequeños que contienen espermatogonios y/o espermatocitos, los cuales ocupan toda la cavidad interna de manera uniforme. Los espermatogonios y espermatocitos son células esféricas y fuertemente basófilas, siendo los espermatocitos de dimensiones más pequeñas (Fig. 6B).

#### GONADAL MATURITY SCALE FOR MALES

According to the observations made, three phases of gonadal maturity were differentiated for males, which are as follows:

##### Immature (Stage or Phase I):

Macroscopically, the immature testicle is thin and translucent. The spermatophoric complex is in formation and without visible spermatophores in the spermatophoric sac (Fig. 6A).

Microscopically, it is made up of small tubules containing spermatogonies and/or sperm cells, which occupy the entire internal cavity in a uniform manner. Spermatogonies and sperm cells are spherical and strongly basophilic cells, with the spermatocytes being smaller in size (Fig. 6B).

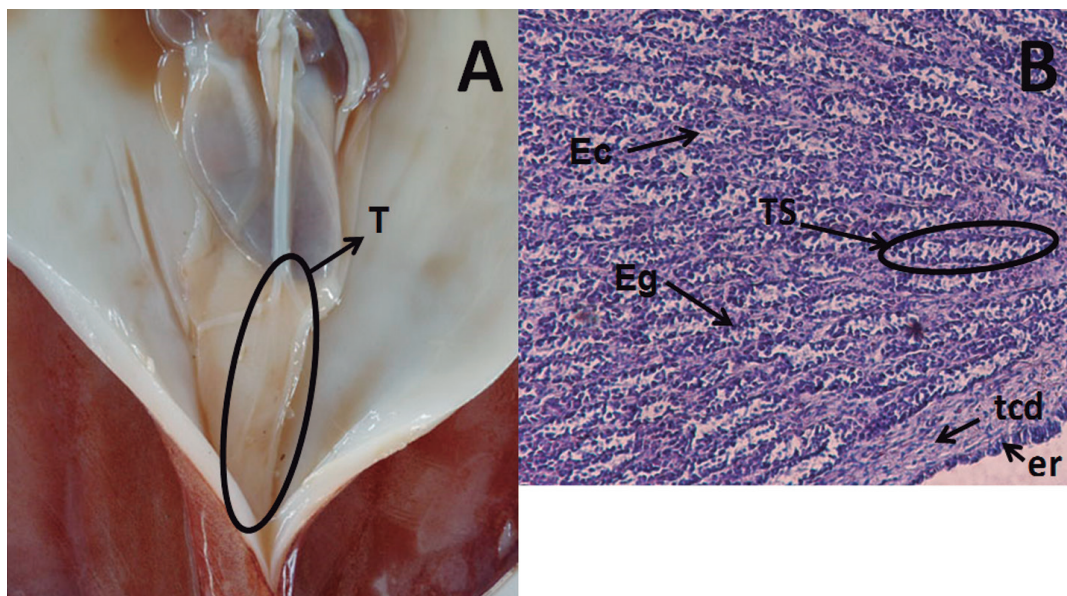


Figura 6.- A) Ejemplar macho de *Dosidicus gigas* en fase I de madurez gonadal. B) Corte histológico de testículo en fase I, se observa túbulos seminíferos (TS), espermatocono (Ec), espermatocono (Eg), tejido conectivo denso (tcd) y epitelio de revestimiento (er) que cubre el testículo. 100X

Figure 6. A) Male specimen of *Dosidicus gigas* in phase I of gonadal maturity. B) Histological cut of the testicle in phase I, seminiferous tubules (TS), spermatocyte (Ec), spermatogony (Eg), dense connective tissue (tcd) and lining epithelium (er) covering the testicle are observed. 100X

**En maduración (Fase II):**

Macroscópicamente se caracteriza por ser de mayor volumen que en la fase anterior, blanquecino, opaco (Fig. 7A).

Microscópicamente presenta espermatoconos, espermatoconos y espermátides. Los túbulos son desarrollados y presentan una luz reducida (Fig. 7B).

**Maturing (Stage or Phase II):**

Macroscopically, it is characterized by a larger volume than in the previous phase, whitish, opaque (Fig. 7A).

Microscopically it presents spermatogonia, spermatocytes and spermatids. The tubules are developed and have reduced light (Fig. 7B).

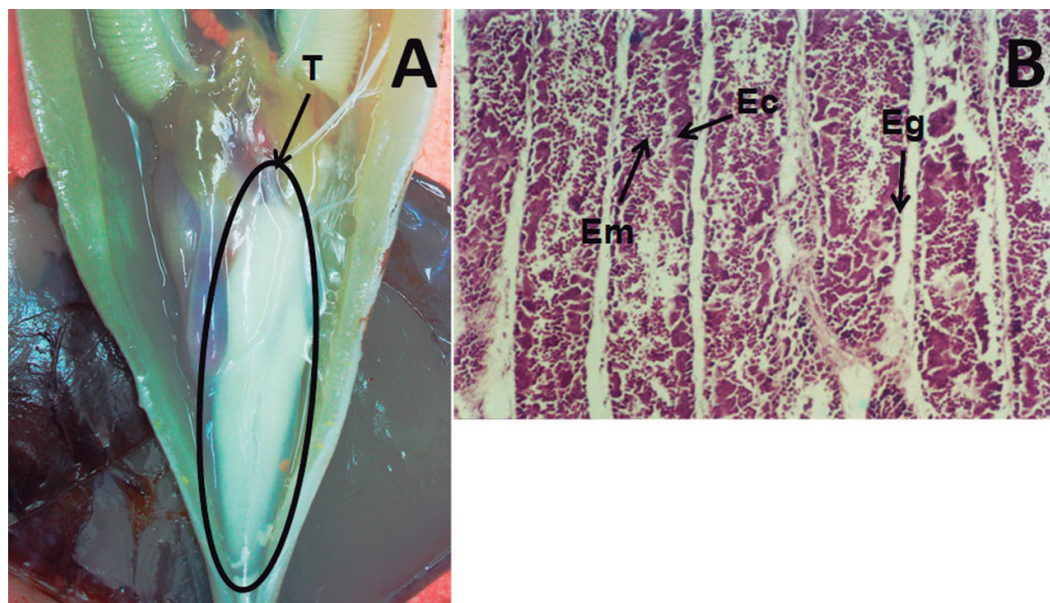


Figura 7.- A) Ejemplar macho de *Dosidicus gigas* en fase II de madurez gonadal, mostrando el testículo en maduración (T). B) Corte histológico de testículo en fase II, se observa espermatoconos (Eg), espermatoconos (Ec) y espermátides (Em). 100X

Figure 7. A) Male specimen of *Dosidicus gigas* in phase II of gonadal maturity, showing the mature testicle (T). B) Histological cut of the testicle in phase II, spermatogonia (Eg), spermatocytes (Ec) and spermatids (Em) are observed. 100X



**Maduro (Estadio o Fase III):**

Macroscópicamente se caracteriza por tener consistencia turgente, de color blanco y de aspecto lechoso. Los espermátóforos se encuentran tanto en el saco espermatófórico, como en la cavidad visceral (Fig. 8A).

Microscópicamente presenta espermatogonios, espermatocitos, espermátides y espermatozoides. Estos últimos son eosinófilos y están localizados en la luz de los túbulos, la cual es amplia (Fig. 8B).

**Mature (Stage or Phase III):**

Macroscopically it is characterized by its turgid consistency, white color and milky appearance. The spermatophores are found both in the spermatophoric sac and in the visceral cavity (Fig. 8A).

Microscopically, it presents spermatogonies, spermatocytes, spermatids and spermatozoa. The latter are eosinophils and are located in the tubular lumen, which is broad (Fig. 8B).

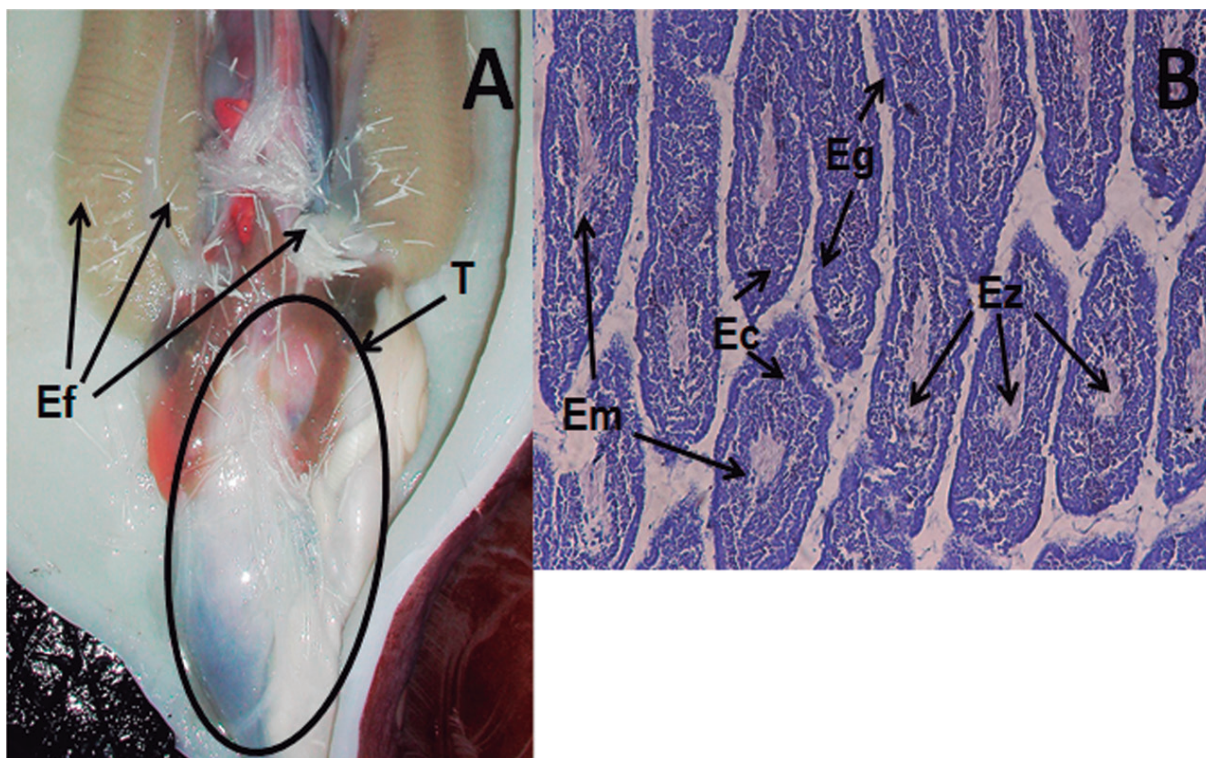


Figura 8.- A) Ejemplar macho de *Dosidicus gigas* en fase III de madurez gonadal, mostrando el testículo maduro (T) y espermátóforos (Ef). B) Corte histológico de testículo en fase III, con espermatogonios (Eg), espermatocitos (Ec), espermátides (Em) y espermatozoides (Ez), además, una amplia luz de los túbulos. 100X

Figure 8. A) Male specimen of *Dosidicus gigas* in phase III of gonadal maturity, showing the mature testicle (T) and spermatophores (Eph). B) Histological cut of testicle in phase III, with spermatogonies (Eg), spermatocytes (Ec), spermatids (Em) and spermatozoa (Ez), in addition to a wide tubular lumen. 100X

En las Tablas 3 y 4 (Anexo) se muestran la comparación entre las fases de madurez establecidas en el presente trabajo con las de otros trabajos y equivalencias entre ellas, tanto para hembras como para machos.

Durante la elaboración del presente trabajo se encontró alta frecuencia de la fase I, hallándose en algunos casos, individuos de gran tamaño con un ovario grande, pero que no presentaban madurez alguna.

Tables 3 and 4 (Annexed) show the comparison between the maturity phases established in the present work with those of other work and their equivalences for both females and males.

During the elaboration of this paper, a high frequency of phase I was found, in some cases, large individuals with a large ovary were found, but they did not present any maturity.

#### 4. DISCUSIÓN

Existen varios estudios en los que se analiza el ciclo reproductivo a partir de los cambios morfocromáticos de las gónadas (NESIS 1970, MICHEL *et al.* 1986, TAFUR y RABÍ 1997, MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI 2001, TAFUR *et al.* 2001); estas escalas macroscópicas deberían contar con sustento histológico y criterios que simplifiquen la identificación de las fases de madurez (KJESBU *et al.* 2003, SÁNCHEZ *et al.* 2013). Sin embargo, en el caso de *D. gigas*, esos estudios han empleado escalas de madurez diferentes, por lo cual también se han hecho distintas interpretaciones del proceso de maduración en esta especie (DÍAZ-URIBE *et al.* 2006, GONZÁLEZ y CHONG 2005).

En el presente estudio, se observaron individuos con ovarios que presentaban ovocitos en diferente grado de desarrollo, los cuales son ovulados y luego son reclutados en el oviducto para el posterior desove continuo. Al respecto, HERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.* (2016) mencionan que la presencia de folículos post-ovulatorios, pero sobre todo de ovocitos en diferente grado de desarrollo, es un aspecto importante para caracterizar a *Dosidicus gigas* como una especie con desove múltiple o reproductor parcial. En ese sentido, ROCHA *et al.* (2001) propusieron que *D. gigas* es una especie que “desova más de una vez al año” en su ciclo de vida, con un desarrollo ovocitario asincrónico, no hay regeneración del ovario y la puesta de huevos se realiza en momentos separados durante la misma estación de desove. En ese sentido, VILLANUEVA (1993) reportó una nueva estrategia reproductiva en octópodos cirrados con un desarrollo ovocitario cíclico y continuo y varios desoves a lo largo de la vida. En este trabajo hemos encontrado que esta especie presenta ovarios parcialmente desovados que contienen folículos post-ovulatorios así como ovocitos en varias etapas de desarrollo, pero no se han observado ovocitos atrésicos, como lo reportado en otros cefalópodos (SIEIRO *et al.* 2016) por lo tanto, no existe en esta escala macroscópica la categoría de ovarios desovados, lo cual sugiere que, la estrategia reproductiva de *D. gigas* corresponde a una especie capaz de desovar más de una vez de forma continua, constituyéndose en un reproductor con desove monocíclico, cuyos ovocitos en su fase de mayor desarrollo son reclutados en el oviducto para el posterior desove, sin producirse la regeneración del ovario ni la producción de nuevas células sexuales, como ya ha sido mencionado por otros autores (MARKAIDA 2002, GONZÁLEZ y CHONG 2005, TAFUR *et al.* 2010, IBÁÑEZ *et al.* 2011, KEYL *et al.* 2011, LIU *et al.* 2013, HERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.* 2016).

En el caso de las hembras, las cuatro fases de madurez gonadal descritas, sobre la base de las características macroscópicas de los ovarios validados mediante análisis microscópico, tienen equivalencia o coinciden

#### 4. DISCUSSION

There are several studies in which the reproductive cycle is analyzed based on the morphochromatic changes of the gonads (NESIS 1970, MICHEL *et al.* 1986, TAFUR & RABÍ 1997, MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2001, TAFUR *et al.* 2001); these macroscopic scales should have histological support and criteria that simplify the identification of the maturity phases (KJESBU *et al.* 2003, SÁNCHEZ *et al.* 2013). However, in the case of *D. gigas*, these studies have used different maturity scales, so different interpretations of the maturation process have also been made for this species (DÍAZ-URIBE *et al.* 2006, GONZÁLEZ & CHONG 2005).

In the present study, individuals were observed with ovaries that had oocytes at different stages of development, which are ovulated and then recruited into the oviduct for subsequent continuous spawning. In this regard, HERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.* (2016) mention that the presence of post-ovulatory follicles, but especially of oocytes in different stages of development, is an important aspect to characterize *Dosidicus gigas* as a species with multiple spawning or partial reproduction. In this sense, ROCHA *et al.* (2001) proposed that *D. gigas* is a species that “spawns more than once a year” in its life cycle, with an asynchronous oocyte development, there is no ovarian regeneration and egg laying is performed at separate times during the same spawning season. In this respect, VILLANUEVA (1993) reported a new reproductive strategy in cirrhopedic octopods with continuous cyclic oocyte development and several spawning cycles throughout life. In this paper we have found that this species has partially spawned ovaries that contain post-ovulatory follicles as well as oocytes at various stages of development, but no atresic oocytes have been observed, as reported in other cephalopods (SIEIRO *et al.* 2016), therefore, the category of spawned ovaries does not exist in this macroscopic scale, which suggests that the reproductive strategy of *D. gigas* corresponds to a species capable of spawning more than once on a continuous basis, constituting a breeder with monocyclic spawning, whose oocytes in their most developed phase are recruited in the oviduct for subsequent spawning, without the regeneration of the ovary or the production of new sex cells, as has already been mentioned by other authors (MARKAIDA 2001, GONZÁLEZ & CHONG 2006, TAFUR *et al.* 2010, IBÁÑEZ *et al.* 2011, KEYL *et al.* 2011, LIU *et al.* 2013, HERNÁNDEZ-MUÑOZ *et al.* 2016).

In the case of females, the four stages of gonadal maturity described, based on the macroscopic characteristics of the ovaries validated by microscopic analysis, are equivalent or coincide with those

con lo propuesto por otros autores (NESIS 1970, 1983; MICHEL *et al.* 1986). La alta frecuencia de individuos de gran tamaño en fase I, pertenecerían al grupo poblacional grande que ha sido reportado en trabajos anteriores (ARGÜELLES *et al.* 2001, TAFUR y RABÍ 1997, TAFUR *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2018).

Algunos ejemplares grandes que se encuentran en la fase I, pueden ser catalogados erróneamente en la fase II de madurez gonadal, los muestreadores podrían ser influenciados por el tamaño del individuo y no por las características propias del órgano reproductivo. Este error es crítico cuando se realizan estimaciones de primera madurez donde el vector de individuos inmaduros debe ser bien diferenciado del vector individuos reproductivamente activos (estadios II, III y IV). La construcción de la ojiva de madurez se basa, precisamente, en las proporciones que dan ambos vectores y el incremento de su pendiente está igualmente influenciado por las proporciones dadas por esas dos componentes. En la presente contribución, las diferencias entre ambas fases están claramente definidas por el aspecto granuloso y el color del ovario de la fase II respecto a la fase I.

Así mismo, las fases III y IV se diferencian básicamente por la presencia o ausencia de huevos en la glándula oviductal, que es el indicador de la fase de desove en las hembras, siendo que todos los huevos pueden ser evacuados en un único desove (STAAF *et al.* 2008). NESIS (1970) estableció cuatro fases características para las hembras de *D. gigas*, con ejemplares de la Corriente Costera Peruana (CCP), basándose para ello en las características externas de la gónada, principalmente el grado de desarrollo y engrosamiento de los oviductos y glándulas nidamentales, así como las características cromáticas de los óvulos y el aparato reproductor durante el proceso de maduración. Al respecto, MICHEL *et al.* (1986) tipificaron una escala macroscópica arbitraria de madurez gonádica de cuatro fases para las hembras, con base en las características morfológicas y cromáticas del aparato reproductor en sus diferentes fases de desarrollo, relacionadas con la descripción microscópica de cada fase, por medio de análisis histológico (Tabla 2) y MARKAIDA (2002) propuso cuatro fases para *Dosidicus gigas*, basándose en los tipos celulares observados durante el proceso de ovogénesis, tomando en cuenta la moda más avanzada en estos ácinos o folículos del ovario.

En los machos, se establecieron tres fases de madurez gonadal, basadas en las características macroscópicas de los testículos, validadas mediante cortes histológicos, donde se aprecia la presencia y distribución de las células sexuales masculinas, en diferentes fases de desarrollo, siendo la fase I muy fácil de diferenciar a simple vista por las características que presenta al momento de su catalogación. En

proposed by other authors (NESIS 1970, 1983; MICHEL *et al.* 1986). The high frequency of large phase I individuals, would belong to the large population group that has been reported in previous studies (ARGÜELLES *et al.* 2001, TAFUR & RABÍ 1997, TAFUR *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2018).

Some large specimens that are in phase I may be mistakenly catalogued in phase II of gonadal maturity. Samplers may be influenced by the size of the individual and not by the characteristics of the reproductive organ. This error is critical when making estimates of first maturity where the vector of immature individuals must be well differentiated from the vector of reproductively active individuals (stages II, III and IV). The construction of the maturity ogive is based precisely on the proportions given by both vectors and the increase in its slope is equally influenced by the proportions given by these two components. In this contribution, the differences between the two phases are clearly defined by the granular appearance and color of the ovary from phase II respect to phase I.

Also, phases III and IV are basically differentiated by the presence or absence of eggs in the oviductal gland, which is the indicator of the spawning phase in females, since all eggs can be evacuated in a single spawning period (STAAF *et al.* 2008). NESIS (1970) established four characteristic phases for females *D. gigas*, with specimens of the Peruvian Coastal Current (PCC), based on the external characteristics of the gonad, mainly the degree of development and thickening of the oviducts and nesting glands, as well as the chromatic characteristics of the eggs and the reproductive system during the maturation process. In this regard, MICHEL *et al.* (1986) typified an arbitrary macroscopic scale of gonadal maturity of four phases for females, based on the morphological and chromatic characteristics of the reproductive system in its different stages of development, related to the microscopic description of each phase, by means of histological analysis (Table 2) and MARKAIDA (2002), proposed four phases for *Dosidicus gigas*, based on the cell types observed during the oocyteogenesis process, taking into account the most advanced mode in these acini or ovarian follicles.

In males, three phases of gonadal maturity were established, based on the macroscopic characteristics of the testicles, validated by histological cuts, where the presence and distribution of male sexual cells can be appreciated, in different phases of development, being phase I very easy to differentiate with the naked eye by the characteristics that it presents at the time of

la diferenciación de las fases II y III, es importante visualizar la presencia o ausencia de espermatóforos tanto en el saco espermatofórico, como en la cavidad visceral, porque esta característica nos indicaría en cuál de estas dos fases se encuentra el individuo. Sin embargo, es importante mencionar que el proceso de espermatogénesis es continuo por lo que en la fase II ya están formados los espermatozoides. La presencia o no de espermatóforos en la cavidad visceral constituye una herramienta visual inconfundible que separa los individuos en maduración de los maduros propiamente, para fines prácticos pero no significa que sea una medida cuantitativa.

## 5. CONCLUSIONES

Para el calamar gigante o pota *Dosidicus gigas*, se determinó una escala macroscópica de madurez gonadal que consta de cuatro fases de desarrollo para hembras y tres fases para machos.

*D. gigas* tiene un desarrollo gonadal de tipo asincrónico, con una estrategia reproductiva de desovador múltiple con un patrón de desove monocíclico.

Consideramos que las escalas macroscópicas son útiles para describir la madurez sexual del calamar *D. gigas*, al existir alta correspondencia con las fases microscópicas.

cataloguing. In the differentiation of phases II and III, it is important to visualize the presence or absence of spermatophores both in the spermatophoric sac and in the visceral cavity, because this characteristic would indicate which of these two phases the individual is in. However, it is important to mention that the spermatogenesis process is continuous, so that in phase II the spermatozoa are already formed. The presence or absence of spermatophores in the visceral cavity is an unmistakable visual tool that separates maturing individuals from mature individuals for practical purposes, but it does not mean that it is a quantitative measure.

## 5. CONCLUSIONS

For the jumbo flying squid *Dosidicus gigas*, a macroscopic scale of gonadal maturity was determined, consisting of four development phases for females and three phases for males.

*D. gigas* has an asynchronous gonadal development, with a multiple spawning reproductive strategy with a monocyclic spawning pattern.

We consider that macroscopic scales are useful to describe the sexual maturity of this squid, as there is a high correspondence with the microscopic phases.

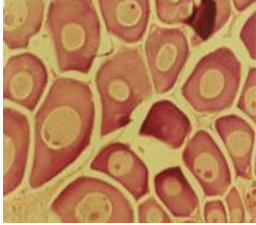
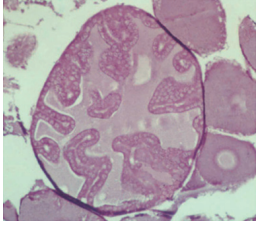
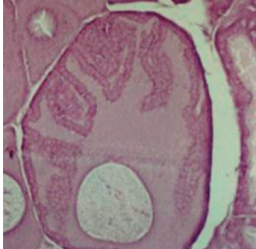
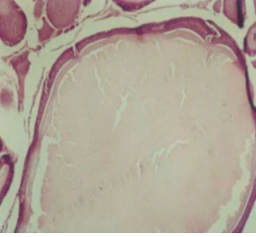
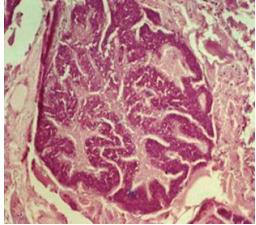
## 6. REFERENCIAS/REFERENCES

- 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. *Fish. Res.* 54: 51-61.
- ARKHIPKIN A I. 1992. Reproductive system structure, development and function in cephalopods with a new general scale for maturity stages. *J. Northw. Atl. Fish. Sci.* Vol. 12: 63-74.
- BUITRÓN B, PEREA A, MORI J, SÁNCHEZ J, ROQUE C, CASTILLO J, GALVEZ M. 2015. Madurez gonadal de peces de importancia comercial: Escalas macroscópicas validadas microscópicamente. *Bol Inst Mar Perú.* Vol. 30 (1, 2): 3-9.
- BURUKOVSKY R, ZUEV T, NIGMATULIN C, TZIMBAL M. 1977. Methodological principles of plotting scales of reproductive maturing systems in female squids, based on *Sthenoteuthis pteropus* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Zool. Zh.* 56(12): 1781-1791 [En ruso]. Traducción al inglés por Language Services Branch, NMFS, NOAA, U.S. Dep. Comm. 13 pp.
- CSIRKE J, ALEGRE A, ARGÜELLES J, GUEVARA-CARRASCO R, MARIÁTEGUI L, SEGURA M, TAFUR R, YAMASHIRO C. 2015. Main biological and fishery aspects of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian Humboldt Current System. South Pacific Regional Fisheries Management Organization 3rd Meeting of the Scientific Committee. Port Vila, Vanuatu. 28 September – 3 October 2015. 1-33.
- DÍAZ-URIBE J G, HERNÁNDEZ-HERRERA A, MORALES-BOJÓRQUEZ E, MARTÍNEZ-AGUILAR S, SUAREZ-HIGUERA M C, HERNÁNDEZ-LÓPEZ A. 2006. Histological validation of the gonadal maturation stages of female jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *Ciencias Marinas.* 32: 23-31.
- GONZÁLEZ P, CHONG J. 2005. Biología reproductiva del *Dosidicus gigas* d'Orbigny 1835 (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la zona norte-centro de Chile. *Gayana.* 70(2): 237-244.
- HERNÁNDEZ-MUÑOZ A T, RODRÍGUEZ-JARAMILLO C, MEJÍA-REBOLLO A, SALINAS-ZAVALA C A. 2016. Reproductive strategy in jumbo squid *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835): A new perspective. *Fisheries Research.* 173: 145-150.
- HUMASON G. 1979. Animal tissue techniques. W. Freeman Eds. 4ta Ed. 661 pp.
- IBÁÑEZ C M, CUBILLOS L A. 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(1): 123-128.
- IBÁÑEZ C M, CUBILLOS L A, TAFUR R. 2011. Genetic diversity and demographic history of *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Humboldt Current System. *Mar Ecol Prog Ser.* 431: 163-171.
- IBÁÑEZ C M, SEPÚLVEDA R D, ULLOA P, KEYL F, PARDO-GANDARILLAS M C. 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. Doi: 10.3856/vol43-issue3-fulltext-2.
- JUANICO M. 1983. Squid maturity scales for population analysis. In: *Advances in assessment of world cephalopod resources* (p. 341-378), J. F. Caddy (ed.), FAO Fish. Tech. Pap. 231: 452 p.
- KEYL F. 2009. The Cephalopod *Dosidicus gigas* of the Humboldt Current System under the impact of fishery and environmental variability. Tesis para obtener el grado académico de Doctor en Ciencias. Universitat Bremen. 214 pp.
- KEYL F, ARGÜELLES J, TAFUR R. 2011. Interannual variability in size structure, age, and growth of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) assessed by modal progression analysis. *ICES Journal of Marine Science*. 68(3): 507-518.
- KJESBU O, HUNTER R, WITHTHAMES P (Ed.). 2003. Plenary document. In: Report of de working group on modern approaches to assess maturity and fecundity of warm- and cold-water fish and squids. *Fisken og haver* 12. [http://brage.bibsys.no/im/handle/URN:NBN:nobibsys\\_brage\\_3594](http://brage.bibsys.no/im/handle/URN:NBN:nobibsys_brage_3594). [acceso: 18/07/2013]
- 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. <http://dx.doi.org/10.1007/s00343-013-2036-z>
- MARKAIDA U, SOSA-NISHIZAKI O. 2001. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California, 1995-1997. *Fish. Res.* 54: 63-82.
- MARKAIDA U. 2002. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Centro de Investigación Científica y Educación Superior de Ensenada (CICESE). Tesis. 387 p.
- MICHEL E, KLETT A, OCHOA R. 1986. Estudio preliminar para la determinación de madurez gonádica del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny 1835). *Instituto Nacional de Pesca, México. Ciencia Pesquera*. 5: 77-89.
- NESIS K N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. *Oceanology*. 10: 140-152.
- NESIS K N. 1983. *Dosidicus gigas*. In: P.R. Boyle (ed.), *Cephalopod life cycles*. Academic Press, London. 215-231.
- NIGMATULLIN C M, NESIS K N, ARKHIPKIN A I. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fish. Res.* 54: 9-19.
- ROCHA F, GUERRA A, GONZÁLEZ A F. 2001. A review of reproductive strategies in Cephalopods. *Biol. Rev.* 76: 291-304.
- SÁNCHEZ J, PEREA A, BUITRÓN B, ROMERO L. 2013. Escala de madurez gonadal de jurel *Trachurus murphyi* Nichols 1920. *Rev. per. biol.* Lima. 20(1): 35-44.
- SAUER W H, LIPINSKI M R. 1990. Histological validation of morphological stages of sexual maturity in chokker squid *Loligo vulgaris reynaudii* D'Orb (Cephalopoda: Loliginidae). *South African of Journal Marine Science*. 9: 189-200.
- SIEIRO P, OTERO J, GUERRA A. 2016. Histomorphological study of ovarian atresia over the reproductive cycle of *Octopus vulgaris* from Galician waters (NW Spain). *Zoomorphology*. 135(4): 419-431.
- STAAR D J, CAMARILLO-COP S, HADDOCK S H D, NYACK A C, PAYNE J, SALINAS-ZAVALA C A, SIEBEL B A, TRUEBLOOD L, WIDMER C, GILLY W F. 2008. Natural egg mass deposition by the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California and characteristics of hatchlings and paralarvae. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 88(4): 759-770.
- TAFUR R, RABÍ M. 1997. Reproduction of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* (D'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coasts. *Sci. Mar.* 61 (Supl. 2): 33-37.
- TAFUR R, VILLEGAS P, RABÍ M, YAMASHIRO C. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fish. Res.* 54: 33-50.
- TAFUR R, KEYL F, ARGÜELLES J. 2010. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in relation to environmental variability of the northern Humboldt Current System. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 400: 127-141.
- TAFUR R, PEREA A, BUITRÓN B. 2018. Aspectos reproductivos del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 119-136.
- TAIPE A, YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, ROJAS P, ROQUE C. 2001. Distribution and concentrations of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fish. Res.*, 54: 21-32.
- VILLANUEVA R. 1993. Continuous spawning in the cirrate octopods *Opisthoteuthis agassizzi* and *O. vossi*: features of sexual maturation defining a reproductive strategy in cephalopods. *Marine Biology*. 114: 265-275.
- YAMASHIRO C, MARÍN W, ARGÜELLES J. 2016. El recurso calamar gigante en la costa peruana y el Niño. *Bol. Trimestral Oceanográfico. Instituto del Mar del Perú*. 2(1): 17-20.
- YATSU A, TAFUR R, MARAVÍ C. 1999. Embryos and rhynchoteuthion paralarvae of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) obtained through artificial fertilization from Peruvian waters. *Fisheries Science*. 65(6): 904-908.

**Anexo:**

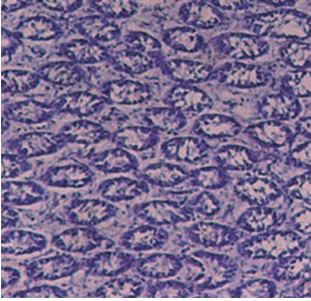
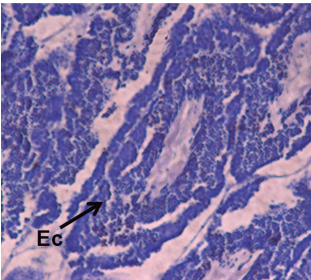
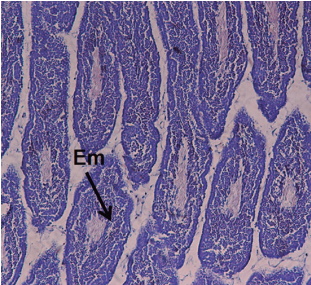
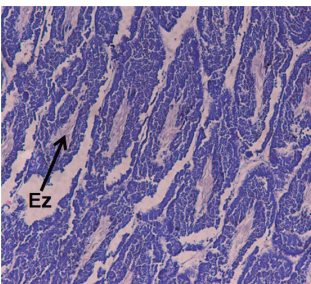
Tabla 1.- Tipos de ovocitos de calamar gigante *Dosidicus gigas* y sus principales características  
 Table 1. Types of oocytes of the Jumbo flying squid *Dosidicus gigas* and their main characteristics

OVOCITOS OOCYTES	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION	IMAGEN IMAGE
Ovocito inmaduro  Immature oocyte  (OI)	Células muy pequeñas y de forma poligonal, con núcleo esférico de posición central. Nucléolos dispersos en el citoplasma, con uno de gran tamaño. Citoplasma basófilo.  Very small cells and polygonal shape, with spherical core of central position. Nucleolus dispersed in the cytoplasm, with a large one. Basophilic cytoplasm.  Diámetro: 67,2 ± 13,6 µm  Aumento: 100x	
Ovocito en maduración  Maturing oocytes  (OEM)	Células de forma esférica. Células foliculares adheridas al ovocito aumentan de tamaño y junto al epitelio folicular se proyectan al interior de la célula a manera de invaginaciones. Citoplasma basófilo.  Spherical shape cells. Follicular cells attached to the oocyte increase in size and, together with the follicular epithelium, are projected into the cell as invaginations. Basophilic cytoplasm.  Diámetro: 328,9 ± 55,2 µm  Aumento: 400x	
Ovocito maduro  Mature oocyte  (OM)	Células de forma esférica. Núcleo esférico de posición periférica. Las células foliculares y el epitelio folicular que invadieron el citoplasma del ovocito, se retiran a la periferia conforme el ovocito continúa madurando. Citoplasma basófilo.  Spherical shape cells. Spherical core of peripheral position. The follicular cells and the follicular epithelium that invaded the cytoplasm of the oocyte, are withdrawn to the periphery as the oocyte continues to mature. Basophilic cytoplasm.  Diámetro: 600,0 ± 65,4 µm  Aumento: 400x	
Ovocito maduro avanzado  Advance mature oocyte  (OMA)	Células de forma esférica. No se observan invaginaciones. Puede observarse un OMA no ovulado (rodeado del epitelio folicular y células foliculares) o un OMA ovulado (sin epitelio folicular ni células foliculares, que llaga al oviducto). Citoplasma eosinófilo.  Spherical shape cells. No invaginations are seen. A non-ovulated OMA (surrounded by follicular epithelium and follicular cells) or an ovine OMA (without follicular epithelium or follicular cells, which reaches the oviduct) can be observed. Eosinophil cytoplasm.  Diámetro: 759,2 ± 64,7 µm  Aumento: 400x	
Folículo post-ovulatorio  Post ovulatory follicle  (FPO)	Es la capa folicular que delimitaba al ovocito maduro avanzado y que queda en el ovario luego de haberse producido la ovulación. El folículo post-ovulatorio tiene cambios en su morfología y tamaño conforme transcurre el tiempo.  It is the follicular layer that delimited the advanced mature oocyte and remains in the ovary after ovulation has occurred. The post-ovulatory follicle has changes in its morphology and size as time passes.  Aumento: 200x	

**Anexo:**

Tabla 2.- Descripción de principales tipos de células sexuales en machos de calamar gigante *Dosidicus gigas*

Table 2. Description of main types of sex cells in males Jumbo flying squid *Dosidicus gigas*

CÉLULAS CELLS	DESCRIPCIÓN DESCRIPTION	IMAGEN IMAGE
Espermatogonios Spermatogonia (Eg)	<p>Células pequeñas que se encuentran localizadas en las paredes de los túbulos seminíferos, están distribuidos de manera uniforme. Poseen el citoplasma basófilo y núcleo bastante desarrollado.</p> <p>Small cells that are located in the walls of the seminiferous tubules, are evenly distributed. They have the basophilic cytoplasm and well developed nucleus.</p> <p>Aumento: 400x</p>	
Espermatocitos Spermatocytes (Ec)	<p>Células de forma esférica que están localizadas cerca al lumen de los túbulos seminíferos, junto a las espermáticas. Son más pequeñas que las espermatogonias. Tienen citoplasma basófilo.</p> <p>Spherical cells that are located near the lumen of the seminiferous tubules, next to the spermatogenic ones. They are smaller than spermatogonia. They have basophilic cytoplasm.</p> <p>Aumento: 400x</p>	
Espermátides Spermatids (Et)	<p>Células de forma alargada que se encuentran localizadas cerca al lumen de los túbulos seminíferos, ubicándose junto a las espermatogonias.</p> <p>Cells of elongated form that are located near the lumen of the seminiferous tubules, being located next to the spermatogonies.</p> <p>Aumento: 100x</p>	
Espermatozoides Sperm (Ez)	<p>Son células de forma alargada, se encuentran distribuidos en el lumen de los túbulos seminíferos.</p> <p>They are cells of elongated form; they are distributed in the lumen of the seminiferous tubules.</p> <p>Aumento: 100x</p>	

**Anexo:**

Tabla 3.- Equivalencia entre las fases de madurez gonadal macroscópica de hembras utilizados en otros estudios de *Dosidicus gigas* y el presente trabajo (Modificado de MARKAIDA 2002)

Table 3. Equivalence between the phases of macroscopic gonadal maturity of females used in other *Dosidicus gigas* studies and the present work (Modified from MARKAIDA 2002)

Este estudio These study	LIPINSKI y UNDERHILL (1995)	NESIS (1970, 1983)	EHRHARDT <i>et al.</i> (1983, 1986)	MICHEL <i>et al.</i> (1986)
I Inmaduro Immature	I	I Inmadura Immature	I Inmadurez Immature	I Inmadura Immature
	II			
II En maduración Maturing	III	II Alargamiento de glándula nidamental Nidamental Gland Extension	II Transición Transition	II En madurez Maturing
III Maduro Mature		IV		III Varios huevos en oviductos Several eggs in Oviducts
	V	IV Oviductos llenos Oviducts filled		
IV Desove Spawning	VI		IV Desovando Spawning	IV Desove Spawning
			V Agotado Exhausted	

**Anexo:**

Tabla 4.- Equivalencia entre las fases de madurez gonadal macroscópica de machos propuestas por otros autores para *Dosidicus gigas* y el presente trabajo. EF: espermatoforos; SE: saco espermatorfórico (Modificado de MARKAIDA 2002)

Table 4. Equivalence between the phases of macroscopic gonadal maturity of males proposed by other authors for *Dosidicus gigas* and the present work. EF: spermatophores; SE: spermatofore sac (Modified from MARKAIDA 2002)

Este estudio These study	LIPINSKI y UNDERHILL (1995)	NESIS (1970, 1983)	EHRHARDT <i>et al.</i> (1983, 1986)	MICHEL <i>et al.</i> (1986)
I Inmaduro Immature	I	I Inmaduro Immature	I Inmadurez Immature	I Inmaduro Immature
	II			
II En maduración Maturing	III		II Transición Transition	II Madurando Maturing
III Maduro Mature	IV	II Varios EF en SE Many EF in SE	III Maduro Mature	III Maduro Mature
	V	III Maduro Mature		
	VI		IV Desovando Spawning	
			V Agotado Exhausted	



# OBSERVATIONS ON EMBRYOS AND EMBRYONIC DEVELOPMENT FROM AN EGG MASS OF THE JUMBO SQUID *Dosidicus gigas* SPAWNED UNDER CAPTIVE CONDITIONS

## OBSERVACIONES SOBRE EMBRIONES Y DESARROLLO EMBRIONARIO A PARTIR DE UNA MASA DE HUEVOS DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* DESOVADA EN CAUTIVERIO

Mitsuo Sakai\*<sup>1</sup>  
Carmen Yamashiro<sup>2</sup>

Dharmamony Vijai<sup>1</sup>  
Toshie Wakabayashi<sup>3</sup>

### ABSTRACT

SAKAI M, VIJAI D, YAMASHIRO C, WAKABAYASHI T. 2018. Observations on embryos and embryonic development from an egg mass of the jumbo squid *Dosidicus gigas* spawned under captive conditions. *Bol Inst Mar Peru*. 33(2): 153-159.- Egg masses were spawned by a jumbo squid *Dosidicus gigas* (mantle length 37.5 cm) held in a tank (500 L) on board the R/V Kaiyo Maru during a joint Japan-Peru cruise in Peruvian waters during December 2011–February 2012. Part of an egg mass was collected and incubated in an aquarium (10 L) maintained at 20 °C. The eggs had a unique jelly envelope surrounding the chorion. The diameter of the jelly envelope was more than twice the diameter of chorion. It remained clearly visible until the embryos reached developmental stage 18. Most of the eggs were fertilized and hatched (Stage 30) 6.5 days after spawning at 20 °C.

KEYWORDS: egg mass, captive spawning, *Dosidicus gigas*

### RESUMEN

SAKAI M, VIJAI D, YAMASHIRO C, WAKABAYASHI T. 2018. Observaciones sobre embriones y desarrollo embrionario a partir de una masa de huevos de calamar gigante *Dosidicus gigas* desovada en cautiverio. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 153-159.- Masas de huevos fueron desovadas por un calamar gigante *Dosidicus gigas* (longitud de manto 37,5 cm) mantenido en un tanque de 500 litros, a bordo del BIC Kaiyo Maru durante un crucero conjunto de Japón-Perú en aguas peruanas, entre diciembre 2011 y febrero 2012. Parte de la masa de huevos se recolectó e incubó en un acuario de 10 litros y conservó a 20 °C. Los huevos tenían una envoltura gelatinosa única alrededor del corion. El diámetro de la envoltura gelatinosa era más del doble del diámetro del corion, el que permaneció claramente visible hasta que los embriones alcanzaron la etapa de desarrollo 18. La mayoría de los huevos estaban fertilizados y eclosionaron (Etapa 30) 6,5 días después del desove a 20 °C.

PALABRAS CLAVE: masa de huevos, desove en cautiverio, *Dosidicus gigas*

## 1. INTRODUCTION

The Ommastrephidae is one of the largest families of oegopsid squids, with many commercially as well as ecologically important species, yet little information is available about the early life stages of the family. Our knowledge of the embryonic development of ommastrephids squids has improved in recent years owing to the development of artificial fertilization techniques (SAKURAI *et al.* 1995, SAKAI *et al.* 2011, VILLANUEVA *et al.* 2012).

However, direct observations of embryonic development within spawned egg masses have been limited and partial because ommastrephid egg masses are tenuous, transparent, and short-lived (VIJAI 2016); and hence have rarely been reported from the wild (NAEF 1928, LAPTIKHOVSKY & MURZOV 1990, O'SHEA *et al.* 2004, STAAF *et al.* 2008, BIRK *et al.* 2016). The only detailed study of an ommastrephid egg mass in the wild is the classic work of NAEF (1928) illustrating the embryonic development of the southern shortfin squid, *Illex coindetii* (Vérany, 1839).

## 1. INTRODUCCIÓN

Ommastrephidae es una de las familias más grandes de calamares oegópsidos, con muchas especies de importancia comercial y ecológica, aunque se dispone de poca información sobre las primeras etapas de la vida de esta familia. Nuestro conocimiento sobre el desarrollo embrionario de los calamares ommastréfidos ha mejorado en los últimos años, debido al desarrollo de técnicas de fertilización artificial (SAKURAI *et al.* 1995, SAKAI *et al.* 2011, VILLANUEVA *et al.* 2012).

Sin embargo, las observaciones directas del desarrollo embrionario dentro de las masas de huevos desovados han sido limitadas y parciales, debido a que esas masas son tenues, transparentes y de corta vida (VIJAI 2016) y raras veces se han reportado en el medio silvestre (NAEF 1928, LAPTIKHOVSKY y MURZOV 1990, O'SHEA *et al.* 2004, STAAF *et al.* 2008, BIRK *et al.* 2016). El único estudio detallado de una masa de huevos de ommastréfidos en el medio silvestre es el clásico trabajo de NAEF (1928) que ilustra el desarrollo embrionario del calamar de aleta corta del sur *Illex coindetii* (Vérany, 1839).

1 Tohoku National Fisheries Research Institute, Japan Fisheries Research and Education Agency, Samemachi, Hachinohe, 031-0841, Japan

2 Unidad de Investigación en Invertebrados Marinos, Instituto del Mar del Perú, Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito, Callao, Perú

3 Department of Fisheries Science and Technology, National Fisheries University, Shimonoseki, Yamaguchi 759-6595, Japan

\* Corresponding author: sakaimit@affrc.go.jp

In recent years, captive experiments have allowed observations on the embryonic development within egg masses for several ommastrephid squids, including *Todarodes pacificus* (HAMABE 1962, BOWER & SAKURAI 1996, PUNEETA *et al.* 2015), *Illex coindetii* (BOLETZKY *et al.* 1973), *Illex illecebrosus* (O'DOR & DURWARD 1979, DURWARD *et al.* 1980, O'DOR *et al.* 1982, BALCH *et al.* 1985), *Sthenoteuthis oualaniensis* (CHESLIN & GIRAGOSOV 1993), and *Dosidicus gigas* (STAAF *et al.* 2008).

The jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) is the largest and one of the most abundant of the ommastrephid squids (NIGMATULLIN *et al.* 2001). Its embryonic development has been documented from both wild egg masses (STAAF *et al.* 2008, BIRK *et al.* 2016) and laboratory experiments (YATSU *et al.* 1999, STAAF *et al.* 2008, STAAF *et al.* 2011). Such studies can provide information useful for understanding fluctuations of stock abundance in *D. gigas* (YATSU *et al.* 1999). This report describes an egg mass that was spawned on board a research vessel and further observations on their embryonic development.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Investigations were conducted on board the R/V Kaiyo Maru during a Japan-Peru joint research cruise carried out from December 2011 to February 2012 in the Peruvian EEZ. The priority objectives of the cruise were to collect data on *D. gigas* recruitment and to conduct biotelemetry tag-and-release experiments. For tagging, adult squids were captured with jigs on hand lines. Typically, the squid were released immediately (10-15 min) after they were tagged. For details on the biotelemetry experiments, see SAKAI (2012). Occasionally, they were held in an onboard polycarbonate-glass tank (500 L), to observe their condition before release. The tank was oxygenated with constantly running, filtered surface sea water (20 °C). On December 22, 2011, one female squid (37.5 cm in mantle length) held in the tank spawned a translucent egg mass filled almost the tank and she died the next day. Post-mortem examination was conducted to evaluate the condition of its reproductive organs.

Part of an egg mass cut out from the whole egg mass was incubated in a small (10 L) aquarium maintained at 20 °C in an on-board laboratory. Embryonic development was recorded based on the staging scheme and definitions of WATANABE *et al.* (1996) and SAKAI *et al.* (1998) proposed for the ommastrephid squids *Todarodes pacificus* and *Illex argentinus*, respectively.

En los últimos años, los experimentos en cautiverio han permitido observar el desarrollo embrionario dentro de las masas de huevos de varios calamares ommastréfidos, incluyendo a *Todarodes pacificus* (HAMABE 1962, BOWER y SAKURAI 1996, PUNEETA *et al.* 2015), *Illex coindetii* (BOLETZKY *et al.* 1973), *Illex illecebrosus* (O'DOR y DURWARD 1979, DURWARD *et al.* 1980, O'DOR *et al.* 1982, BALCH *et al.* 1985), *Sthenoteuthis oualaniensis* (CHESLIN y GIRAGOSOV 1993) y *Dosidicus gigas* (STAAF *et al.* 2008).

El calamar gigante *D. gigas* (d'Orbigny, 1835) es el más grande y uno de los más abundantes de los calamares ommastréfidos (NIGMATULLIN *et al.* 2001). Su desarrollo embrionario ha sido documentado tanto a partir de masas de huevos silvestres (STAAF *et al.* 2008, BIRK *et al.* 2016) como de experimentos de laboratorio (YATSU *et al.* 1999, STAAF *et al.* 2008, STAAF *et al.* 2011). Dichos estudios pueden proporcionar información útil para comprender las fluctuaciones de la abundancia del stock de *D. gigas* (YATSU *et al.* 1999). El presente trabajo describe una masa de huevos que fue desovada a bordo de un buque de investigación y observaciones adicionales sobre su desarrollo embrionario.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizaron investigaciones a bordo del BIC Kaiyo Maru durante un crucero conjunto de investigación Japón-Perú realizado entre diciembre 2011 y febrero 2012 en la Zona Económica peruana. Los objetivos prioritarios del crucero fueron recopilar datos sobre el reclutamiento de *D. gigas* y realizar experimentos de bioteleetría de marcado y liberación. Para el marcado, se capturaron calamares adultos con poteras en líneas de mano. Por lo general, los calamares fueron liberados inmediatamente (10-15 minutos) después de ser marcados. Para más detalles sobre los experimentos de bioteleetría véase SAKAI (2012). Ocasionalmente, en un tanque de policarbonato de 500 L de capacidad, se mantuvieron los calamares para observar su estado, antes de ser liberados. El tanque fue oxigenado y mantenido con agua de mar filtrada y en constante movimiento (20 °C). El 22 de diciembre del 2011, una hembra de calamar (37,5 cm de longitud de manto) depositada en el tanque, desovó una masa de huevos translúcida que llenó casi el tanque, muriendo al día siguiente. Se realizó un examen post-mortem para evaluar el estado de sus órganos reproductores.

De la masa de huevos, se cortó una parte que fue incubada en un acuario pequeño (10 L) y mantenida a 20 °C en el laboratorio del barco. Se registró el desarrollo embrionario basado en el esquema y definiciones de estadios de WATANABE *et al.* (1996) y SAKAI *et al.* (1998) propuestas para los calamares ommastréfidos *Todarodes pacificus* e *Illex argentinus*, respectivamente.

### 3. RESULTS AND DISCUSSION

Spawning of a shapeless and translucent egg mass filled almost the tank might have been stress induced and abnormal behavior because healthy *D. gigas* are known to spawn bigger (>30 cm in diameter) egg masses (STAAF *et al.* 2008, BIRK *et al.* 2016). The limited space in the small (500 L) tank and manual handling before releasing into the tank might have induced stress in the animal. Some egg masses were broken and macerated to jelly blobs, probably by the swimming squid inside the tank.

Most of the eggs in the tank were unfertilized. Fertilization in the ommastrephids takes place while spawning (HAMABE 1962, O'DOR & DAWE 2013, VIJAI 2016), and the low fertilization rate in the present study might have been due to the anomalous spawning conditions. In the fertilized eggs, normal embryonic development was observed from the 4th cleavage phase (16 cells, Stage 7) until hatching (Stage 30, Fig. 1). The developing embryos had fully expanded chorions and were surrounded by a jelly envelope (Fig. 2). The envelope was observed until Stage 18 and was similar to the spherical envelope reported by STAAF *et al.* (2008). At 20 °C, the eggs hatched 6.5 days after they were spawned (Fig. 3). This embryonic development duration was similar to that of *Illex argentinus* incubated at 20 °C (SAKAI *et al.* 1999a, SAKAI *et al.* 1999b).

Post-mortem examination of the spawned female revealed many eggs were still present in the ovary and oviducts. The anterior ends of the nidamental glands were attenuated and slightly translucent similar to the nidamental glands in a spawned *D. gigas* female reported by STAAF *et al.* (2008). The presence of eggs in the oviduct indicated the possibility of incomplete or abnormal spawning.

Since the present study was of second priority on board, detailed observations on the hatched paralarvae were not possible. Future investigations could be designed to observe and record the embryonic development within the egg mass. Recently, information about *D. gigas* egg masses and the effects of temperature on embryonic development has increased (YATSU *et al.* 1999, STAAF *et al.* 2008, STAAF *et al.* 2011, BIRK *et al.* 2016). But further research is still needed to elucidate the survival of paralarvae and to determine their early prey. Well-designed on-board captive experiments could provide answers to these questions in near future, not just for *D. gigas*, but for all ommastrephids.

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El desove de una masa de huevos sin forma y translúcida, que casi llenó el tanque, podría haber sido inducido por el estrés y un comportamiento anormal, ya que es sabido que las *D. gigas* sanas desovan masas de huevos más grandes (>30 cm de diámetro) (STAAF *et al.* 2008, BIRK *et al.* 2016). El espacio limitado en el tanque de 500 litros y la manipulación antes de liberar al ejemplar, pueden haber inducido estrés en el animal. Algunas masas de huevos se rompieron y maceraron hasta formar gotas gelatinosas, probablemente causadas por el calamar que nadaba en el tanque.

La mayoría de los huevos en el tanque no estaban fertilizados. La fertilización en los ommastrephidos tiene lugar durante el desove (HAMABE 1962, O'DOR y DAWE 2013, VIJAI 2016) y la baja tasa de fertilización en el presente estudio podría deberse a las condiciones anómalas de desove. En los ovocitos fecundados, se observó un desarrollo embrionario normal desde la 4ta fase de segmentación (16 células, estadio 7) hasta la eclosión (estadio 30, Fig. 1). Los embriones en desarrollo tenían coriones completamente expandidos y estaban rodeados por una envoltura gelatinosa (Fig. 2). La envoltura fue observada hasta el estadio 18 y fue similar a la envoltura esférica reportada por STAAF *et al.* (2008). A 20 °C, los huevos eclosionaron 6,5 días después de su desove (Fig. 3). Esta duración del desarrollo embrionario fue similar a la del *Illex argentinus* incubado a 20 °C (SAKAI *et al.* 1999a, SAKAI *et al.* 1999b).

El examen post-mortem de la hembra desovada, reveló que todavía había muchos óvulos presentes en el ovario y los oviductos. Los extremos anteriores de las glándulas nidamentales estaban atenuados y ligeramente translúcidos, similares a las glándulas nidamentales en una hembra desovada de *D. gigas* reportada por STAAF *et al.* (2008). La presencia de huevos en el oviducto indica la posibilidad de desove incompleto o anormal.

Dado que el presente estudio tenía una prioridad secundaria a bordo, no fue posible hacer observaciones detalladas sobre las paralarvas eclosionadas. Se podrían diseñar investigaciones futuras para observar y registrar el desarrollo embrionario dentro de la masa de huevos. Recientemente, ha aumentado la información sobre las masas de huevos de *D. gigas* y los efectos de la temperatura en el desarrollo embrionario (YATSU *et al.* 1999, STAAF *et al.* 2008, STAAF *et al.* 2011, BIRK *et al.* 2016). Sin embargo, aún se necesitan más investigaciones para dilucidar la supervivencia de las paralarvas y para determinar su presa temprana. Experimentos en cautiverio, bien diseñados, podrían proporcionar respuestas a estas preguntas en un futuro próximo, no sólo para *D. gigas*, sino para todos los Ommastrephidae.

ANNEXED

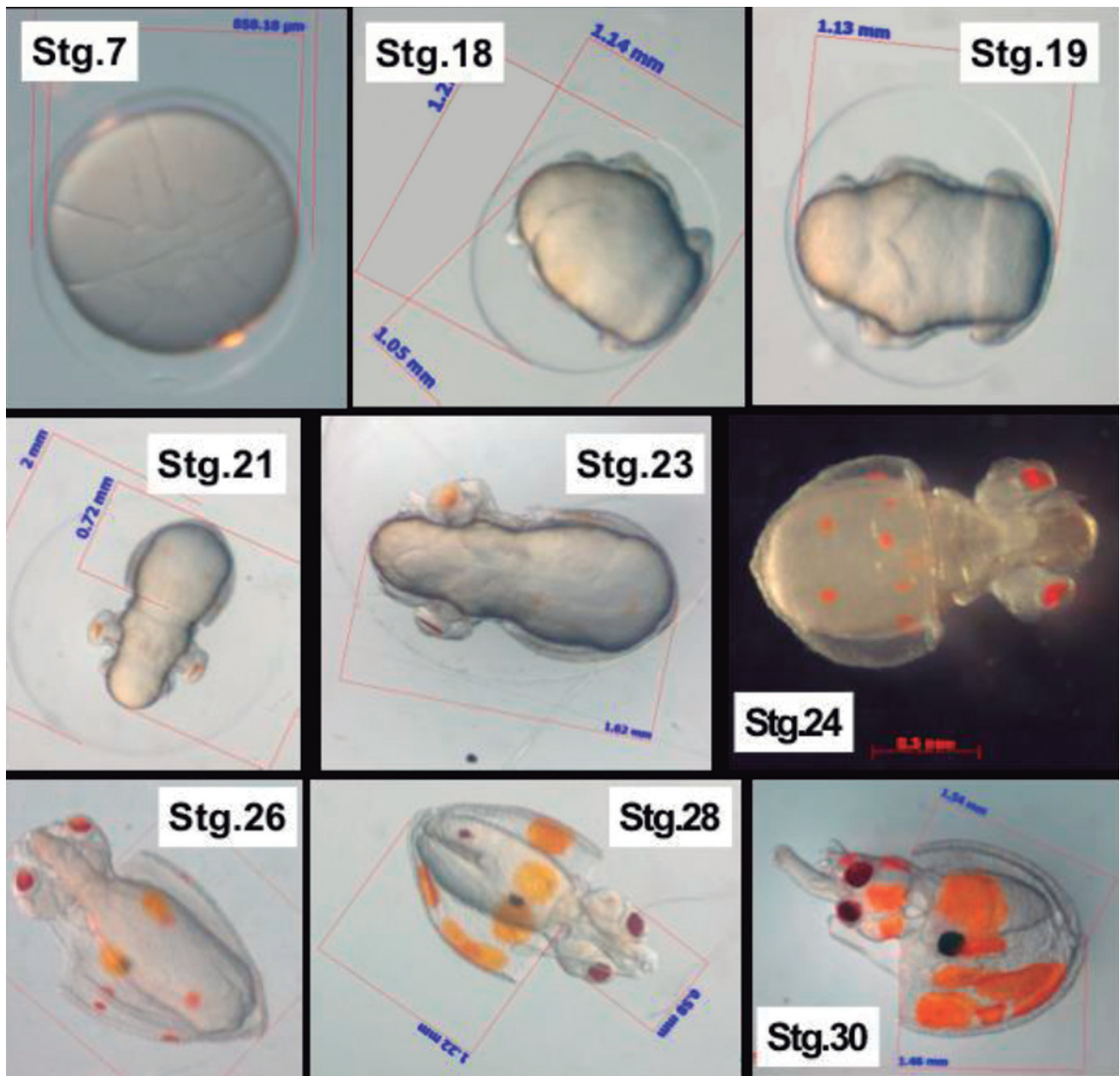


Figure 1. Embryonic developmental stages of *Dosidicus gigas* from Stage 7 (fourth 4 cleavage) to Stage 30 (hatching stage). Stage 7; animal pole view, Stages 18&30; lateral 5 views, Stages 19–28; ventral views

Figura 1.- Etapas de desarrollo embrionario de *Dosidicus gigas* desde el estadio 7 (cuarta segmentación) al estadio 30 (etapa de eclosión). Estadio 7: vista del polo animal, Estadios 18 - 30: vistas laterales, Estadios 19-28: vistas ventrales

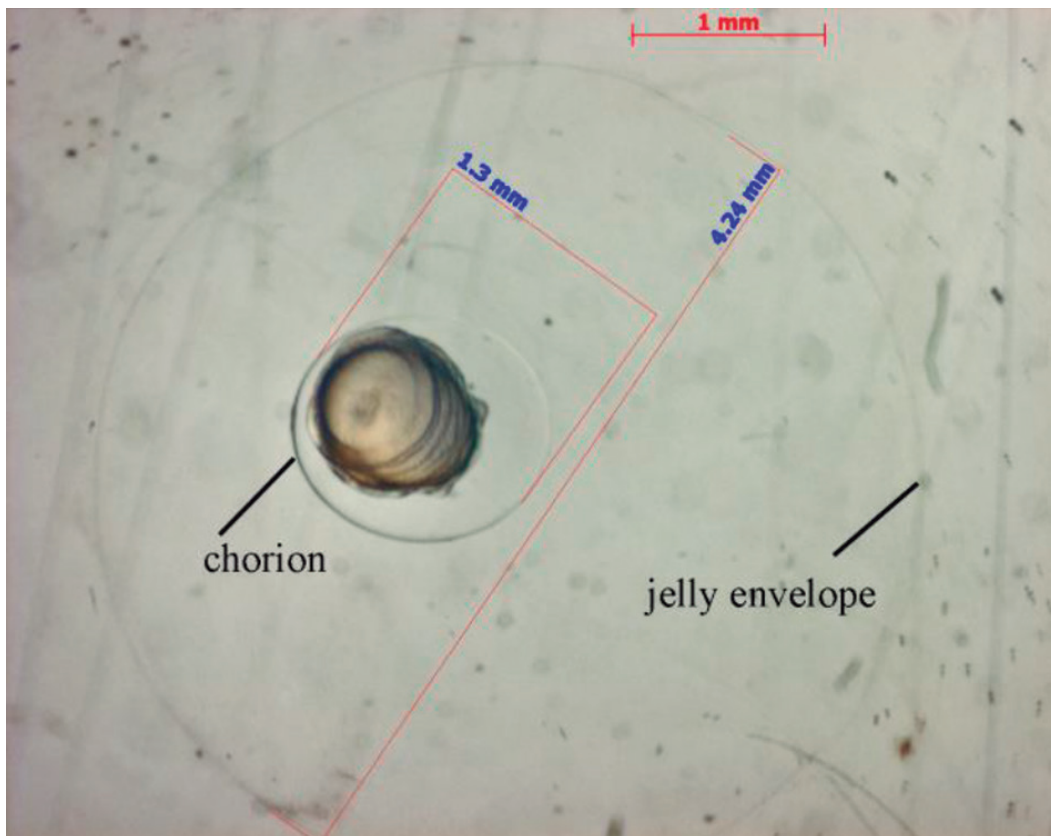


Figure 2. *Dosidicus gigas* embryo surrounded by a chorion and a jelly envelope. The 7 envelope remained until the embryo reached stage 18

Figura 2.- Embrión de *Dosidicus gigas* rodeado de un corion y una envoltura gelatinosa. La envoltura permaneció hasta que el embrión alcanzó el estadio 18

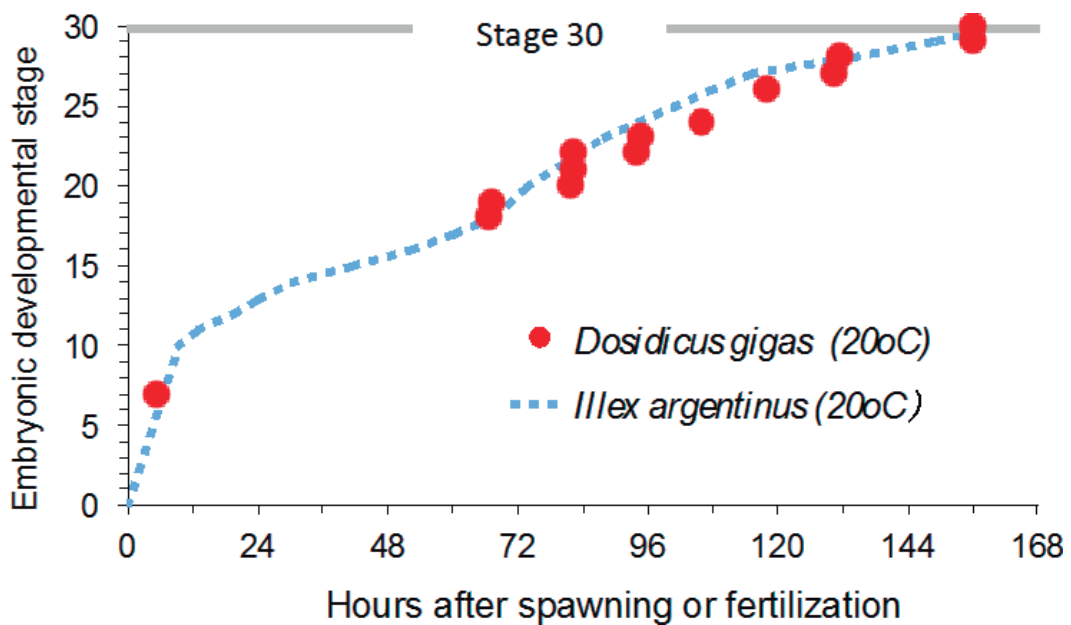


Figure 3. Timeline of embryonic developmental stages at 20°C for *Dosidicus gigas* (circles) and the ommastrephid squid *Illex argentinus* (dashed line, from SAKAI et al. 11 1999b)

Figura 3.- Cronología de las etapas de desarrollo embrionario a 20 °C para *Dosidicus gigas* (círculos) y para *Illex argentinus* (línea punteada, de SAKAI et al. 1999b)

## Acknowledgments

This study was conducted during a cooperative research cruise funded by the Fisheries Research and Education Agency of Japan and the Instituto del Mar del Perú (IMARPE). We express our sincere thanks to the research staffs of the Fisheries Research and Education Agency and IMARPE, and to the captain, officers, and crew of the R/V Kaiyo Maru. This work was supported by the project on the evaluation of status of international fishery resources by the Fisheries Agency of Japan and "KAKENHI" Grant-in-Aid for Scientific Research-C (26450276).

## Agradecimientos

Este estudio fue realizado durante un crucero de investigación cooperativa, financiado por la Agencia de Investigación y Educación Pesquera de Japón y el Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Expresamos nuestro sincero agradecimiento al personal de investigación de la Agencia y del IMARPE, así como al capitán, oficiales y tripulación del BIC Kaiyo Maru. Este trabajo fue apoyado por el proyecto de evaluación de la situación de los recursos pesqueros internacionales de la Agencia de Pesca de Japón y la subvención "KAKENHI" para la investigación científica-C (26450276).

## 4. REFERENCES/REFERENCIAS

- BALCH N, O'DOR R K, HELM P. 1985. Laboratory rearing of rhynchoteuthions of the ommastrephid squid *Illex illecebrosus* (Mollusca: Cephalopoda). *Vie Milieu*. 35: 243–246.
- BIRK M A, PAIGHT C, SEIBEL B A. 2016. Observations of multiple pelagic egg masses from small-sized jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California. *J Nat Hist*. doi: 10.1080/00222933.2016.1209248
- BOLETZKY S VON, ROWE L, AROLES L. 1973. Spawning and development of the eggs, in the laboratory of *Illex coindetii*. *The Veliger* 15: 257–258.
- BOWER J R, SAKURAI Y. 1996. Laboratory observations on *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) egg masses. *Am Malacol Bull*. 13: 65–71.
- CHESLIN M V, GIRAGOSOV V Y E. 1993. The egg mass and embryonic development of the purple squid *Stenoteuthis oualaniensis* (The gigantic Arabian form) under experimental conditions. *Oceanology*. 33: 98–101.
- DURWARD R D, VESSEY E, O'DOR R K, AMARATUNGA T. 1980. Reproduction in the squid, *Illex illecebrosus*: first observations in captivity and implications for the life cycle. *Int Comm Northwest Atl Fish Sel Pap*. 6: 6–13.
- HAMABE M. 1962. Embryological studies on the common squid *Ommastrephes sloani pacificus* Steenstrup, in the southwestern waters of the Sea of Japan. *Bull Japan Sea Reg Fish Res Lab*. 10: 1–45.
- LAPTIKHOVSKY V V, MURZOV S. 1990. Epipelagic egg mass of the squid *Sthenoteuthis pteropus* collected in the tropical eastern Atlantic. *Biol Morya*. 3: 62–63.
- NAEF A. 1928. Die Cephalopoden. *Fauna Flora Golf Neapel*. 35: 1–357.
- NIGMATULLIN C M, NESIS K, ARKHIPKIN A I. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fish Res*. 54: 9–19.
- O'DOR R K, DURWARD R D. 1979. A preliminary note on *Illex illecebrosus* larvae hatched from eggs spawned in captivity. *Proc Biol Soc Wash*. 91: 1076–1078.
- O'DOR R K, BALCH N, FOY E A, *et al.* 1982. Embryonic development of the squid, *Illex illecebrosus*, and effect of temperature on development rates. *J Northw Atl Fish Sci*. 3: 41 – 45.
- O'DOR R K, DAWE E G. 2013. *Illex illecebrosus*, northern short-finned squid. In: Rosa R, Pierce GJ, O'Dor RK (eds) *Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries. Part II – Oegopsid Squids*. Nova Science Publishers, Inc. New York. 73–108 pp.
- O'SHEA S, BOLSTAD K S, RITCHIE P A. 2004. First records of egg masses of *Nototodaros gouldi* McCoy, 1888 (Mollusca: Cephalopoda: Ommastrephidae), with comments on egg mass susceptibility to damage by fisheries trawl. *New Zeal J Zool*. 31: 161–166.
- PUNEETA P, VIJAI D, YOO H-K, *et al.* 2015. Observations on the spawning behavior, egg masses and paralarval development of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus* in a laboratory mesocosm. *J Exp Biol*. 218: 3825–3835.
- SAKAI M, BRUNETTI NE, ELENA B, SAKURAI Y. 1998. Embryonic development and hatchlings of *Illex argentinus* derived from artificial fertilization. *South African J Mar Sci*. 20: 255–265.
- SAKAI M, BRUNETTI N E, IVANOVIC M, *et al.* 1999a. Embryonic development of *Illex argentinus* from artificial fertilization. In: Seminario final del proyecto: Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. JICA-INIDEP, Mar del Plata, Argentina. 38–39 pp.
- SAKAI M, BRUNETTI N E, IVANOVIC M, *et al.* 1999b. Embryonic development and mortality of *Illex argentinus* as a function of temperature. In: Seminario final del proyecto: Avances en métodos y tecnología aplicados a la investigación pesquera. JICA-INIDEP, Mar del Plata, Argentina, pp 35–37.
- SAKAI M, BRUNETTI N E, IVANOVIC M, *et al.* 2011. Useful techniques for artificial fertilization of the ommastrephid squid *Illex argentinus*. *Japan Agric Res Q*. 45: 301–308.
- SAKAI M. 2012. Kaiyo Maru cruise report (KY11-4): Recruitment of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, in the EEZ of Peru and the off Peru waters from December 2011 to February 2012. p. 202.
- SAKURAI Y, YOUNG R E, HIROTA J, *et al.* 1995. Artificial fertilization and development through hatching in the oceanic squids *Ommastrephes bartramii* and *Sthenoteuthis oualaniensis* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *The Veliger*. 38: 185 – 191.

- STAAF D J, ZEIDBERG L D, GILLY W. 2011. Effects of temperature on embryonic development of the Humboldt squid *Dosidicus gigas*. *Mar Ecol Prog Ser.* 441: 165 – 175.
- STAAF D J, CAMARILLO-COOP S, HADDOCK S H D, *et al.* 2008. Natural egg mass deposition by the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California and characteristics of hatchlings and paralarvae. *J Mar Biol Assoc United Kingdom.* 88: 759 – 770.
- VIJAI D. 2016. Egg masses of flying squids (Cephalopoda: Ommastrephidae). *J Shellfish Res.* 35: 1007–1012.
- VILLANUEVA R, STAAF D J, ARGÜELLES J, *et al.* 2012. A laboratory guide to *in vitro* fertilization of oceanic squids. *Aquaculture.* 342–343: 125–133.
- WATANABE K, SAKURAI Y, SEGAWA S, OKUTANI T. 1996. Development of the ommastrephid squid *Todarodes pacificus*, from fertilized egg to rhynchoteuthion paralarva. *Am Malacol Bull.* 13: 73 – 88.
- YATSU A, TAFUR R, MARAVI C. 1999. Embryos and rhynchoteuthion paralarvae of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) obtained through artificial fertilization from Peruvian waters. *Fish Sci.* 65: 904–908.

# 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 Goicochea<sup>1</sup> Enrique Morales-Bojórquez<sup>2</sup>  
Juan Argüelles<sup>1</sup> Miguel Araya<sup>3</sup>

### 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 cruce 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<sup>-1</sup>) donde el promedio diario fue de 1,78 mm.día<sup>-1</sup>, variando desde 0,82 mm.día<sup>-1</sup> para un calamar de 20 días hasta 2,35 mm.día<sup>-1</sup> 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<sup>-1</sup>) was estimated giving a daily average of 1.78 mm.day<sup>-1</sup>, and ranging from 0.82 mm.day<sup>-1</sup> for a 20-days-old individual to 2.35 mm.day<sup>-1</sup> 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 ommastreídeos 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  $\mu$ 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<sup>-1</sup>) 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).

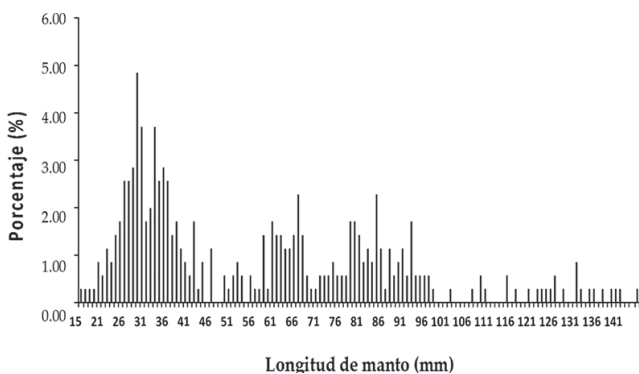


Figura 1.- Frecuencia de longitud de manto de juveniles de *Dosidicus gigas*. Febrero-abril 2007

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<sup>-1</sup>) 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).

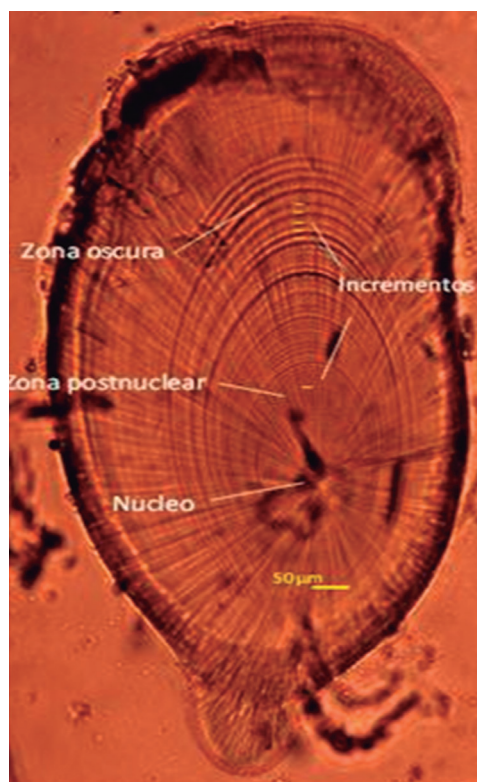


Figura 2.- Microestructura de estatolito de *D. gigas* de 84 mm de LM. 100X. La muestra no tiene tinción

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<sup>-1</sup>, variando entre 0,82 mm.día<sup>-1</sup> para un ejemplar de 20 días de edad y 2,35 mm.día<sup>-1</sup> para un individuo de 88 días de edad (Fig. 6).

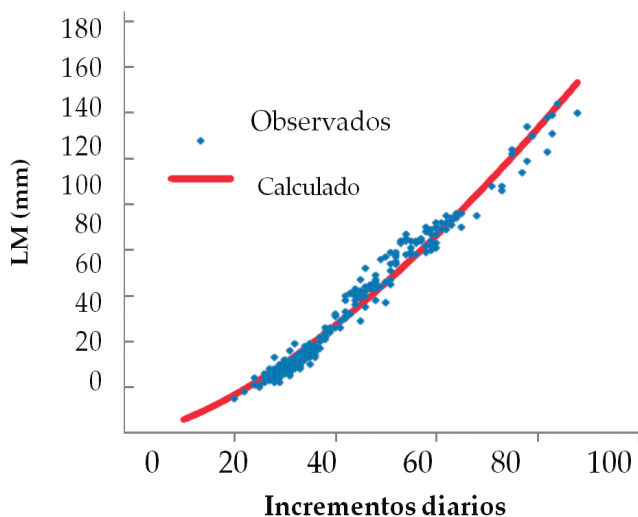


Figura 3.- Relación entre la longitud del manto y el número de incrementos diarios en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

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<sup>-1</sup>, ranging from 0.82 mm.day<sup>-1</sup> for a 20-day-old specimen to 2.35 mm.day<sup>-1</sup> for an 88-day-old individual (Fig. 6).

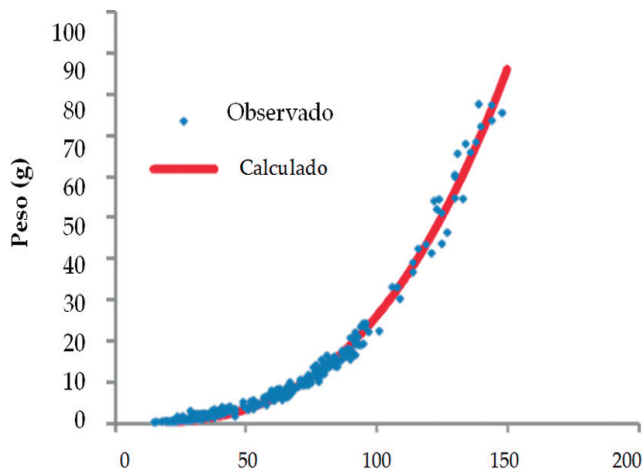


Figura 4.- Relación entre el peso total y la longitud del manto (LM) en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

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

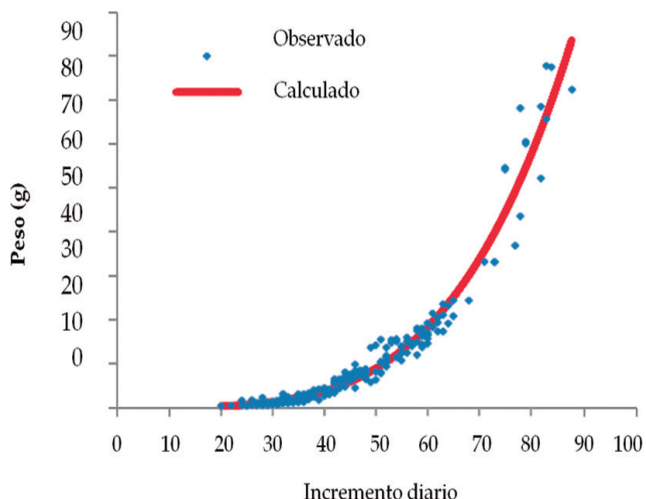


Figura 5.- Relación entre el peso total y el Número de Incrementos diarios en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

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

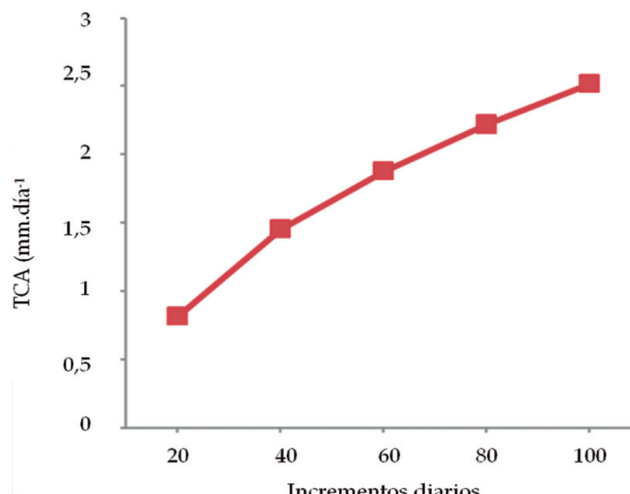


Figura 6.- Relación entre la tasa de crecimiento absoluta (TCA) y el número de incrementos diarios en juveniles de *D. gigas*. Verano 2007

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<sup>-1</sup>. Este valor es mayor a la tasa de crecimiento promedio para la misma estación (1,54 mm.día<sup>-1</sup>) y menor a la tasa de crecimiento promedio para el periodo de invierno (1,92 mm.día<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>. This value is higher than the average growth rate for the same season (1.54 mm.day<sup>-1</sup>) and lower than the average growth rate for the winter period (1.92 mm.day<sup>-1</sup>) 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<sup>-1</sup>, 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<sup>-1</sup>, 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.

# 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 Argüelles<sup>1</sup>

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.

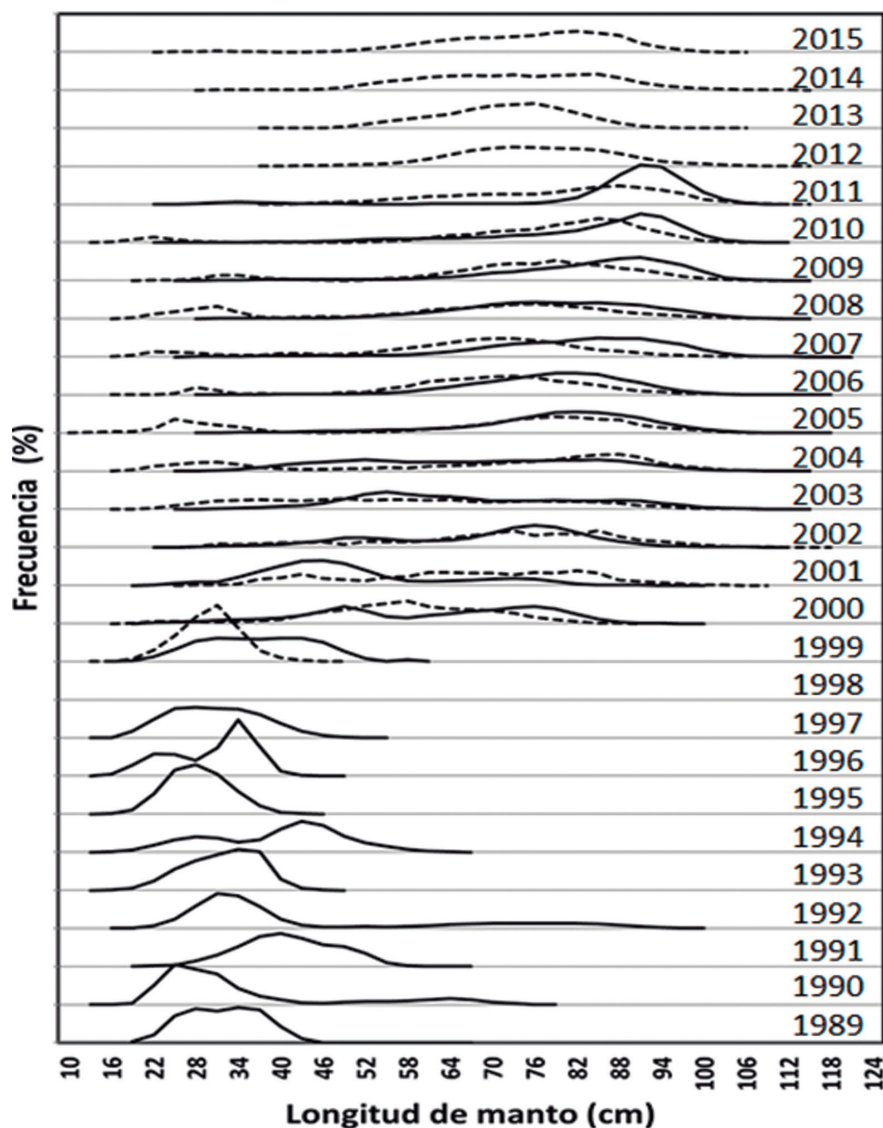


Figura 1.- Composición anual por tamaños de *D. gigas* en la pesquería artesanal (líneas discontinuas) e industrial (líneas continuas) de 1991 a 2015. En los años 1989-1990 las tallas provienen de datos de prospecciones a bordo de barcos pesqueros calamareros industriales

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.

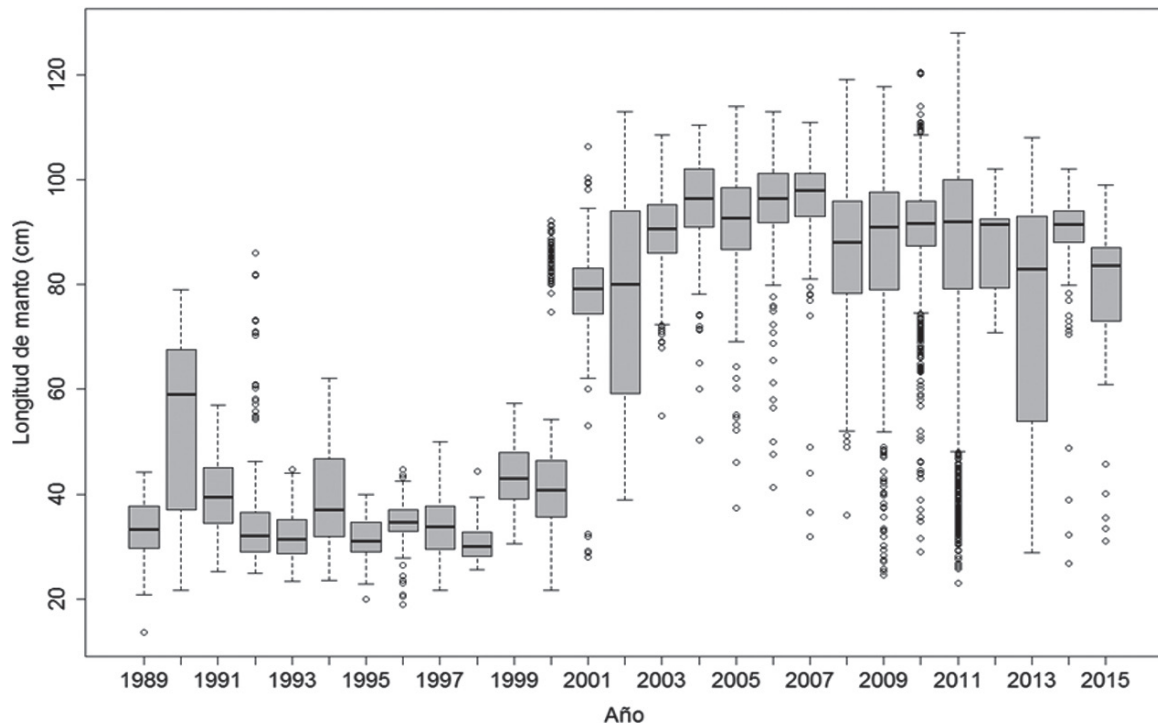


Figura 2.- Variación anual de la longitud de manto de hembras maduras de *Dosidicus gigas* en el Perú. 1989 a 2015

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.

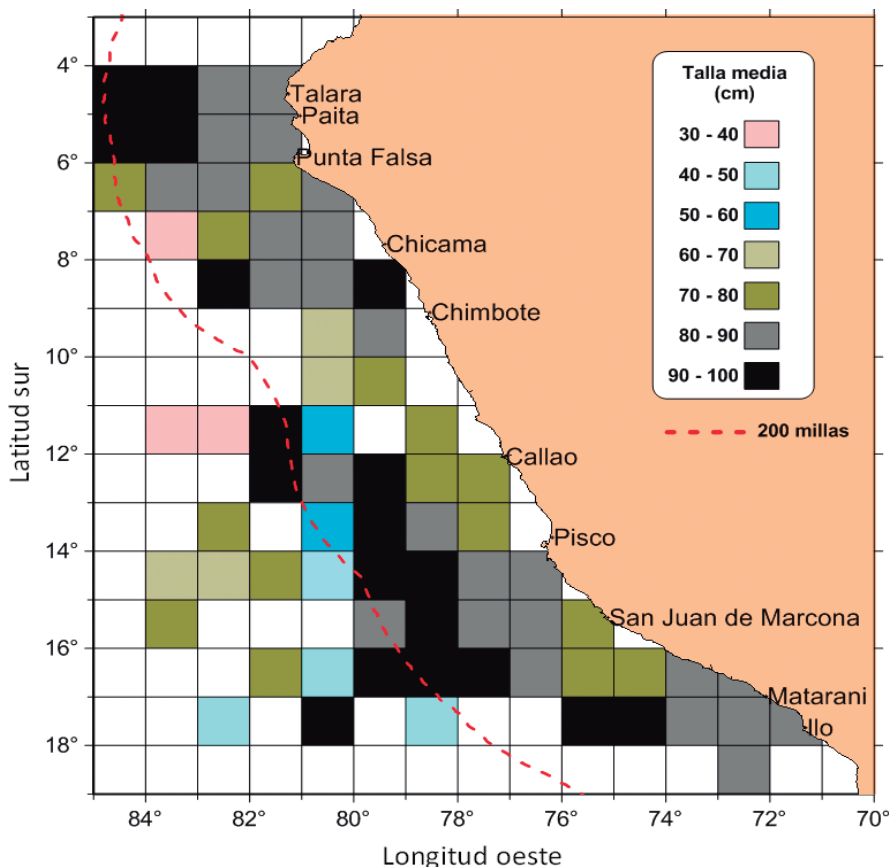


Figura 3.- Variación de la longitud promedio de manto por cuadrado Marsden de *Dosidicus gigas* capturados en el Perú de 2009 a 2011

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

- ARGUELLES 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.
- ARGUELLES 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, ARGUELLES 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			Artesanal			Otros		
	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

# DISTRIBUCIÓN Y CONCENTRACIÓN DE *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) EN EL MAR PERUANO Y AGUAS ADYACENTES

## DISTRIBUTION AND CONCENTRATION OF *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) IN THE PERUVIAN SEA AND ADJACENT WATERS

Luis Mariátegui Rosales<sup>1</sup>  
Anatolio Taipe Yzarra

Maria Sanjinez Alvoites  
Carmen Yamashiro Guinoza

### RESUMEN

MARIÁTEGUI L, SANJINEZ M, TAIPE A, YAMASHIRO C. 2018. *Distribución y concentración de Dosidicus gigas (d'Orbigny, 1835) en el mar peruano y aguas adyacentes. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 178-211.* - Se analizan la pesquería industrial del calamar gigante o pota *D. gigas* en el mar peruano y aguas adyacentes en el periodo entre 1991 y 2011, las características de su distribución, concentración y variaciones espacio-temporales, con base en la información del monitoreo biológico-pesquero que efectúa el Instituto del Mar del Perú. La captura total del calamar gigante refleja dos periodos de alta abundancia, 1991 a 1995 y 1999 a 2014 (la flota industrial calamarera solo operó hasta el 2011), con captura máxima de 559 mil toneladas en el 2008. En el primer periodo, la flota industrial registró el 83,1% de la captura total, mientras que en el segundo fue 14,4%. El esfuerzo de pesca presentó la misma tendencia; entre 1991 y 1995 trabajaron de 31 a 77 barcos/mes y entre 1999 y 2011 de 5 a 48 barcos. Los mayores valores de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) corresponden a otoño-invierno, salvo en el año 2001 cuando los valores fueron mayores en verano. La flota industrial calamarera operó entre las 20 y 200 millas de la costa en el periodo 1991-2010 y de 80 a 200 mn a partir de diciembre del 2010. De acuerdo a la distribución del recurso, la flota se desplazó a lo largo de la costa peruana, llegando eventualmente a pescar en aguas adyacentes. Las mayores concentraciones de pota se ubicaron desde la frontera norte a 09 y de 11 a 17°S.

PALABRAS CLAVE: *Dosidicus gigas*, programa de monitoreo, pesquería industrial, pesquería artesanal, CPUE

### ABSTRACT

MARIÁTEGUI L, SANJINEZ M, TAIPE A, YAMASHIRO C. 2018. *Distribution and concentration of Dosidicus gigas (d'Orbigny, 1835) in the Peruvian sea and adjacent waters. Bol Inst Mar Peru. 33(2): 178-211.* - This paper analyzes the industrial fishery of the jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian sea and adjacent waters, in the period 1991-2011, and the characteristics of their distribution, concentration, spatial and temporal variations, based on the information from the monitoring carried out by the Peruvian Marine Research Institute (IMARPE in Spanish). The total catch of jumbo flying squid shows two periods of high abundance, the first from 1991 to 1995, and the second from 1999 to 2014 (jigger vessels fleet operated until 2011), with a maximum catch of 559,000 tons in 2008. In the first period, the industrial fleet registered 83.1% of the total catch, while in the second period it was 14.4%. Fishing effort also presented two well-defined periods, between 1991 and 1995 worked 31 to 77 vessels per month and between 1999 and 2007, from 5 to 48 vessels. The highest CPUE values were registered in autumn-winter, except in 2001 when the values were higher in summer. The industrial fleet worked between 20 and 200 nm off the Peruvian sea in the period 1991-2010 and from 80 to 200 nm from 2010; according to the distribution of this resource, the fleet moved along the Peruvian coast, and sometimes they operated in adjacent waters too. The highest concentrations were from the Peruvian northern border to the 09°S and from 11 to 17°S.

KEYWORDS: *Dosidicus gigas*, monitoring program, industrial fishery, artisanal fishery, CPUE

## 1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) es una especie nerítica oceánica de amplia distribución en el Pacífico este, desde Baja California (México) hasta Chile, habiendo ampliado su extensión en ambos hemisferios después de El Niño 1997-1998. Como las demás especies de calamares es un recurso de vida corta, semélparo (desovan una vez y mueren) y oportunista, que responde rápidamente a los cambios ambientales; todo lo cual determina que sus poblaciones muestren grandes variaciones entre generaciones, y que se refleja en los cambios en sus reclutamientos (NIGMATULLIN *et al.* 2001, RODHOUSE 2005).

## 1. INTRODUCTION

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) is a widely distributed oceanic-neritic species in the Eastern Pacific, from Baja California (Mexico) to Chile, having expanded its range in both hemispheres after El Niño 1997-1998. Like the other squid species, it is a short-lived, semelparous (spawn once and die) and opportunistic resource that responds rapidly to environmental changes, all of which determines that its populations show great variations between generations, and is reflected in the changes in its recruitment (NIGMATULLIN *et al.* 2001, RODHOUSE 2005).

1 Instituto del Mar del Perú, Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito-Callao. Email: [lmariategui@imarpe.gob.pe](mailto:lmariategui@imarpe.gob.pe)

La alta plasticidad fenotípica (adaptación a cambios ambientales), rápido crecimiento y oportunismo ecológico, posibilitan que esta especie pueda ocupar nichos ecológicos disponibles. Sin embargo, su amplia distribución, grandes migraciones y alta mortalidad natural posibilitarían que sus abundancias puedan disminuir rápidamente ante condiciones adversas. La especie más grande de la familia Ommastrephidae, *D. gigas*, es una excepción de la regla general de asociación con sistemas de alta velocidad del margen occidental, ya que se presenta en el flujo débil hacia el norte de la corriente costera fría del Sistema de Corrientes del Perú en el Pacífico Sudeste (FAO 2005).

*D. gigas* constituye el recurso más importante entre los cefalópodos pelágicos del Pacífico sudeste y su gran abundancia motivó el inicio de una explotación comercial a gran escala en el Perú, desde abril de 1991, con la participación de embarcaciones coreanas y japonesas acondicionadas para la pesca automática con máquinas calamareras, luces de atracción y aparejo de anclaje, lo que en conjunto se denomina “sistema jiggging”. Desde 1998 se desarrolló una flota artesanal potera que alcanzó su mayor auge a partir del 2006, principalmente en el norte (Región Piura) y sur (Región Arequipa) de Perú. Los mayores desembarques de pota se registraron entre el 2006 y 2012, con un máximo de 533 mil toneladas en el 2008 (solo por la flota artesanal).

Para el seguimiento de ambas pesquerías el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) desarrolló un programa de monitoreo de la pesquería del calamar gigante o pota (PM-pota), mediante el cual se obtuvo información biológica, pesquera y oceanográfica de este recurso en aguas jurisdiccionales peruanas y eventualmente en aguas adyacentes. La regulación de esta pesquería se inició con el Reglamento para la Operación de Barcos Calamareros (Decreto Supremo N°005-91-PE) y tras sucesivos dispositivos legales se llegó al Reglamento del Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante o Pota -*Dosidicus gigas*- (Decreto Supremo N°014-2011-PRODUCE) vigente hasta el 2018.

El objetivo principal del Reglamento es el aprovechamiento racional y sostenido del calamar gigante, tomando en cuenta sus características biológicas y poblacionales, así como la optimización de los beneficios económicos, cuya explotación guarda relación con el principio precautorio y manejo ecosistémico.

Las informaciones biológico-pesquera y oceanográfica de las operaciones de pesca de las embarcaciones calamareras son obtenidas por los Técnicos Científicos de Investigación (TCI-IMARPE) al amparo del Art. 69º del Reglamento de la Ley General de Pesca (Decreto Supremo N°012-2001-PE) y del Art. 10º del Decreto Supremo N°014-2011-PRODUCE que dispone la obligación de llevar a bordo un TCI del IMARPE.

The high phenotypic plasticity (adaptation to environmental changes), rapid growth and ecological opportunism make it possible for this species to occupy available ecological niches. However, its wide distribution, large migrations and high natural mortality would make it possible for its abundances to decrease rapidly in adverse conditions. The largest species of the family Ommastrephidae, *D. gigas*, is an exception to the general rule of association with high-speed systems of the western margin, as it occurs in the weak northward flow of the cold coastal current of the Peruvian Currents System in the Southeast Pacific (FAO 2005).

*D. gigas* is the most important resource among the pelagic cephalopods of the Southeast Pacific and its abundance has led to the start of large-scale commercial exploitation in Peru since April 1991, with the participation of Korean and Japanese vessels equipped for automatic fishing with squid machines, light attractions and anchoring gear, which is collectively known as the “jiggging system”. Since 1998, an artisanal jigger fleet has developed and reached its peak in 2006, mainly in the north (Piura Region) and south (Arequipa Region) of Peru. The largest landings of jumbo flying squid were recorded between 2006 and 2012, with a maximum of 533,000 tons in 2008 (only for the artisanal fleet).

For the monitoring of both fisheries, the Peruvian Marine Research Institute (IMARPE) developed a monitoring program for the jumbo flying squid fishery (PM-pota in Spanish), through which biological, fishing and oceanographic information on this resource was obtained in Peruvian jurisdictional sea and eventually in adjacent waters. The regulation of this fishery began with the Regulation for the Operation of Jigger Vessels (Supreme Decree N°005-91-PE) and after successive legal provisions was reached the Regulation for the Fishing Management of Jumbo Flying Squid -*Dosidicus gigas*- (Supreme Decree N°014-2011-PRODUCE) in force until 2018.

The main purpose of the Regulation is the rational and sustained use of the jumbo flying squid, taking into account its biological and population characteristics, as well as the optimization of its economic benefits, whose exploitation is related to the precautionary principle and ecosystem management.

The biological-fishing and oceanographic information on the fishing operations of the Jigger vessels is obtained by the Scientific Research Technicians (TCI-IMARPE in Spanish) under the protection of Article 69 of the Regulations of the General Fisheries Law (Supreme Decree N°012-2001-PE) and Article 10 of Supreme Decree N°014-2011-PRODUCE which provides for the obligation to carry on board a TCI-IMARPE.

En el presente trabajo se revisa la pesquería industrial del calamar gigante dentro y fuera de las aguas jurisdiccionales de Perú y las características de su distribución, concentración y variaciones espacio-temporales, principalmente en el periodo 1991-2011.

El Instituto del Mar del Perú llevó a cabo diversas investigaciones de este recurso entre 1979 y 2011. Los primeros trabajos de pesca exploratoria se realizaron en los años 1979-1980, utilizando las embarcaciones "Jimena" (setiembre a octubre 1979), "Ryusho Maru 25" (diciembre 1979 a abril 1980) y "Profesor Siedlecki" (marzo a abril 1980) (BENITES y VALDIVIESO 1986). Posteriormente, se realizó una prospección biológico-pesquera a bordo de la lancha "Ika-1" de julio 1983 a marzo 1984 (BENITES 1985).

### Convenios de investigación sobre el calamar gigante

Se ejecutaron diversos convenios de investigación entre IMARPE y otras entidades del sector pesquero nacional e internacional cuyas características específicas se dan en la Tabla 1.

This paper reviews the industrial fishery for jumbo flying squid inside and outside Peruvian jurisdictional waters and the characteristics of its distribution, concentration and spatio-temporal variations, mainly in the period 1991-2011.

The Peruvian Marine Research Institute carried out several surveys on this resource between 1979 and 2011. The first exploratory fishing works were carried out in the years 1979-1980, using the vessels "Jimena" (September to October 1979), "Ryusho Maru 25" (December 1979 to April 1980) and "Profesor Siedlecki" (March to April 1980) (BENITES & VALDIVIESO 1986). Subsequently, a biological-fishing survey was carried out aboard the boat "Ika-1" from July 1983 to March 1984 (BENITES 1985).

### Jumbo flying squid research agreements

Several research agreements were executed between IMARPE and other entities in the national and international fisheries sector, the specific characteristics of which are shown in Table 1.

Tabla 1.- Convenios de cooperación técnica para la investigación del calamar gigante

Table 1.- Technical cooperation agreements for jumbo flying squid research

Convenio Agreement	Barco Vessel	Fecha Date	Área cubierta Area covered	Sistema de Pesca Fishing system
Imarpe-Jamarc	Shinko Maru 2	1989,1990-1991	03°30 – 12°S	Máquinas calamareras y redes de deriva Squid machines and drift nets
Imarpe-Jamarc	Shinko Maru 3	2000, 2001, 2002	04°-13°S, 20-200 mn de la costa 20-200 nm from the coast	Máquinas calamareras Squid machines
IMARPE -Agencia de Pesca de Japón IMARPE-Japan Fisheries Agency	Kaiyo Maru	Set-Dic 1997 Sep-Dec 1997	03°30 – 13°30' S	Máquinas calamareras/ Squid machines and Larvae catcher
IMARPE -Agencia de Pesca de Japón IMARPE-Japan Fisheries Agency	Kaiyo Maru	Nov-Dic 2007 Nov-Dec 2007	04° – 16°S	Máquinas calamareras/ Squid machines and Larvae catcher
IMARPE -Agencia de Pesca de Japón IMARPE-Japan Fisheries Agency	Kaiyo Maru	Dic 2011-Ene 2012 Dec 2011-Jan 2012	04° – 16°S	Máquinas calamareras/ Squid machines and Larvae catcher
IMARPE -Gyoren del Perú S.A.C.	Hakurei Maru 8	Nov 2010-Ene 2011 Nov 2010-Jan 2011	04° – 17°28' S	Máquinas calamareras Squid machines
IMARPE -Japan Deep Sea Trawler Ass.	Shinkai Maru Humboldt/Olaya	1998-2003	Hasta las 200 mn Up to 200 nm	Arrastre Trawl net

### Convenio IMARPE-JAMARC

Los estudios con el Centro de Investigaciones Pesqueras Marinas de Japón (JAMARC) tuvieron como objetivo principal evaluar la factibilidad de explotar comercialmente el calamar gigante. Se trabajó a bordo del B/P Shinko Maru 2, empleando dos sistemas de captura, máquinas calamareras automáticas con luces de atracción (*Jigging*) y redes de deriva (*Drift net*).

### IMARPE-JAMARC Agreement

Surveys with the Japan Marine Fisheries Research Center (JAMARC) were mainly aimed at assessing the feasibility of commercially exploiting jumbo flying squid. We worked aboard the F/V Shinko Maru 2, using two capture systems, automatic squid machines with attraction lights (*Jigging*) and drift nets.

En setiembre del 2000 se reanudaron los trabajos conjuntos con JAMARC. Se efectuó un Crucero de Investigación del calamar gigante a bordo del B/P Shinko Maru 3. El objetivo principal fue ampliar el conocimiento sobre el ciclo vital, características poblacionales y comportamiento del calamar gigante, con énfasis en el proceso reproductivo y determinación de las áreas de desove, en relación a las condiciones del ambiente marino. En abril del 2001 se realizaron dos cruceros con JAMARC, el primero con una duración de 52 días, y el segundo de 57 días. En julio del 2002 se hizo un nuevo crucero de 33 días de duración. Los tres cruceros fueron a bordo del B/P Shinko Maru 3 y los resultados contribuyeron a su ordenamiento pesquero (JAMARC 2001).

### Convenio IMARPE -Agencia de Pesca del Japón

Se realizó un crucero de investigación a bordo del BIC Kaiyo Maru, con el empleo de redes Bongo, Ring, Dip y poteras, dirigido al estudio de *Dosidicus gigas* y *Ommastrephes bartrami*, se observó la amplia distribución del calamar gigante desde el Domo de Costa Rica a las costas de Perú, con mayor concentración en el área norte y asociada a temperaturas de 13,1-25,2 °C y salinidades de 34,9-35,4 ups.

En el 2007 se llevó a cabo otra investigación en el BIC Kaiyo Maru, registrándose importantes concentraciones de paralarvas y juveniles de calamar gigante en el área de estudio, lo que se reflejó en altos volúmenes de captura durante el 2008. Entre diciembre 2011 y enero 2012, se realizó otro crucero en la misma embarcación, observándose la amplia distribución del calamar gigante en el área de estudio, tanto de ejemplares adultos como juveniles y paralarvas con concentraciones importantes dentro del mar jurisdiccional de Perú y en aguas adyacentes, principalmente entre los 04 - 08°S y 12 - 16°S, coincidiendo con las principales áreas de pesca del recurso. La mayor presencia del recurso estuvo asociada a las aguas de mezcla de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y Aguas Costeras Frías (ACF).

### Convenio IMARPE – GYOREN DEL PERÚ S.A.C.

En el 2010 se realizó un crucero de investigación y pesca exploratoria del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el B/P Hakurei Maru N°8. Los resultados mostraron un ambiente frío en el área norte, exceptuando la zona costera al norte de Talara en donde se presentaron condiciones ligeramente cálidas, asociadas a la presencia de Aguas Tropicales Superficiales (ATS). El calamar gigante se encontró disperso con presencia de tres grupos modales y de ejemplares desovantes y juveniles. En el área centro-sur, el ambiente marino fue cercano a lo normal con tendencia a condiciones ligeramente cálidas; con tres núcleos cálidos (anomalías mayores a 1 °C) y un

In September 2000, joint survey was resumed with JAMARC. A Jumbo Flying Squid Surveys Cruise was conducted aboard the F/V Shinko Maru 3. The main objective was to expand the knowledge about the life history, population characteristics and behavior of this species, with emphasis on the reproductive process and determination of the spawning areas, in relation to the conditions of the marine environment. In April 2001, two surveys were conducted with JAMARC, the first lasting 52 days and the second one 57 days. In July 2002, a new 33-days surveys was conducted. The three surveys ships were aboard the F/V Shinko Maru 3 and the results contributed to its fishing management.

### IMARPE –Japan Fisheries Agency Agreement

A surveys cruise was conducted aboard the R/V Kaiyo Maru, using Bongo, Ring, Dip Deep nets and squid jiggers, aimed at the study of *Dosidicus gigas* and *Ommastrephes bartrami*, and the wide distribution of jumbo flying squid from the Costa Rica thermic dome to the coast of Peru was observed, with greater concentration in the northern area and associated temperatures of 13.1-25.2 °C and salinities of 34.9-35.4 ups.

In 2007, another investigation was carried out at the R/V Kaiyo Maru, recording important concentrations of paralarvae and juveniles of *D. gigas* in the study area, which was reflected in high catch volumes during 2008. Between December 2011 and January 2012, another survey was conducted on the same vessel, observing the wide distribution of this species in the study area, of both adult and juvenile specimens and paralarvae with important concentrations within the Peruvian jurisdictional sea and in adjacent waters, mainly between 04 - 08°S and 12 - 16°S, coinciding with the main fishing areas of the resource. The greater presence of the resource was associated with the mixing of Surface Subtropical Waters (SSW) and Cold Coastal Waters (CCW).

### IMARPE – GYOREN DEL PERÚ S.A.C. Agreement

In 2010, a research and exploratory fishing survey for jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) was conducted at F/V Hakurei Maru N°8. The results showed a cold environment in the northern area, with the exception of the coastal zone north of Talara, where slightly warm conditions associated with the presence of Tropical Surface Waters (TSW) were present. The jumbo flying squid was found dispersed with the presence of three modal groups and spawning and juvenile specimens. In the central-southern area, the marine environment was close to normal with a tendency to slightly warm conditions; with three warm nuclei (anomalies greater than 1 °C) and a cold nucleus (anomaly greater than

núcleo frío (anomalía mayor a  $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) frente a Pisco y grandes concentraciones de *D. gigas* frente a Huacho - Supe y San Juan, favorecidas por amplias áreas de mezcla de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y Aguas Costeras Frías (ACF).

### Convenio IMARPE – JDSTA

Se realizaron seis cruceros de investigación a bordo del B/P Shinkai Maru y BIC Humboldt, en el marco del convenio con la Japan Deep Sea Trawlers Association (JDSTA), desde abril 1998 hasta el año 2003, con el objeto de profundizar los estudios sobre las principales especies de la fauna pelágica y bento-demersal y su relación con las condiciones del ambiente marino, principalmente asociadas con los eventos El Niño.

Los resultados brindaron información sobre presencia de especies con posibilidades de desarrollo pesquero como los peces mesopelágicos, entre ellos *Vinciguerria lucetia*, y otros que habitan a profundidades mayores de 200 m, como las centollas y langostinos de profundidad. Del calamar gigante se obtuvo información biológica y patrones de concentración con relación al ambiente durante el periodo de estudio.

### Características de las embarcaciones y artes de pesca

La pesquería industrial del calamar gigante se inició en abril de 1991 con la participación de embarcaciones calamareras de Corea y Japón. Las características de una embarcación calamarera prototipo están referidas a la Hosei Maru 23 (Tabla 2), la cual cuenta con máquinas automáticas, poteras y luces de atracción (sistema *jigging*) con 64 máquinas automáticas (SE-58 Japan), 100 líneas de poteras, una ancla de capa (en proa) y una vela trapezoidal (en popa), las dos últimas para la estabilización del buque.

$-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) off Pisco and large concentrations of *D. gigas* in front off Huacho - Supe and San Juan, favored by wide areas of mixing of Surface Subtropical Waters (SSW) and Cold Coastal Waters (CCW).

### IMARPE – JDSTA Agreement

Six survey cruises were carried out aboard the F/V Shinkai Maru and R/V Humboldt, within the framework of the agreement with the Japan Deep Sea Trawlers Association (JDSTA), from April 1998 to 2003, with the aim of deepening studies on the main species of pelagic and bento-demersal fauna and their relationship with the conditions of the marine environment, mainly associated with the El Niño events.

The results provided information on the presence of species with fishing development possibilities such as mesopelagic fishes, including *Vinciguerria lucetia*, and others that live at depths greater than 200 m, such as crabs and deep-water prawns. Biological information and concentration patterns in relation to the environment were obtained from the jumbo flying squid during the study period.

### Vessels and fishing gear characteristics

The industrial fishery for jumbo flying squid began in April 1991 with the participation of jigger vessels from Korea and Japan. The characteristics of a prototype jigger are referred to the Hosei Maru 23 (Table 2), which has automatic machines, jigging and attraction lights (jigging system) with 64 automatic machines (SE-58 Japan), 100 lines of squid jigger, a sea anchor (bow) and a trapezoidal sail (stern), the last two for the stabilization of the ship.

Tabla 2.- Principales características de la flota japonesa y coreana, 1991-1996

Table 2. Main characteristics of the Japanese and Korean fleet, 1991-1996

Características Characteristics	Flota japonesa Japanese fleet		Flota coreana Korean fleet	
	Max	Min	Max	Min
TRN	411	251	481	191
TBR	1096	305	824	323
Almacenamiento (m <sup>3</sup> ) Storage (m <sup>3</sup> )	1000	300	800	250
Eslora (m) Length (m)	69	48	57	44.2
Manga (m) Sleeve (m)	10.7	8.7	11.1	7
Puntal (m) Strut (m)	9.3	3	4.9	3
Nº de tripulantes Nº of crew members	24	20	36	27
Año de construcción Year of construction	1988	1982	1978	1971
Nº de máquinas Nº of machines	56	44	52	42

### Sistema de iluminación

El buque calamarero cuenta con 152 lámparas de iluminación (76 a estribor y 76 a babor) de 3 kw de potencia cada una, están situadas a 4,50 m de altura sobre la cubierta principal del buque, con una separación entre lámparas de 80 cm.

### Máquinas automáticas de pesca

El buque opera con 64 máquinas de fabricación japonesa (36 dobles y 28 simples); las dobles tienen dos líneas calamareras y las simples solo una, totalizando 100 líneas, cada una de las cuales presenta de 12 a 18 poteras, dependiendo si son de alma dura o flexible. En la Tabla 3 se da a conocer la disposición de las máquinas automáticas.

### Lighting system

The jigger vessel has 152 lighting lamps (76 on the starboard side and 76 on the port side) of 3 kW of power each, located at a height of 4.50 m above the main deck of the ship, with a separation between lamps of 80 cm.

### Automatic fishing machines

The vessel operates with 64 Japanese machines (36 double and 28 single); the double ones have two squid lines and the single ones only one, totaling 100 lines, each of which has 12 to 18 squid jigger, depending on whether they have a hard or flexible core. Table 3 shows the layout of the automatic machines.

Tabla 3.- Disposición de máquinas automáticas

Table 3. Arrangement of automatic machines

Máquinas dobles Double machines	de rampa corta short-ramp	starboard side	18 máquinas
Máquinas simples Simple machines	de rampa larga long-ramp	a estribor starboard side	14 máquinas
Máquinas dobles Double machines	de rampa corta short-ramp	a babor port side	18 máquinas
Máquinas simples Simple machines	de rampa larga long-ramp	a babor port side	14 máquinas

Las máquinas están separadas por distancias de 1,00 a 1,50 m entre dobles y simples y de 1,15 m entre dobles.

Una máquina con una sola rampa corta y dos líneas calamareras se denomina de rampa corta y doble (1,75 x 2,00 m). Las rampas largas y simples, corresponden a máquinas con una rampa larga y una línea calamarera (4,05 x 0,40 m). Las rampas tienen un ángulo aproximado de 35° respecto al plano horizontal del borde de la cubierta principal.

Cada línea calamarera tiene la plomada de hierro (línea de peso) con forma de potera que pesa 2 kg y se vincula con la primera potera (que trabaja a mayor profundidad) con un cordel N° 100 de 10 m de largo, luego van 12 poteras con un metro de separación entre ellas, los que mediante un "saca vueltas" se conectan al cable de acero de 1,50 m de largo por 1,5 mm de espesor y este a los "tambores de jale", que están dispuestos a ambos lados de las máquinas automáticas.

La potera actúa en forma ascendente y descendente a la cual el calamar se agarra con sus tentáculos para desprenderse al pasar por el rodillo de punta para luego con la ayuda de un segundo rodillo, ubicado en la parte central de la rampa larga, deslizarse por las rampas hacia la canaleta perimetral que funciona como recipiente colector.

The machines are separated by distances of 1.00 to 1.50 m between doubles and singles and 1.15 m between doubles.

A machine with a single short ramp and two squid lines is called a short and double ramp (1.75 x 2.00 m). The long and simple ramps correspond to machines with a long ramp and a squid line (4.05 x 0.40 m). The ramps are at an angle of approximately 35° to the horizontal plane of the edge of the main deck.

Each squid line has an iron plummet (weight line) in the shape of a jig weighing 2 kg and is connected to the first jig (working at a greater depth) with a 10 m long N° 100 string, then 12 squid jigs with a distance of one meter between them, which are connected to the 1.50 m long by 1.5 mm thick steel cable by means of a "spinner", and this to the "jigsaw drums", which are arranged on both sides of the automatic machines.

The squid jigger acts in an upward and downward direction, in which the squid grasps with its tentacles to detach itself when passing through the pointed roller and then, with the help of a second roller located in the central part of the long ramp, slides down the ramps towards the perimeter chute that functions as a collecting container.

### Transporte de la captura a la fábrica

Por la canaleta perimetral los calamares son conducidos hacia la fábrica, la cual a la altura de los bunkers, tiene una profundidad máxima de 35 cm y 52 cm de ancho, mientras en proa la profundidad es de 26 cm y 56 de ancho, en popa la profundidad es de 30 cm y 56 cm de ancho. Las canaletas presentan inclinación para el mejor desplazamiento del calamar, lo que se facilita con agua a presión. En la fábrica el calamar es procesado de acuerdo al tipo de producto, luego es envasado en bandejas para ser congelado (-40 °C), al siguiente día almacenado en la cámara de conservación (-20 °C). A partir de la producción se reconstruye la captura total (captura nominal) utilizando los índices de conversión existentes.

### Sistema de anclaje

En esta pesquería es importante mantener al buque lo más estable posible, para lo cual se utiliza un ancla de capa en la proa y la vela trapezoidal en popa, enfrentando la proa del buque contra la dirección del viento. El ancla de capa tiene la forma de un paracaídas de dacrón de 60 m de diámetro, con tirantes sujetadores de 108 m siendo la longitud total de 200 m, se fija al buque por dos cabos, que salen por las amuras de estribor y de babor. En la operación de pesca se fija a una boya de 1,90 m de diámetro.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

La flota industrial está integrada por embarcaciones calamarerías de bandera extranjera, que han operado en el mar jurisdiccional de Perú desde 1991 hasta diciembre del 2011 al amparo de la legislación pesquera peruana.

En la presente investigación se relacionan los datos de captura, esfuerzo y captura por unidad de esfuerzo en series mensuales, trimestrales y anuales durante el periodo 1991-2011, y se asocian con la temperatura superficial del mar (TSM) para determinar el efecto de esta variable ambiental sobre el recurso. La información biológica y pesquera básica corresponde al registro diario de la pesca a bordo de la flota industrial, efectuado por los Técnicos Científicos de Investigación (TCI) quienes utilizan los formatos estandarizados de muestreo y reporte de datos (Anexos 1-4).

Los datos de producción provienen del total de productos congelados, según tipo de producto procesado: entero, eviscerado, manto con aleta, manto sin aleta, cabeza, aleta, manto sin aleta sin punta y otros, algunos de los cuales son empleados conjuntamente con los Índices de Conversión (IC) en la estimación de la Captura Nominal (total) (R.D. N° 212-98-PE/DNE; 08-07-1998).

### Transport of the catch to the factory

Through the perimeter chute, the squids are taken to the factory, which at the height of the bunkers, has a maximum depth of 35 cm and 52 cm wide, while at the bow the depth is 26 cm and 56 cm wide, at the stern the depth is 30 cm and 56 cm wide. The chutes are inclined to allow the squid to move more easily, which is facilitated by pressurized water. At the factory, the squid is processed according to the type of product, then packed in trays to be frozen (-40 °C), the next day stored in the storage chamber (-20 °C). From production the total catch (nominal catch) is reconstructed using the existing conversion rate.

### Anchoring system

In this fishery it is important to keep the vessel as stable as possible by using a sea anchor at the bow and the trapezoidal sail at the stern, facing the bow of the vessel against the direction of the wind. The sea anchor is in the shape of a Dacron parachute, with a diameter of 60 m, with 108 m tie rods and a total length of 200 m. It is fixed to the vessel by two ropes, which come out of the starboard and port bows. In the fishing operation it is fixed to a 1.90 m diameter buoy.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The industrial fleet is made up of foreign-flagged jiggers vessels, which have operated in the Peruvian jurisdictional waters from 1991 to December 2011 under Peruvian fisheries legislation.

This research relates catch, effort, and catch per unit effort data in monthly, quarterly, and annual series for the period 1991-2011, and is associated with sea surface temperature (SST) to determine the effect of this environmental variable on the resource. The basic biological and fishery information corresponds to the logbook of fishing on board the industrial fleet, carried out by the Scientific Research Technicians (TCI in Spanish) who use the standardized sampling and data reporting formats (Annexes 1-4).

Production data are derived from total frozen products, by type of product processed: whole, eviscerated, finned mantle, finless mantle, head, fin, finless mantle without tip and others, some of which are used in conjunction with the Conversion Indices (CI) in the estimate of the Nominal Catch (total) (R.D. N° 212-98-PE/DNE; 08-07-1998).



La distribución del calamar gigante fue determinada utilizando los valores de captura de cada una de las embarcaciones calamareras, por cuadrado Marsden, por día, mes y año. Se determinó la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) como índice de abundancia, para lo cual se utilizó la mejor medida de esfuerzo expresada en número de horas de pesca que resultó del análisis estadístico (MARIÁTEGUI 2004). El índice de abundancia expresado en CPUE fue relacionado con los rangos de TSM.

### 3. RESULTADOS

#### Capturas

La captura del calamar gigante (Fig. 1) presentó dos periodos: el primero de 1991 a 1995, con un pico de 210 mil toneladas en 1994, el segundo de 1999 a 2014, con capturas de 559 mil toneladas en el 2008 (industrial 533 mil y artesanal 26 mil toneladas) y 507 mil toneladas en el 2014 (captura realizada por la flota artesanal). En el primer periodo, las mayores capturas fueron realizadas por la flota calamarera industrial y en el segundo, por la flota artesanal (a partir del 2012 no operaron embarcaciones industriales).

#### Esfuerzo de pesca

El esfuerzo de pesca de la flota calamarera industrial (Fig. 2) también presenta dos periodos bien definidos. Entre 1991 y 1995 trabajaron de 31 a 77 barcos/mes, mínimo en 1991 y máximo en 1995; entre 1999 y 2007 trabajaron de 5 a 48 barcos.

#### Captura por Unidad de Esfuerzo – CPUE

El índice de abundancia relativa expresado en captura por unidad de esfuerzo (CPUE) presentó valores más altos en otoño-invierno, salvo en el año 2001 cuando éstos se presentaron en verano (Fig. 3).

#### Distribución y concentración

La flota industrial operó entre 20 y 200 mn de la costa en el periodo 1991-2010 y eventualmente en aguas adyacentes (milla 201) (Fig. 4), sus mayores concentraciones se ubicaron desde la frontera norte a 09°S y de 11° a 17°S. Hasta 1999 la flota operó principalmente en la zona norte como se puede observar en el año 1994. A partir del 2000, también cubrieron la zona sur, especialmente en los años 2001 y 2002 entre aproximadamente 20 y 180 mn. En los años siguientes hubo mayor dispersión de la flota que detectó altas concentraciones tanto al norte como al sur. En el año 2010 se dispone que la flota industrial opere desde 80 mn fuera de la costa (R.M. N° 286-2010-PRODUCE).

#### Estacionalidad de captura

La captura mensual del calamar gigante registrada por la flota calamarera industrial, presentó estacionalidad marcada en el periodo 1991-1997, siendo invierno y

The distribution of the jumbo flying squid was determined using the catch values of each of the jigger vessels, per Marsden square, day, month and year. Catch per unit effort (CPUE) was determined as an abundance index, using the best measure of effort expressed in number of fishing hours resulting from statistical analysis (MARIÁTEGUI 2004). The index of abundance expressed in CPUE was related to the SST ranges.

### 3. RESULTS

#### Catches

The catch of jumbo flying jigger (Fig. 1) presented two periods: the first from 1991 to 1995, with a peak of 210,000 tons in 1994, the second from 1999 to 2014, with catches of 559,000 tons in 2008 (industrial 533,000 and artisanal 26,000 tons) and 507,000 tons in 2014 (catch made by the artisanal fleet). In the first period, the largest catches were made by the industrial jigger fleet and in the second, by the artisanal fleet (from 2012 onwards, no industrial vessels operated).

#### Fishing effort

The fishing effort of the industrial jigger fleet (Fig. 2) also shows two well-defined periods. Between 1991 and 1995 they worked from 31 to 77 vessels/month, minimum in 1991 and maximum in 1995; between 1999 and 2007 they worked from 5 to 48 vessels.

#### Catch per Unit Effort – CPUE

The relative abundance index expressed in catch per unit effort (CPUE), presented higher values in autumn-winter, except in 2001 when these were presented in summer (Fig. 3).

#### Distribution and concentration

The industrial fleet operated between 20 and 200 nm from the coast in the period 1991-2010 and eventually in adjacent waters (Mile 201) (Fig. 4), its highest concentrations were located from the northern border at 09°S and from 11° to 17°S. Until 1999 the fleet operated mainly in the northern area, as can be observed in 1994. From 2000, they also covered the southern area, especially in 2001 and 2002 between approximately 20 and 180 nm. In the following years there was greater dispersion of the fleet, which detected high concentrations in both the north and the south. In 2010, the industrial fleet is required to operate at 80 nm off the coast (R.M. N° 286-2010-PRODUCE).

#### Catch seasonality

The monthly catch of jumbo flying squid registered by the industrial jigger fleet showed marked seasonality in the period 1991-1997, with winter and spring being the

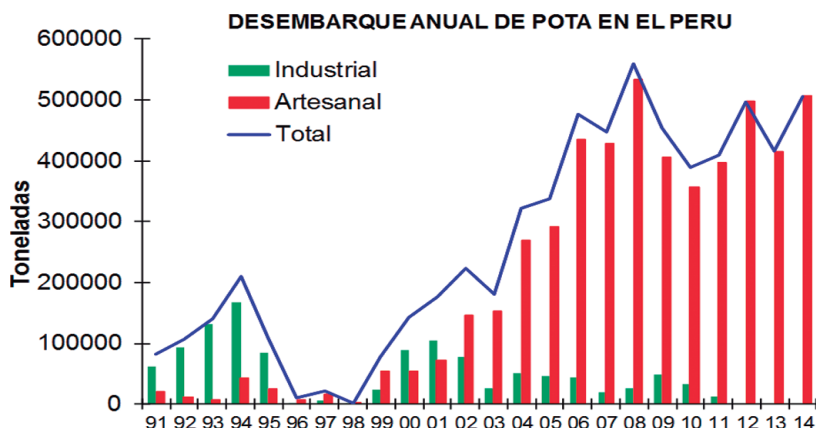


Figura 1.- Captura anual de *D. gigas* por flota y total entre 1991 y 2014

Figure 1. Annual catch of *D. gigas* by fleet and total between 1991 and 2014

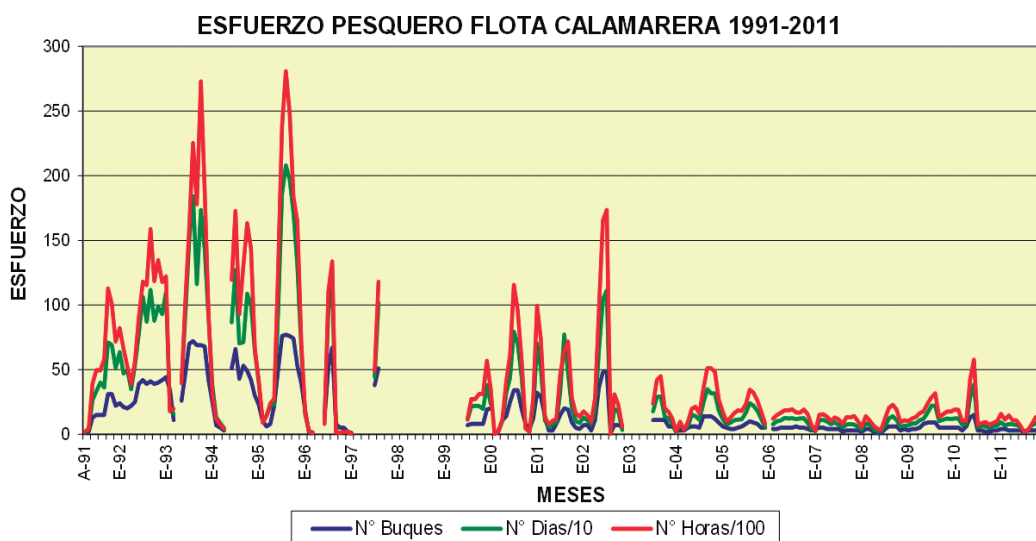


Figura 2.- Esfuerzo de pesca expresado en número de barcos integrantes de la flota calamarera dedicada a la extracción de *D. gigas* entre 1991 y 2011

Figure 2. Fishing effort expressed in number of vessels in the jigger fleet engaged in the extraction of *D. gigas* between 1991 and 2011

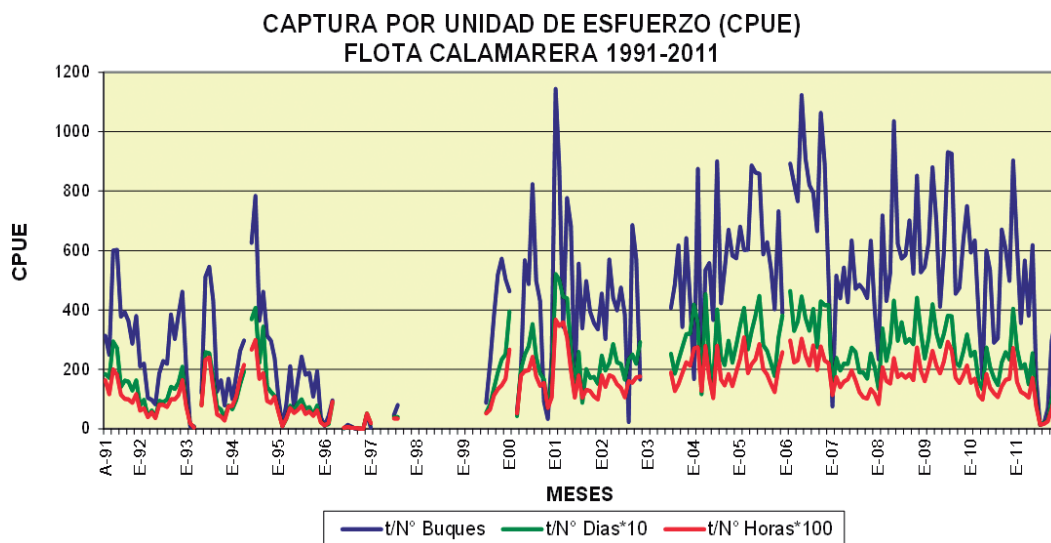


Figura 3.- Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) de *D. gigas*, expresada en captura por flota calamarera. 1991 – 2011

Figure 3. Catch per Unit Effort (CPUE) of *D. gigas*, expressed as catch per jigger fleet. 1991 – 2011

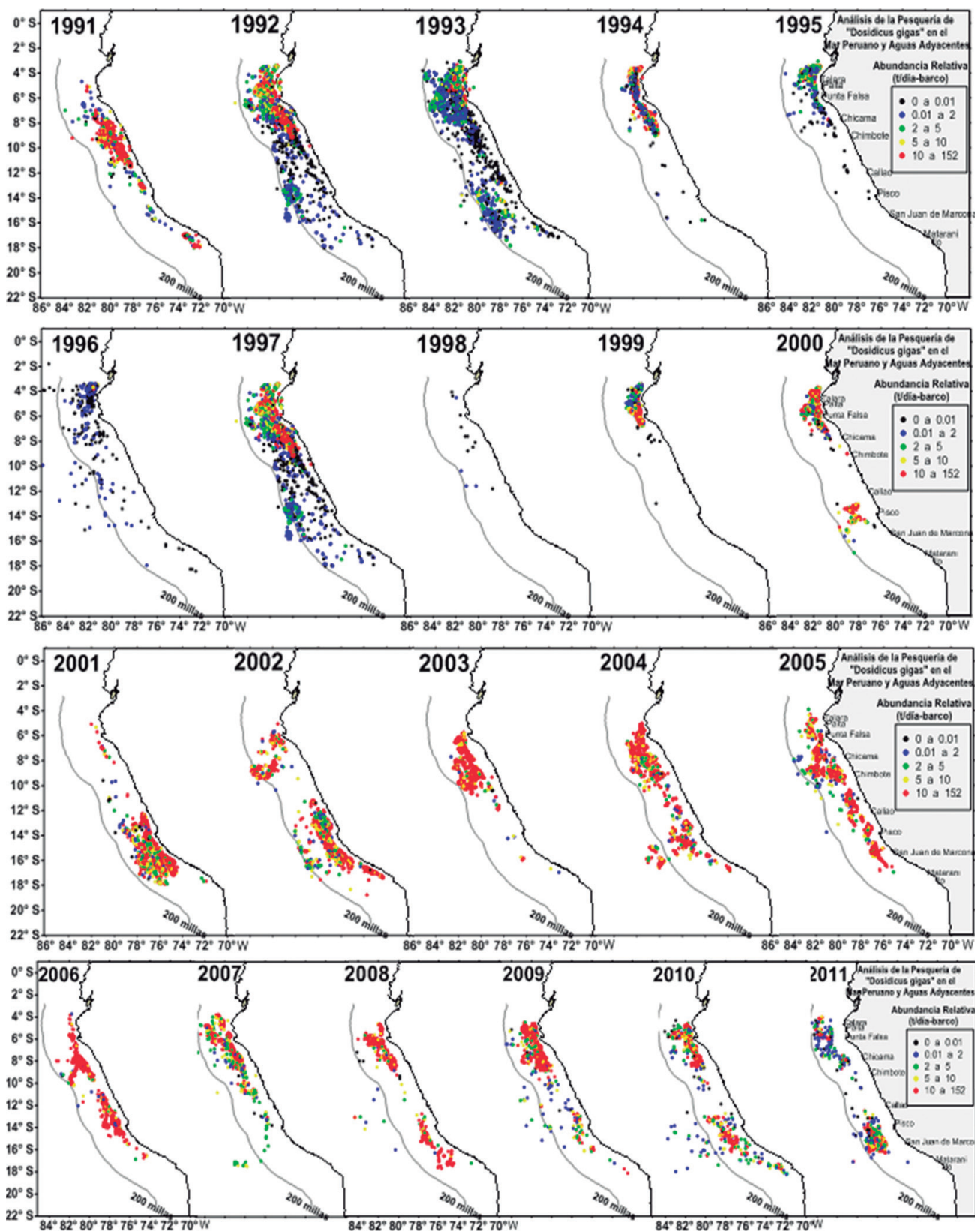


Figura 4.- Distribución y abundancia de la pesca industrial de *D. gigas* 1994-2011

Figure 4. Distribution and abundance of *D. gigas* industrial fisheries 1994-2011

primavera las estaciones de mayor captura y elevados índices de abundancia relativa. En el periodo 1999-2011, las capturas mensuales de la pota registraron una estacionalidad menor que el periodo anterior, principalmente entre mayo y setiembre; en los años 1994 y 2001 mostraron mayor disponibilidad/abundancia de pota (Tabla 4 - Anexo, Fig. 5).

#### **Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y Temperatura Superficial del Mar (TSM)**

En 1998 el calamar gigante se dispersó hacia aguas internacionales, como consecuencia, las capturas disminuyeron drásticamente (Fig. 4). Las poblaciones de calamares son muy frágiles y presentan fluctuaciones anuales en respuesta a la variabilidad ambiental que afecta el comportamiento de estos recursos. En el ecosistema de la Corriente Peruana, esta variabilidad ambiental está íntimamente relacionada a los eventos de El Niño Oscilación Sur ENSO (por sus siglas en inglés) que repercuten en la productividad y abundancia del calamar gigante y de sus principales presas.

El análisis de los índices de abundancia relativa de la flota artesanal fue utilizado conjuntamente con el de la flota industrial, con relación a las anomalías de TSM en el zona El Niño 1+2 como indicador de los cambios ambientales frente a las costas de Perú, mostró que los mayores valores de CPUE se registraron con anomalías moderadas ( $< -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); sin embargo, frente a cambios ambientales de mayor intensidad ( $> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), estos índices disminuyeron significativamente debido a la dispersión de recurso (Fig. 6).

En el caso específico de la flota industrial, considerando toda la serie histórica mensual de la captura y la CPUE (1991-2011), se observa el mismo comportamiento (Fig. 7).

Al analizar la información de la serie histórica de CPUE (t/hora/barco) de la flota industrial de los años 1994 al 2011, se aprecia la relación directa de la CPUE con la temperatura superficial del mar, registrándose los mayores valores en rangos de temperatura entre 18 y 24  $^{\circ}\text{C}$ . Eventos El Niño y La Niña extremos impactan negativamente en la CPUE como sucedió durante El Niño 1997-1998 y La Niña 1996, registrándose los menores valores del periodo de estudio. El año en que registró la CPUE más alta fue el 2001 (Figs. 8a, 8b).

#### **Captura por Unidad de Esfuerzo (CPUE) y Distancia a la costa (mn)**

Se observó alta variabilidad expresada en la varianza de la CPUE (t/hora/barco) en relación con la distancia a la costa (mn). No se aprecian diferencias significativas, a excepción del año 2001, observándose los mayores valores de CPUE entre 40 y 80 mn, disminuyendo progresivamente a medida que se aleja de la costa. Los menores valores se observaron en los años 1995, 1996, 1997 y 1998, los cuales no sobrepasaron las 2 t/hora/barco (Figs. 9a, 9b).

seasons of greatest catch and high relative abundance indices. In the period 1999-2011, the monthly catches of *D. gigas* recorded a lower seasonality than the previous period, mainly between May and September. In the years 1994 and 2001, they showed greater availability/abundance of this species (Table 4 - Annex, Fig. 5).

#### **Catch per Unit Effort (CPUE) and Sea Surface Temperature (SST)**

In 1998, the jumbo flying squid dispersed into international waters, as a result of which catches decreased drastically (Fig. 4). Squid populations are very fragile and fluctuate annually in response to the environmental variability that affects the behavior of these resources. In the ecosystem of the Peruvian Current, this environmental variability is closely related to the El Niño Southern Oscillation - ENSO events that impact the productivity and abundance of the jumbo flying squid and its main prey.

The analysis of the relative abundance indices of the artisanal fleet was used in conjunction with that of the industrial fleet, in relation to the SST anomalies in the El Niño 1+2 region as an indicator of environmental changes off the coast of Peru, and showed that the highest CPUE values were recorded with moderate anomalies ( $< -1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); however, in the face of more intense environmental changes ( $> 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), these indices decreased significantly due to the dispersion of the resource (Fig. 6).

In the specific case of the industrial fleet, considering the entire monthly historical series of the catch and the CPUE (1991-2011), the same behavior is observed (Fig. 7).

When analyzing the information from the historical series of CPUE (t/hour/vessel) of the industrial fleet from 1994 to 2011, the direct relationship between CPUE and sea surface temperature can be seen, with the highest values being recorded in temperature ranges between 18 and 24  $^{\circ}\text{C}$ . Extreme El Niño and La Niña events have a negative impact on the CPUE as occurred during El Niño 1997-1998 and La Niña 1996, with the lowest values recorded during the study period. The year with the highest CPUE was 2001 (Figs. 8a, 8b).

#### **Catch per Effort Unit (CPUE) and Distance from the coast (nm)**

High variability was observed expressed in the variance of the CPUE (t/hour/vessel) in relation to the distance to shore (nm). No significant differences can be observed, with the exception of the year 2001, with the highest CPUE values between 40 and 80 nm, progressively decreasing as it moves away from the coast. The lowest values were observed in the years 1995, 1996, 1997 and 1998, which did not exceed 2 t/hour/vessel (Figs. 9a, 9b).

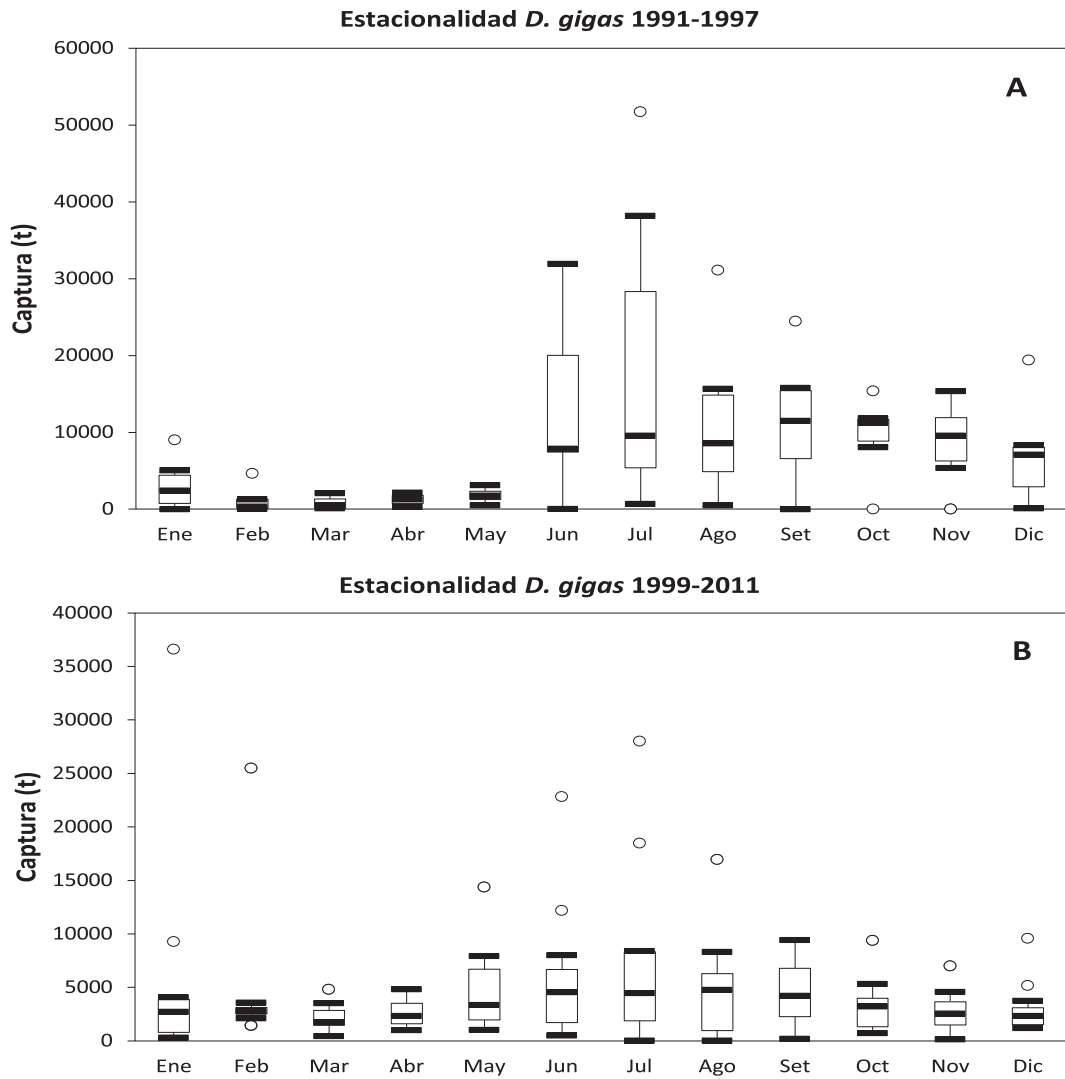


Figura 5.- Captura mensual de *D. gigas* de la flota calamarera industrial (A) 1991-1997, (B) 1999-2011

Figure 5. Monthly catch of *D. gigas* from the industrial jigger fleet (A) 1991-1997, (B) 1999-2011

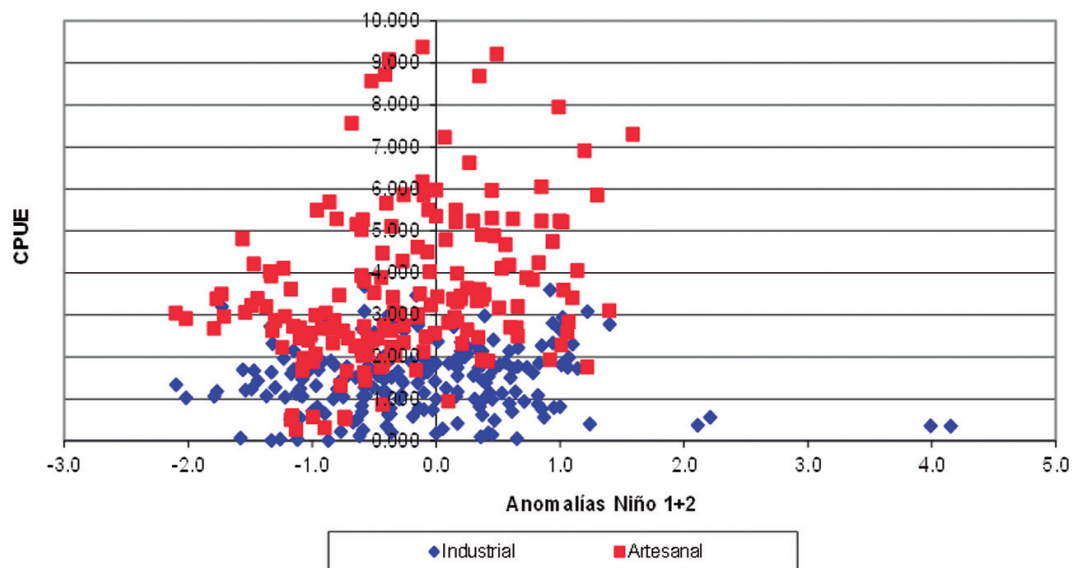
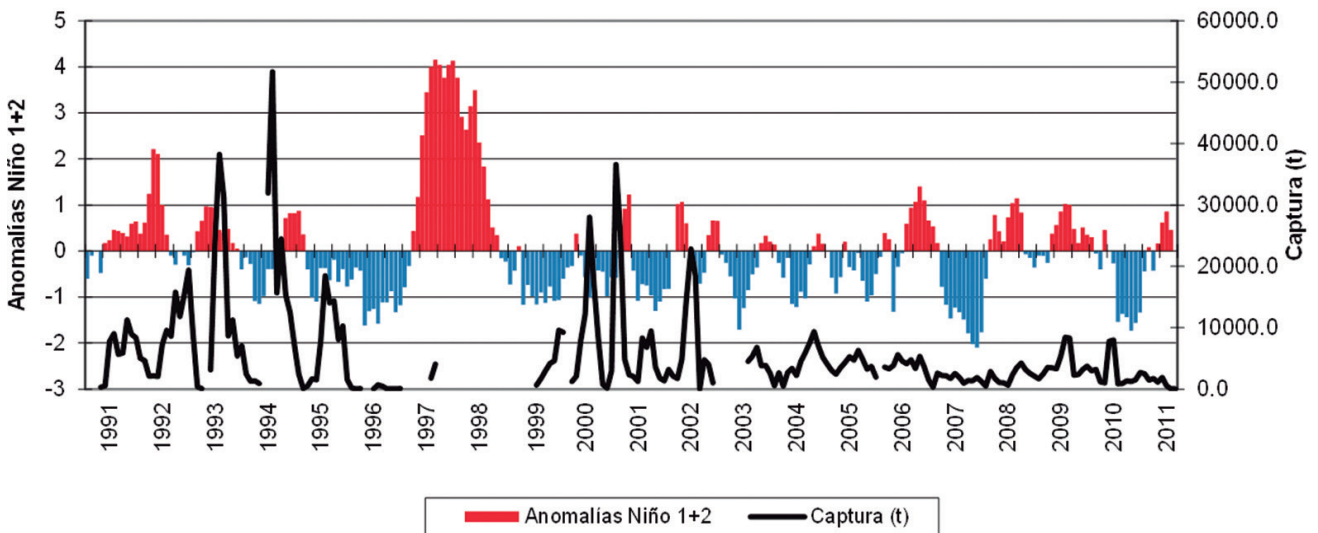


Figura 6.- Relación de la CPUE de las flotas artesanal e industrial con anomalías en la región El Niño 1+2

Figure 6. Relationship of the CPUE of the artisanal and industrial fleets with anomalies in the El Niño 1+2 region

Variaciones de la Captura (flota industrial) en relación a las Anomalías del Niño 1+2



Variaciones del CPUE (flota industrial) en relación a las Anomalías del Niño 1+2

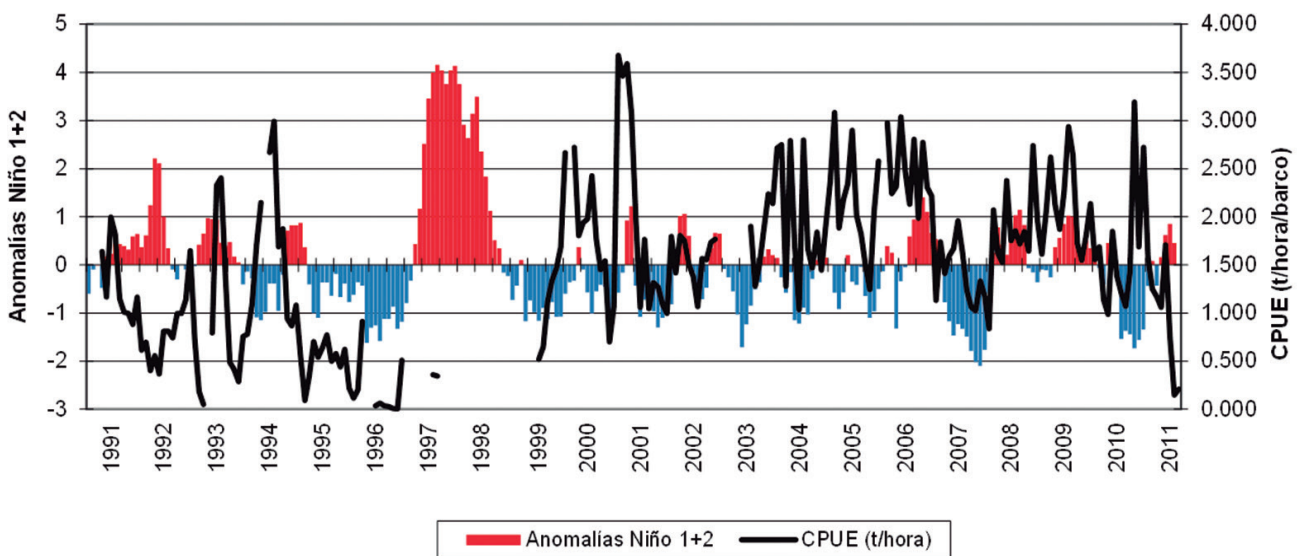


Figura 7.- Valores de captura (superior) y CPUE (inferior) de la serie histórica mensual (1991-2011) de la flota industrial y su relación con las anomalías en la zona El Niño 1+2

Figure 7. Catch (upper) and CPUE (lower) values of the monthly historical series (1991-2011) of the industrial fleet and their relationship with the anomalies in the El Niño 1+2 region

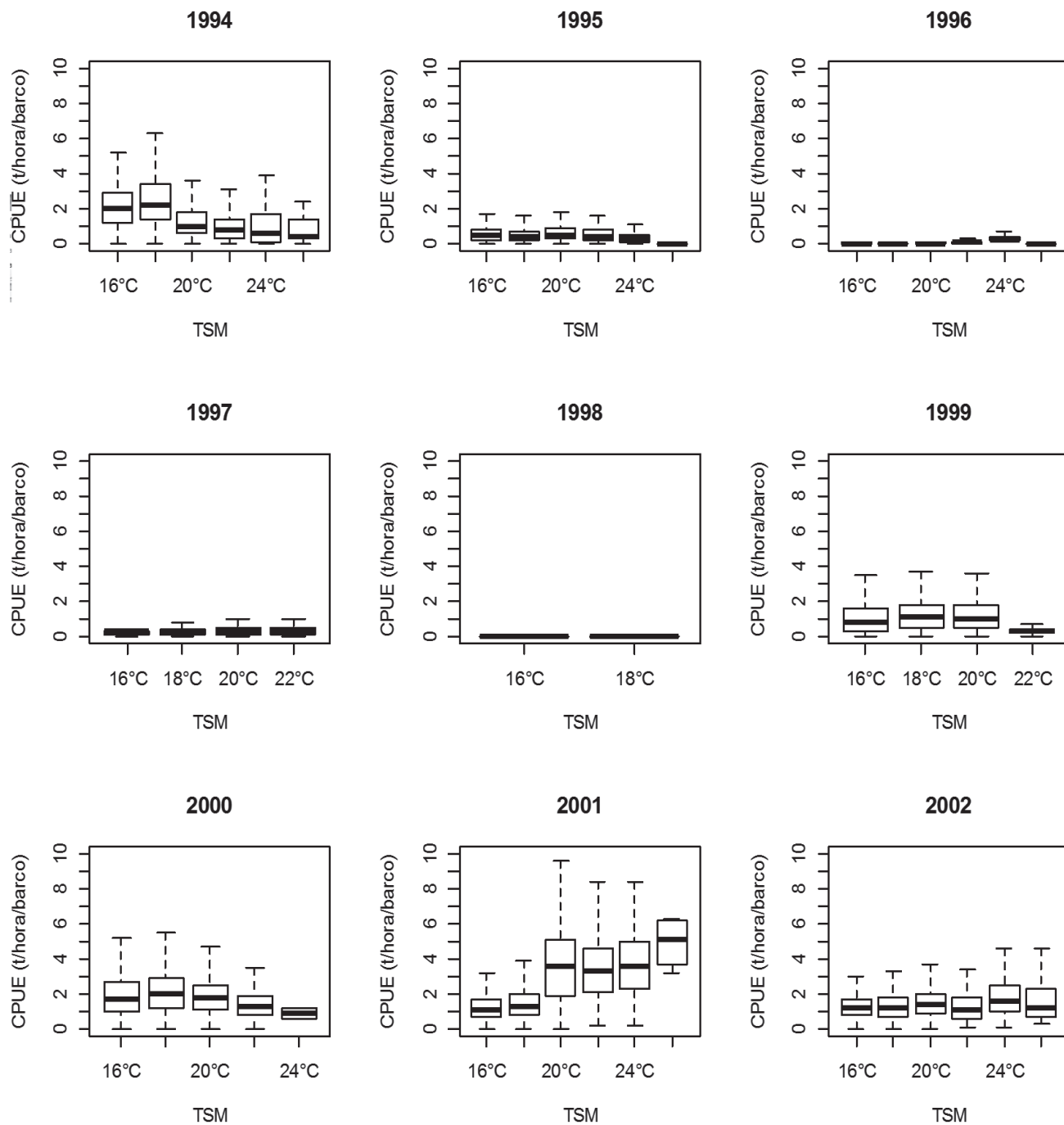


Figura 8a.- Relación entre la temperatura superficial del mar y CPUE (t/hora/barco) de la flota industrial durante los años 1994 al 2002

Figure 8a. Relationship between sea surface temperature and CPUE (t/hour/vessel) of the industrial fleet during the years 1994 to 2002

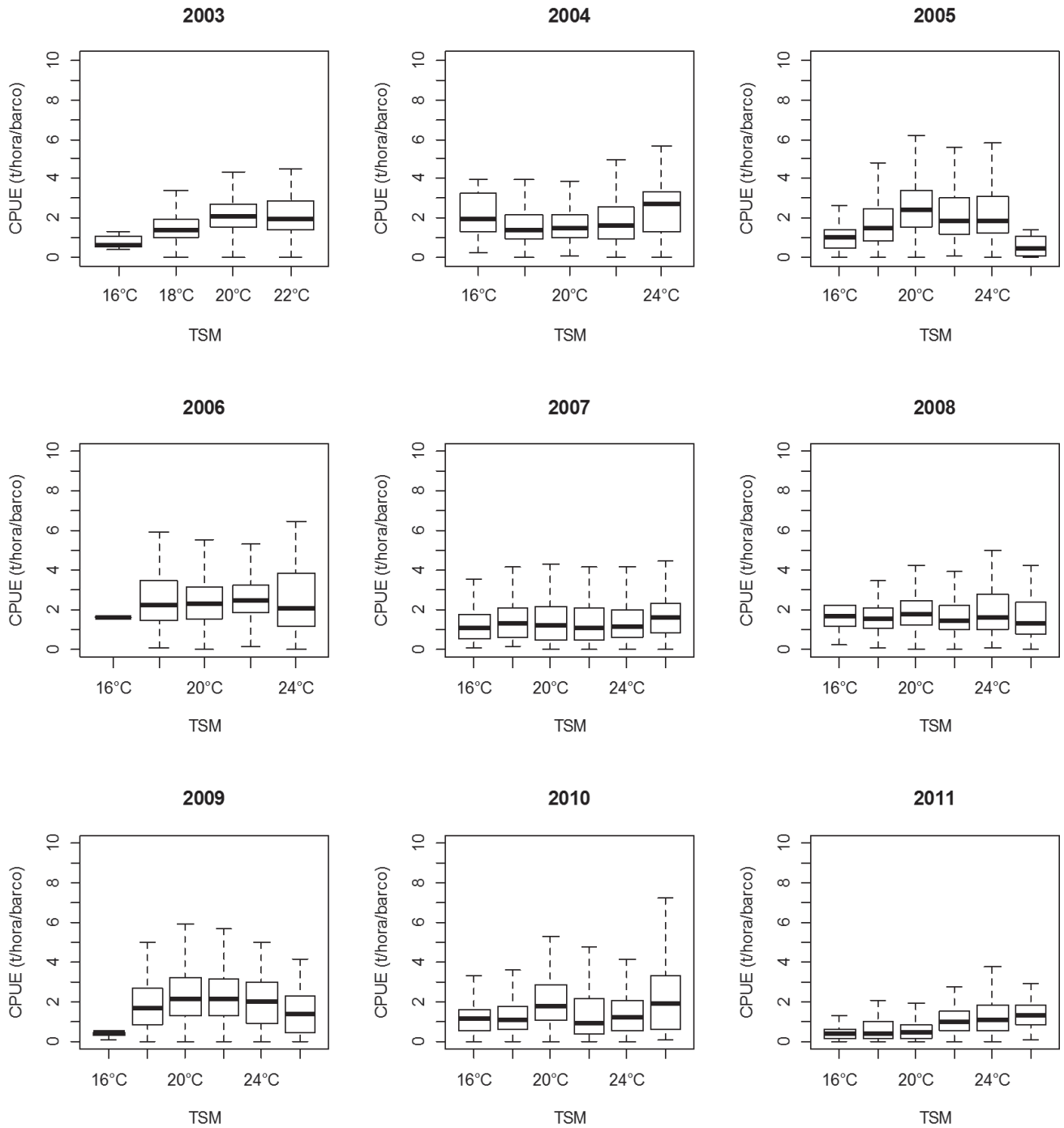


Figura 8b.- Relación de la temperatura superficial del mar y CPUE (t/hora/barco) de la flota calamarera industrial entre el 2003 y 2011

Figure 8b. Relationship between sea surface temperature and CPUE (t/hour/vessel) of the industrial jigger fleet between 2003 and 2011



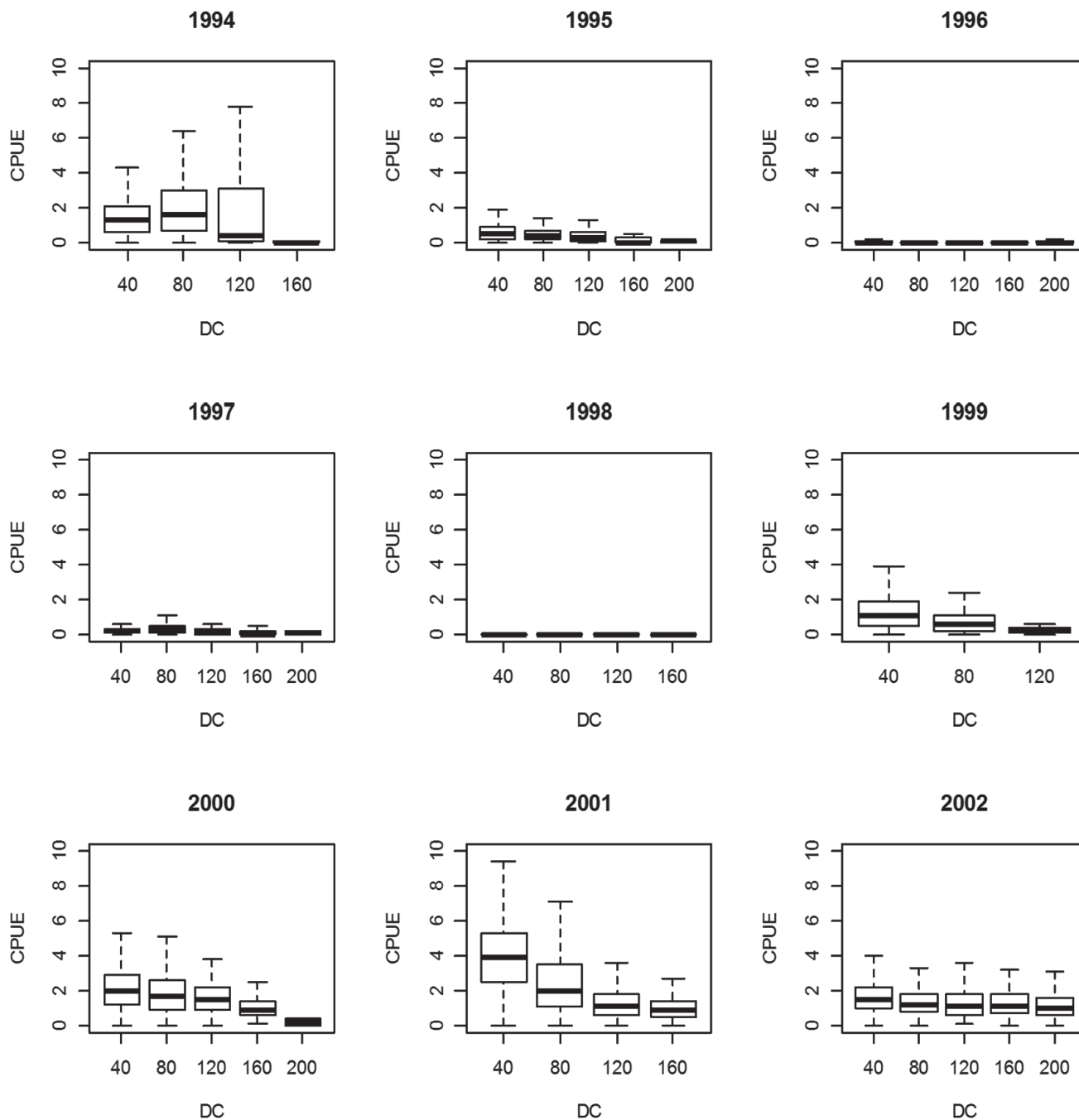


Figura 9a.- Relación entre la distancia de costa y CPUE (t/hora/barco) de la flota calamarera industrial durante los años 1994 al 2002

Figure 9a. Relationship between the distance from shore and CPUE (t/hour/vessel) of the industrial jigger fleet during the years 1994 to 2002

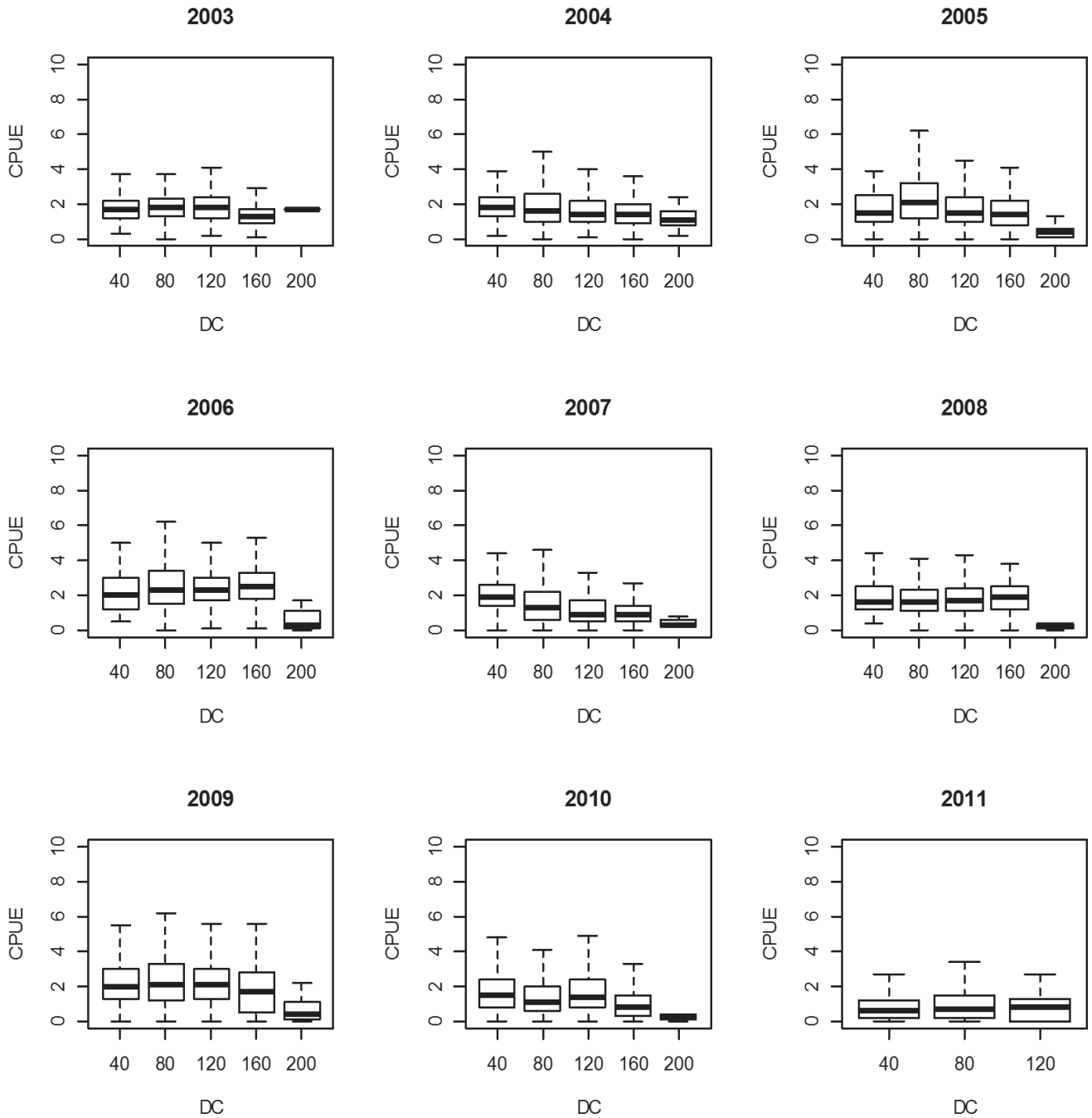


Figura 9b.- Relación entre la distancia de costa y CPUE (t/hora/barco) de la flota calamarera industrial durante los años 2003 al 2011

Figure 9b. Relationship between the distance from shore and CPUE (t/hour/vessel) of the industrial jigger fleet during the years 2003 to 2011

Tabla N° 4.- Captura, esfuerzo y CPUE de *D. gigas* de la flota calamarera en el Perú

Año Estación	Captura (t)	Esfuerzo				CPUE		TSM (°C)
		N° de barcos por mes		N° Días	N° Hora	t/día/barco	t/hora/barco	
		Máximo	Mínimo					
<b>1991</b>								
Verano								
Otoño	8602,8	13	1	311	4519	27,7	1,904	22,6
Invierno	20581,6	15	15	1095	15725	18,8	1,309	18,2
Primavera	28518,7	31	22	1917	28664	14,9	0,995	20,2
<b>1992</b>								
Verano	11756,8							
Otoño	11527,2	13	1	311	4519	27,7	1,904	22,6
Invierno	33932,8	15	15	1095	15725	18,8	1,309	18,2
Primavera	46566,4	31	22	1917	28664	14,9	0,995	20,2
<b>1993</b>								
Verano	9424,9	44	11	1446	15964	6,5	0,590	22,5
Otoño	27203,2	47	26	1330	14284	20,5	1,904	21,1
Invierno	77952,2	72	69	4507	56205	17,3	1,387	18,5
Primavera	23748,1	69	42	4075	55402	5,8	0,429	19,2
<b>1994</b>								
Verano	5079,2	25	5	596	5132	8,5	0,990	22,2
Otoño	32838,1	51	3	923	12611	35,6	2,604	18,8
Invierno	91837,8	66	43	2726	41727	33,7	2,201	17,7
Primavera	34957,4	49	30	2685	34862	13,0	1,003	20,6
<b>1995</b>								
Verano	2953,8	23	6	647	6564	4,6	0,450	22,7
Otoño	11132,1	49	8	1375	17554	8,1	0,634	18,3
Invierno	46871,9	77	76	5910	76758	7,9	0,611	18,6
Primavera	19887,7	74	39	3667	41865	5,4	0,475	19,5
<b>1996</b>								
Verano	325,4	18	1	187	1888	1,7	0,172	22,8
Otoño	29,2	13	13	141	812	0,2	0,036	19,1
Invierno	1194,2	67	6	2152	24602	0,6	0,049	18,4
Primavera	100,2	5	2	50	472	2,0	0,212	17,0
<b>1997</b>								
Verano								
Otoño								
Invierno	5821,4	51	38	1459	8761	4,0	0,664	23,3
Primavera								
<b>1998</b>								
Verano								
Otoño								
Invierno	0,7	1	1	14	64	0,1	0,011	19,1
Primavera								
<b>1999</b>								
Verano								
Otoño								
Invierno	5425,0	8	7	551	6624	9,8	0,819	17,6
Primavera	18305,6	19	8	796	11920	23,0	1,536	18,0
<b>2000</b>								
Verano	10478,7	20	2	263	3924	39,8	2,670	19,2
Otoño	22204,6	25	11	860	11422	25,8	1,944	19,8
Invierno	53118,5	34	19	1930	26755	27,5	1,985	18,0
Primavera	3760,8	12	4	243	3374	15,5	1,115	20,7

<b>2001</b>									
Verano	66864,7	32	14	1319	18640	50,7	3,587	21,5	
Otoño	5606,9	8	3	216	2954	26	1,898	18,4	
Invierno	24562,3	20	15	1233	18384	19,9	1,336	16,1	
Primavera	6673,2	9	4	396	5776	16,9	1,155	17,6	
<b>2002</b>									
Verano	7013,3	7	3	314	4215	22,3	1,664	23,4	
Otoño	42026,0	48	11	1855	28966	22,7	1,451	18,7	
Invierno	23299,0	48	1	1305	20462	17,9	1,139	17,7	
Primavera	4989,5	7	6	216	2867	23,1	1,740	20,0	
<b>2003</b>									
Verano									
Otoño									
Invierno	16613,0	11	11	759	11043	21,9	1,504	17,9	
Primavera	10189,8	11	6	338	4936	30,1	2,064	19,4	
<b>2004</b>									
Verano	3580,9	3	3	125	1497	28,6	2,392	23,2	
Otoño	8219,4	6	5	347	5051	23,7	1,627	19,2	
Invierno	17919,1	14	5	705	10270	25,4	1,745	18,1	
Primavera	21548,3	14	9	813	12641	26,5	1,705	19,5	
<b>2005</b>									
Verano	9506,7	6	4	281	3988	33,8	2,384	23,2	
Otoño	13092,6	6	4	336	5273	39,0	2,483	19,4	
Invierno	15826,2	10	8	626	8993	25,3	1,760	18,0	
Primavera	8828,3	8	5	351	5128	25,2	1,722	18,7	
<b>2006</b>									
Verano	6868,5	4	4	177	2672	38,8	2,571	21,1	
Otoño	13994,2	5	5	354	5346	39,5	2,618	19,3	
Invierno	12193,3	6	5	363	5302	33,6	2,300	19,1	
Primavera	10392,3	5	3	246	4147	42,4	2,506	20,7	
<b>2007</b>									
Verano	5079,7	5	4	244	3311	20,8	1,534	24,2	
Otoño	6411,5	4	4	270	3678	23,7	1,743	19,4	
Invierno	4261,9	4	2	198	3262	21,5	1,307	16,6	
Primavera	4421,4	3	3	211	3736	21,0	1,183	18,1	
<b>2008</b>									
Verano	5060,9	4	2	195	3009	26,0	1,682	23,6	
Otoño	2708,3	2	1	81	1480	33,4	1,830	19,4	
Invierno	10014,2	6	4	324	5560	30,9	1,801	19,6	
Primavera	7798,9	6	3	233	3917	33,5	1,991	20,2	
<b>2009</b>									
Verano	7662,9	4	3	235	3576	32,6	2,143	23,3	
Otoño	12125,5	9	5	395	5760	30,7	2,105	20,7	
Invierno	19022,9	9	5	541	7344	35,2	2,590	19,3	
Primavera	9296,3	5	5	352	5050	26,4	1,841	19,1	
<b>2010</b>									
Verano	7285,3	5	3	315	4803	23,1	1,517	23,6	
Otoño	16813,3	15	6	745	11030	22,6	1,524	19,6	
Invierno	3129,3	3	2	173	2516	18,1	1,244	17,0	
Primavera	5413,2	3	2	178	2259	30,4	2,396	18,6	
<b>2011</b>									
Verano	5599,8	4	3	239	4159	23,4	1,346	23,4	
Otoño	3495,5	3	3	208	2824	16,8	1,238	22,2	
Invierno	293,0	3	2	120	1338	2,4	0,219	18,2	
Primavera	3874,2	4	3	267	4375	14,5	0,886	18,9	

Table N° 4. Catch, effort and CPUE of *D. gigas* from jigger fleet in Peru

Year Season	Catch (t)	Effort				CPUE		SST (°C)
		N° of vessels per month		N° Days	N° Hours	t/day/vessel	t/hour/vessel	
		Maximum	Minimum					
1991								
Summer								
Autumn	8602,8	13	1	311	4519	27.7	1.904	22.6
Winter	20581,6	15	15	1095	15725	18.8	1.309	18.2
Spring	28518,7	31	22	1917	28664	14.9	0.995	20.2
1992								
Summer								
Autumn	11756,8							
Autumn	11527,2	13	1	311	4519	27.7	1.904	22.6
Winter	33932,8	15	15	1095	15725	18.8	1.309	18.2
Spring	46566,4	31	22	1917	28664	14.9	0.995	20.2
1993								
Summer								
Autumn	9424,9	44	11	1446	15964	6.5	0.590	22.5
Autumn	27203,2	47	26	1330	14284	20.5	1.904	21.1
Winter	77952,2	72	69	4507	56205	17.3	1.387	18.5
Spring	23748,1	69	42	4075	55402	5.8	0.429	19.2
1994								
Summer								
Autumn	5079,2	25	5	596	5132	8.5	0.990	22.2
Autumn	32838,1	51	3	923	12611	35.6	2.604	18.8
Winter	91837,8	66	43	2726	41727	33.7	2.201	17.7
Spring	34957,4	49	30	2685	34862	13.0	1.003	20.6
1995								
Summer								
Autumn	2953,8	23	6	647	6564	4.6	0.450	22.7
Autumn	11132,1	49	8	1375	17554	8.1	0.634	18.3
Winter	46871,9	77	76	5910	76758	7.9	0.611	18.6
Spring	19887,7	74	39	3667	41865	5.4	0.475	19.5
1996								
Summer								
Autumn	325,4	18	1	187	1888	1.7	0.172	22.8
Autumn	29,2	13	13	141	812	0.2	0.036	19.1
Winter	1194,2	67	6	2152	24602	0.6	0.049	18.4
Spring	100,2	5	2	50	472	2.0	0.212	17.0
1997								
Summer								
Autumn								
Winter	5821,4	51	38	1459	8761	4.0	0.664	23.3
Spring								
1998								
Summer								
Autumn								
Winter	0,7	1	1	14	64	0.1	0.011	19.1
Spring								
1999								
Summer								
Autumn								
Winter	5425,0	8	7	551	6624	9.8	0.819	17.6
Spring	18305,6	19	8	796	11920	23.0	1.536	18.0
2000								
Summer								
Autumn	10478,7	20	2	263	3924	39.8	2.670	19.2
Autumn	22204,6	25	11	860	11422	25.8	1.944	19.8
Winter	53118,5	34	19	1930	26755	27.5	1.985	18.0
Spring	3760,8	12	4	243	3374	15.5	1.115	20.7

2001									
Summer	66864,7	32	14	1319	18640	50.7	3.587	21.5	
Autumn	5606,9	8	3	216	2954	26	1.898	18.4	
Winter	24562,3	20	15	1233	18384	19.9	1.336	16.1	
Spring	6673,2	9	4	396	5776	16.9	1.155	17.6	
2002									
Summer	7013,3	7	3	314	4215	22.3	1.664	23.4	
Autumn	42026,0	48	11	1855	28966	22.7	1.451	18.7	
Winter	23299,0	48	1	1305	20462	17.9	1.139	17.7	
Spring	4989,5	7	6	216	2867	23.1	1.740	20.0	
2003									
Summer									
Autumn									
Winter	16613,0	11	11	759	11043	21.9	1.504	17.9	
Spring	10189,8	11	6	338	4936	30.1	2.064	19.4	
2004									
Summer	3580,9	3	3	125	1497	28.6	2.392	23.2	
Autumn	8219,4	6	5	347	5051	23.7	1.627	19.2	
Winter	17919,1	14	5	705	10270	25.4	1.745	18.1	
Spring	21548,3	14	9	813	12641	26.5	1.705	19.5	
2005									
Summer	9506,7	6	4	281	3988	33.8	2.384	23.2	
Autumn	13092,6	6	4	336	5273	39.0	2.483	19.4	
Winter	15826,2	10	8	626	8993	25.3	1.760	18.0	
Spring	8828,3	8	5	351	5128	25.2	1.722	18.7	
2006									
Summer	6868,5	4	4	177	2672	38.8	2.571	21.1	
Autumn	13994,2	5	5	354	5346	39.5	2.618	19.3	
Winter	12193,3	6	5	363	5302	33.6	2.300	19.1	
Spring	10392,3	5	3	246	4147	42.4	2.506	20.7	
2007									
Summer	5079,7	5	4	244	3311	20.8	1.534	24.2	
Autumn	6411,5	4	4	270	3678	23.7	1.743	19.4	
Winter	4261,9	4	2	198	3262	21.5	1.307	16.6	
Spring	4421,4	3	3	211	3736	21.0	1.183	18.1	
2008									
Summer	5060,9	4	2	195	3009	26.0	1.682	23.6	
Autumn	2708,3	2	1	81	1480	33.4	1.830	19.4	
Winter	10014,2	6	4	324	5560	30.9	1.801	19.6	
Spring	7798,9	6	3	233	3917	33.5	1.991	20.2	
2009									
Summer	7662,9	4	3	235	3576	32.6	2.143	23.3	
Autumn	12125,5	9	5	395	5760	30.7	2.105	20.7	
Winter	19022,9	9	5	541	7344	35.2	2.590	19.3	
Spring	9296,3	5	5	352	5050	26.4	1.841	19.1	
2010									
Summer	7285,3	5	3	315	4803	23.1	1.517	23.6	
Autumn	16813,3	15	6	745	11030	22.6	1.524	19.6	
Winter	3129,3	3	2	173	2516	18.1	1.244	17.0	
Spring	5413,2	3	2	178	2259	30.4	2.396	18.6	
2011									
Summer	5599,8	4	3	239	4159	23.4	1.346	23.4	
Autumn	3495,5	3	3	208	2824	16.8	1.238	22.2	
Winter	293,0	3	2	120	1338	2.4	0.219	18.2	
Spring	3874,2	4	3	267	4375	14.5	0.886	18.9	

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Históricamente los principales países que capturan el calamar gigante, en el Pacífico Oriental, son Perú, México y Chile; y desde el 2000 China que incrementó sus capturas de ese recurso debido principalmente a que sus embarcaciones calamareras intensificaron sus operaciones fuera de las 200 mn frente al Perú y Chile.

Durante el presente estudio se observó que las capturas fueron incrementando desde 1991 a 1994 (entre 1991-1993 fue periodo cálido y 1994 año normal), caracterizando a este periodo con valores de TSM entre 18 y 24 °C, favoreciendo la mayor concentración y abundancia del recurso frente a las costas del Perú. Los años 1995 y 1996 fueron fríos, con valores de TSM hasta de 15 °C, especialmente en este último año, lo que se reflejó en la dispersión del recurso y nula concentración del mismo.

Entre octubre y noviembre de 1996, los valores de CPUE encontrados en el Pacífico Centro Oriental (PCO) variaron entre 0 y 1,6 t/hora/barco, con valores de TSM comprendidos entre 26,3 y 27,3 °C (MARIÁTEGUI *et al.* 1997a), esto ratifica lo afirmado por NESIS (1983) en el sentido que la abundancia del calamar gigante está asociada a temperaturas de 25 a 28 °C en el hemisferio norte.

MARIÁTEGUI (2009) propone dos indicadores de sostenibilidad, a) "Relación entre la captura del calamar gigante y la cuota de captura permisible" y b) "Captura por unidad de esfuerzo (CPUE), relación entre captura de calamar gigante y el esfuerzo en número de horas (flota calamarera industrial), relación entre la captura y el esfuerzo en número de viajes (flota artesanal)". Estos indicadores sirven para medir la sostenibilidad de la pesquería del calamar gigante y garantizar la explotación racional del recurso. En el presente estudio se utilizó el esfuerzo en número de horas como el mejor esfuerzo para expresar la CPUE.

Durante 1996, el recurso mostró un comportamiento diferente al observado en los años anteriores, debido fundamentalmente a las condiciones climáticas imperantes en la costa peruana (La Niña 1996-1997), registrando los valores más bajos de captura; el mayor esfuerzo de pesca expresado en horas de operación se registró principalmente en los meses de julio y agosto con TSM entre 19 y 20 °C; debido a esas pobres capturas parte de la flota calamarera se movió a Centroamérica lugar donde se registraron buenas capturas (MARIÁTEGUI *et al.* 2002).

Los años 1991-1994 y verano de 1995 fueron periodos caracterizados por anomalías térmicas positivas y valores negativos de los Índices de Oscilación del

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Historically, the main countries catching jumbo flying squid in the Eastern Pacific have been Peru, Mexico and Chile; and since 2000, China has increased its catches of this resource, mainly due to the fact that its jigger vessels have intensified their operations outside the 200 nm range off Peru and Chile.

During the present study it was observed that the catches increased from 1991 to 1994 (between 1991-1993 it was a warm period and 1994 was a normal year), characterizing this period with SST values between 18 and 24 °C, favoring the greater concentration and abundance of the resource off the coast of Peru. The years 1995 and 1996 were cold with SST values up to 15 °C, especially in this last year, which was reflected in the dispersion of the resource and its zero concentration.

Between October and November 1996, CPUE values found in the Eastern Central Pacific (ECP) ranged from 0 to 1.6 t/hour/vessel, with SST values ranging from 26.3 to 27.3 °C (MARIÁTEGUI *et al.* 1997a), confirming NESIS (1983) that the abundance of jumbo flying squid is associated with temperatures of 25 to 28 °C in the northern hemisphere.

MARIÁTEGUI (2009) proposes two sustainability indicators, a) "Relationship between the catch of jumbo flying squid and the allowable catch quota", and b) "Catch per unit effort (CPUE), relationship between catch of jumbo flying squid and effort in number of hours (industrial jigger fleet), relationship between catch and effort in number of trips (artisanal fleet)". These indicators are used to measure the sustainability of the *D. gigas* fishery and ensure rational exploitation of the resource. In the present study, effort in number of hours was used as the best effort to express CPUE.

During 1996, the resource showed a different behavior from that observed in previous years, mainly due to the climatic conditions prevailing on the Peruvian coast (La Niña 1996-1997), recording the lowest catch values; the highest fishing effort expressed in hours of operation was recorded mainly in July and August with SST between 19 and 20 °C. Due to these poor catches, part of the jigger fleet moved to Central America where good catches were recorded (MARIÁTEGUI *et al.* 2002).

The years 1991-1994 and summer 1995 were characterized by positive thermal anomalies and negative values of the Southern Oscillation Indices, reflecting conditions that favored the greater concentration and abundance of the

Sur, reflejando condiciones que favorecieron la mayor concentración y abundancia del recurso frente a nuestras costas; en 1996 se presentaron valores positivos de los Índices de Oscilación del Sur (Espino, información personal) que determinaron bajas concentraciones y dispersión del recurso (MARIÁTEGUI 2004; MARIÁTEGUI & TAIPE 1996).

Esto coincide con lo mencionado por MEDINA *et al.* (1996) en el sentido de que el calamar gigante se distribuye en todo el Pacífico panameño en concentraciones dispersas, las mejores concentraciones se observaron frente al Golfo de Panamá desde el borde de la plataforma hacia las aguas más oceánicas. NIGMATULLIN (1979, citado por NESIS 1983) y NIGMATULLIN *et al.* (2001) concluyen que el calamar gigante es un organismo oceánico de distribución nerítico-oceánica porque está especializado para vivir en comunidades altamente productivas en la periferia de zonas de afloramiento costero con ciclos de producción desbalanceados, y no por las peculiaridades de su reproducción (relación con el talud continental), tal y como sugiere NESIS (1970, 1983). Su permanencia en zonas altamente productivas impide a esta especie conquistar el océano abierto en abundancias significativas.

Asimismo, hay ocasiones en que durante las primeras horas del día la abundancia del recurso es muy alta debido a la disponibilidad de alimento como peces y ejemplares de pota de tamaño menor a los capturados, lo que incrementa su porcentaje de canibalismo. Al respecto, NESIS (1970, 1983, en MARKAIDA 2001) señala que las mayores concentraciones de calamar gigante se hallan en la zona donde la productividad primaria es alta pero no máxima, la biomasa de zooplancton es relativamente alta y el número de peces meso y batipelágicos es máximo. La necesidad de retornar al talud continental a desovar también debe limitar su distribución. GILLY *et al.* (2006) observaron que el calamar gigante realiza movimientos horizontales de casi 100 km en más de 3 días, también mencionan que los calamares siempre pasaban más horas en las profundidades >250 m, que es el límite superior aproximado de una zona hipóxica denominada la capa mínima de oxígeno (OML).

MARIÁTEGUI (2004) señala que las mayores capturas de calamar gigante se observaron al borde de la plataforma continental durante la noche con fines de alimentación y durante el día se profundiza, también con fines de alimentación y probablemente de desove, con desplazamientos rápidos y oportunos; para el periodo de su estudio concluyó que la especie presentó amplia distribución en el Perú y las principales áreas de pesca se localizaron entre 03° y 09°S, de 20 a 90 mn de la costa; focos de menores concentraciones se localizaron entre 11° y 17°S frente a Pisco (13°42'S) e Ilo (17°38'S) entre 30 y 210 mn de la costa.

resource off our coasts; in 1996, positive values of the Southern Oscillation Indices (Espino, personal communication) were presented, which determined low concentrations and dispersion of the resource (MARIÁTEGUI 2004; MARIÁTEGUI & TAIPE 1996).

This coincides with what was mentioned by MEDINA *et al.* (1996) in the sense that the jumbo flying squid is distributed throughout the Panamanian Pacific in scattered concentrations, the best concentrations were observed off the Gulf of Panama from the edge of the shelf to the most oceanic waters. NIGMATULLIN (1979, cited by NESIS 1983) and NIGMATULLIN *et al.* (2001) conclude that *Dosidicus gigas* is an oceanic organism with neritic-oceanic distribution because it is specialized to live in highly productive communities on the periphery of coastal upwelling areas with unbalanced production cycles, and not because of the peculiarities of its reproduction (relationship with the continental slope), as suggested by NESIS (1970, 1983). Its permanence in highly productive areas prevents this species from conquering the open ocean in significant abundances.

There are also occasions when during the first hours of the day the abundance of the resource is very high due to the availability of food such as fish and squids smaller than those caught, which increases the percentage of cannibalism. In this regard, NESIS (1970, 1983, in MARKAIDA 2001) points out that the highest concentrations of jumbo flying squid are found in the area where primary productivity is high but not maximum, the biomass of zooplankton is relatively high and the number of mesopelagic and bathypelagic fish is highest. The need to return to the continental slope to spawn must also limit its distribution. GILLY *et al.* (2006) observed that *D. gigas* makes horizontal movements of almost 100 km in more than 3 days, also mentioning that it always spent more hours at depths >250 m, which is the approximate upper limit of a hypoxic zone called the oxygen minimum layer (OML).

MARIÁTEGUI (2004) notes that the largest catches of this species were observed at the edge of the continental shelf during the night for feeding purposes and during the day they deepen, also for feeding and probably spawning purposes, with rapid and timely movements; for the period of its study concluded that the species had a wide distribution in Peru and the main fishing areas were located between 03° and 09°S, from 20 to 90 nm from the coast; pockets of lower concentrations were located between 11° and 17°S off Pisco (13°42'S) and Ilo (17°38'S) between 30 and 210 nm from the coast.



En el presente estudio se concluye que del análisis de los índices de abundancia relativa (CPUE) de las flotas artesanal e industrial con relación a las anomalías de TSM en el zona El Niño 1+2, como indicador de los cambios ambientales frente a las costas de Perú, mostró que los mayores valores de CPUE se registraron con anomalías moderadas ( $< -1^{\circ}\text{C}$ ); sin embargo, frente a cambios ambientales de mayor intensidad ( $> 1^{\circ}\text{C}$ ), estos índices disminuyeron significativamente debido a la dispersión de recurso principalmente de norte a sur.

Frente a Perú, BENITES y VALDIVIESO (1986), mencionan que se capturó calamar gigante entre  $17,5$  y  $27,5^{\circ}\text{C}$ . BENITES (1985) reportó que durante julio de 1983 el recurso estuvo asociado a una capa de agua con TSM entre  $20,6$  y  $21,2^{\circ}\text{C}$ , pero que a  $50$  m de profundidad las temperaturas oscilaron entre  $19,8$  y  $20,9^{\circ}\text{C}$  y fue ubicado en el área del lado oceánico del frente de aguas formado por una lengua de afloramiento en la zona de Pisco. En el mismo trabajo menciona que en marzo de 1984, bajo condiciones ambientales normales del mar, la especie estuvo presente en las isotermas entre  $23$  y  $25^{\circ}\text{C}$ , en una capa de agua cuyas temperaturas a los  $50$  m oscilaron entre  $14,0$  y  $16,9^{\circ}\text{C}$ . Estos registros de valores de TSM son coincidentes con lo reportado en el periodo que abarca el presente trabajo.

MARIÁTEGUI (2004) considera el año 1994 como normal, en cuanto a aspectos oceanográficos se refiere, y del análisis efectuado a los valores de índices de abundancia del calamar gigante con relación a la temperatura superficial del mar, concluye que durante ese año se encontró un promedio de índice de abundancia de  $1747$  kg/hora/mes/barco ( $1634$  y  $1876$  kg/hora/mes/barco para embarcaciones coreanas y japonesas, respectivamente), considerando éste promedio como reflejo de la abundancia del calamar gigante, se consideró el valor de  $1165$  kg/hora/mes/barco (un tercio menor del valor promedio total), como un valor aceptable de la alta abundancia del recurso; en tal sentido, se tiene que la TSM, a ese valor, varió de  $17,3$  a  $22,4^{\circ}\text{C}$ ; conclusión que coincide por lo mencionado por NESIS (1983), que temperaturas entre  $17$  y  $23^{\circ}\text{C}$  registradas en el hemisferio sur son las óptimas para las capturas de calamar gigante. En el presente estudio, capturas estacionales comprendidas entre  $2,064$  a  $3,587$  t/hora/buque se registraron a TSM que variaron entre  $17,7$  y  $23,2^{\circ}\text{C}$ , lo que explica que las embarcaciones calamareras sigan la isoterma de los  $20^{\circ}\text{C}$  de TSM, para ubicar las áreas de pesca de pota.

Los valores de TSM coinciden con los mencionados por MARCIAL-RAMOS (1996), MARIÁTEGUI *et al.* (1997a) y GANOZA *et al.* (1997) quienes registraron capturas del calamar gigante provenientes de la flota artesanal, con TSM entre  $16$  y  $20^{\circ}\text{C}$ ; estos mismos autores señalan

The present study concludes that the analysis of the relative abundance indices (CPUE) of the artisanal and industrial fleets in relation to SST anomalies in the El Niño 1+2 region, as an indicator of environmental changes off the coast of Peru, showed that the highest CPUE values were recorded with moderate anomalies ( $< -1^{\circ}\text{C}$ ); however, in the face of more intense environmental changes ( $> 1^{\circ}\text{C}$ ), these indices decreased significantly due to the dispersion of the resource mainly from north to south.

Off Perú, BENITES & VALDIVIESO (1986), mention that jumbo flying squid were caught between  $17.5$  and  $27.5^{\circ}\text{C}$ . BENITES (1985) reported that during July 1983 the resource was associated with a water layer with SST between  $20.6$  and  $21.2^{\circ}\text{C}$ , but that at a depth of  $50$  m temperatures ranged between  $19.8$  and  $20.9^{\circ}\text{C}$  and was located in the area on the oceanic side of the water front formed by a tongue of upwelling in the Pisco area. In the same paper he mentions that in March 1984, under normal environmental conditions of the sea, the species was present in the isotherms at between  $23$  and  $25^{\circ}\text{C}$ , in a layer of water whose temperatures at  $50$  m ranged between  $14.0$  and  $16.9^{\circ}\text{C}$ . These SST value records are consistent with those reported in the period covered by this work.

MARIÁTEGUI (2004) considers the year 1994 as normal, as far as oceanographic aspects are concerned, and the analysis carried out on the abundance index values of the jumbo flying squid in relation to the sea surface temperature, concludes that during that year a mean abundance index of  $1747$  kg/hour/month/vessel was found ( $1634$  and  $1876$  kg/hour/month/vessel for Korean and Japanese vessels, respectively), considering this mean as a reflection of the abundance of the *D. gigas*. The value of  $1165$  kg/hour/month/vessel (one third lower than the total average value) was considered an acceptable value of the high abundance of the resource; in this sense, the SST, at that value, has ranged from  $17.3$  to  $22.4^{\circ}\text{C}$ ; a conclusion that coincides with what was mentioned by NESIS (1983), is that temperatures between  $17$  and  $23^{\circ}\text{C}$  recorded in the southern hemisphere are optimal for capturing it. In the present study, seasonal catches ranging from  $2.064$  to  $3.587$  t/hour/vessel were recorded at SST ranging from  $17.7$  to  $23.2^{\circ}\text{C}$ , which explains why squid boats follow the  $20^{\circ}\text{C}$  SST isotherm to locate the fishing areas of squid.

The SST values coincide with those mentioned by MARCIAL-RAMOS (1996), MARIÁTEGUI *et al.* (1997a) and GANOZA *et al.* (1997) who recorded catches of jumbo flying squid from the artisanal fleet, with SST between  $16$  and  $20^{\circ}\text{C}$ ; these same authors point out that at the end of the summer of 1995,

que a fines del verano de 1995 se inició el fenómeno de enfriamiento que se mantuvo constante durante todo el año 1996, y que algo similar, con menor intensidad, se presentó entre los años 1984 a 1986. Asimismo, en marzo y abril de 1997 el rango de TSM subió a 19,4-23,3 °C (MARIÁTEGUI *et al.* 1997b) y en julio y agosto fue de 23,2-24,8 °C (MARIÁTEGUI *et al.*, 1998a).

SEGURA *et al.* (1996) señalan que el calamar gigante se encontró distribuido desde 35 hasta 120 mn entre Chicama y Puerto Pizarro, en temperaturas superficiales mayores de 18 °C, siendo dos las áreas de mayor concentración: entre Punta Aguja y Puerto Pizarro, de 50 a 120 mn y, entre Eten y Pimentel de 60 a 120 mn de la costa.

Los resultados del presente estudio difieren a los reportados por MARIÁTEGUI (2004) para Perú y a los reportados por KORONKIEWICZ (1988) y MARIÁTEGUI *et al.* (1997a) quienes registraron la presencia del calamar gigante en aguas de Centroamérica con temperaturas superficiales del mar de 25,8-26,1 a 28 °C. Asimismo, KORONKIEWICZ (1988) plantea la hipótesis que el recurso prefiere aguas frías de afloramiento caracterizadas por temperaturas de 26-28 °C en la superficie y 12-13 °C a 200 m de profundidad y reporta que en periodos de afloramiento los calamares son 30% más abundante. KUROIWA (1998) (citado por MARKAIDA 2001) reporta que los valores de CPUE de calamar gigante frente a Perú y Ecuador son bajos a temperaturas superficiales de 23 °C o mayores, pero a temperaturas de 16 a 23 °C no hay correlación con las capturas. Este autor prefiere definir las áreas de buenas capturas como aquellas que presentan una termoclina a profundidades de 10-50 m y temperaturas de 15-15,9 °C a 50 m de profundidad. En zonas de capturas pobres, por el contrario, la masa de agua cálida alcanza 30-40 m de profundidad o una masa de agua fría prevalece en la superficie.

Las grandes poblaciones explotadas de especies de la familia Ommastrephidae están en su mayor parte relacionadas con los sistemas de corrientes muy veloces del margen occidental de los océanos Atlántico y Pacífico (O'DOR y COELHO 1993). RODHOUSE (2005, en FAO 2005) estima que la especie más grande de la familia Ommastrephidae, *D. gigas*, es una excepción de la regla general de asociación con sistemas de alta velocidad del margen occidental, ya que se presenta en el flujo débil hacia el norte de la corriente costera fría del Sistema de Corrientes del Perú. Aunque se trata de un sistema de afloramiento altamente productivo que sostiene una pesquería abundante (si bien variable) de anchoveta (*Engraulis ringens* J.) en el Perú, la especie *D. gigas* parece evitar las zonas de mayor producción primaria (NESIS 1983) y preda principalmente sobre peces mesopelágicos en el borde de la estrecha plataforma continental de América del Sur. MARIÁTEGUI (2004) concluye que

the phenomenon of cooling began, which remained constant throughout 1996, and that something similar, with less intensity, occurred between 1984 and 1986. Also, in March and April 1997 the SST range increased to 19.4-23.3 °C (MARIÁTEGUI *et al.* 1997b) and in July and August it was 23.2-24.8 °C (MARIÁTEGUI *et al.*, 1998a).

SEGURA *et al.* (1996) indicate that the jumbo flying squid was found to be distributed from 35 to 120 nm between Chicama and Puerto Pizarro, at surface temperatures above 18 °C, with two areas of greater concentration: between Punta Aguja and Puerto Pizarro, from 50 to 120 nm and between Eten and Pimentel from 60 to 120 nm from the coast.

The results of this study differ from those reported by MARIÁTEGUI (2004) for Peru and those reported by KORONKIEWICZ (1988) and MARIÁTEGUI *et al.* (1997a) who recorded the presence of jumbo flying squid in Central American waters at sea surface temperatures of 25.8-26.1 at 28 °C. KORONKIEWICZ (1988) also hypothesizes that the resource prefers cold upwelling waters characterized by surface temperatures of 26-28 °C and 12-13 °C at 200 m depth and reports that during upwelling periods the squids are 30% more abundant. KUROIWA (1998) (cited by MARKAIDA 2001) reports that the values of CPUE of jumbo flying squid off Peru and Ecuador are low at surface temperatures of 23 °C or higher, but at temperatures of 16 to 23 °C there is no correlation with catches. This author prefers to define areas of good catch as those with a thermocline at depths of 10-50 m and temperatures of 15-15.9 °C at 50 m depth. In poor catch areas, on the other hand, the warm water mass reaches a depth of 30-40 m or a cold water mass prevails on the surface.

The large exploited populations of species of the family Ommastrephidae are mostly related to the very fast current systems of the western margins of the Atlantic and Pacific Oceans (O'DOR & COELHO 1993). RODHOUSE (2005, in FAO 2005) estimates that the largest species of the family Ommastrephidae, *D. gigas*, is an exception to the general rule of association with high-speed systems on the western margin, as it occurs in the weak northward flow of the cold coastal current of the Peruvian Current System. Although it is a highly productive upwelling system that supports an abundant (albeit variable) fishery for anchoveta (*Engraulis ringens* J.). In Peru, the species *D. gigas* appears to avoid areas of higher primary production (NESIS 1983) and preys mainly on mesopelagic fish on the edge of South America's narrow continental shelf. MARIÁTEGUI (2004) concludes that the largest catches were observed

las mayores capturas se observaron al borde de la plataforma continental afirmando que la distribución y concentración del calamar gigante se ubica sobre el borde de la plataforma continental durante la noche con fines de alimentación y durante el día se profundiza también con fines alimentarios y probablemente de desove con desplazamientos rápidos y oportunos. En el presente estudio (Fig. 4) se comprueba que el calamar gigante en aguas del mar peruano presenta sus mejores abundancias al borde de la plataforma continental, coincidiendo con los demás autores.

En el crucero realizado del 16 de diciembre 2011 al 19 de enero 2012, SAKAI y YAMASHIRO (2012) determinaron que el calamar gigante presentó amplia distribución tanto de ejemplares adultos como juveniles y paralarvas con concentraciones importantes dentro del mar jurisdiccional del Perú y en aguas adyacentes, principalmente entre 4 - 8°S y 12 - 16°S, coincidiendo con las principales áreas de pesca del recurso (IMARPE 2010). En general, la mayor presencia del recurso estuvo asociada a las aguas de mezcla de Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y Aguas Costeras Frías (ACF) (SAKAI y YAMASHIRO 2012).

Distintos autores se refieren a la migración del calamar gigante en función de diversos factores. Los ejemplares grandes hallados en California y Baja California, típicos del área de Perú y Chile, pudieron haber emigrado desde ahí a través del Ecuador (NESIS 1983). De manera similar, Voss (1982) postula que la abundancia de calamar gigante en el norte de México y California en 1980, anteriormente considerado raro, aparentemente se debe a cambios hidrográficos que causaron su migración desde aguas de Perú y Chile, donde desapareció desde la década de 1970.

Al respecto, algunos autores como NESIS (1983) observaron en la corriente de Perú, entre octubre y diciembre, grandes cardúmenes compactos de cientos de miles de individuos que no se detienen a alimentarse y que probablemente estén migrando, incluso de día. Este mismo hecho ha sido observado en muchas oportunidades a bordo de los barcos calamarereros, en los que fue visible la gran abundancia del calamar gigante en la superficie del mar durante las horas de día, como lo registrado en marzo de 1995 en la posición 03°59'S-81°50'W (B/P Sanko Maru N°1), octubre del 2000 en la posición 05°59'S-82°00'W (B/P Shinko Maru N°3) y marzo del 2006 en la posición 11°17'S-78°41'W (B/P Wakashio Maru N°81). Finalmente, se observó un alto porcentaje ( $\pm 95\%$ ) de ejemplares capturados de calamar gigante con restos de la misma especie en los estómagos. Asimismo, MARIÁTEGUI *et al.* (1998b) mencionan que en octubre y diciembre de 1997, el calamar gigante se aleja de la costa y se profundiza debido al aumento de la TSM, haciéndose inaccesible a

at the edge of the continental shelf, stating that the distribution and concentration of jumbo flying squid is located on the edge of the continental shelf during the night for feeding purposes and during the day they are also deepened for feeding and probably for spawning purposes with rapid and timely movements. The present study (Fig. 4) shows that *D. gigas*, in Peruvian sea, has its best abundances at the edge of the continental shelf, coinciding with the other authors.

In the survey carried out from December 16, 2011 to January 19, 2012, SAKAI & YAMASHIRO (2012) determined that the jumbo flying squid presented a wide distribution of adult, juvenile and paralarvae specimens with important concentrations within the Peruvian jurisdictional sea and in adjacent waters, mainly between 4 - 8°S and 12 - 16°S, coinciding with the main fishing areas of the resource (IMARPE 2010). In general, the greater presence of the resource was associated with the mixing of Surface Subtropical Waters (SSW) and Cold Coastal Waters (CCW) (SAKAI & YAMASHIRO 2012).

Different authors refer to the migration of the jumbo flying squid according to various factors. The large specimens found in California and Baja California, typical of the area of Peru and Chile, may have migrated from there through the Equator (NESIS 1983). Similarly, Voss (1982) postulates that the abundance of this species in Northern Mexico and California in 1980, previously considered rare, is apparently due to hydrographic changes that caused their migration from waters of Peru and Chile, where they disappeared since the 1970s.

In this regard, some authors such as NESIS (1983) observed in the Peruvian current, between October and December, large compact schools of hundreds of thousands of individuals who do not stop to feed and who are probably migrating, even during the day. This same fact has been observed on many occasions aboard jigger vessels, where the great abundance of jumbo flying squid on the surface of the sea during the daytime hours was visible, as registered in March 1995 in the position 03°59'S-81°50'W (F/V Sanko Maru N°1), October 2000 in the position 05°59'S-82°00'W (F/V Shinko Maru N°3) and March 2006 in the position 11°17'S-78°41'W (F/V Wakashio Maru N°81). Finally, a high percentage ( $\pm 95\%$ ) of captured *D. gigas* with remains of the same species in the stomachs was observed. Also, MARIÁTEGUI *et al.* (1998b) mention that in October and December 1997, the jumbo flying squid moved away from the coast and deepened due to the increase in the SST,

la Pesquería artesanal que opera principalmente frente a los puertos de Talara y Paita.

Para muchas especies, los patrones de migración parecen estar asociados con la variación de la temperatura. Altas concentraciones de calamar gigante han sido observadas principalmente en zonas donde hay una gradiente de temperatura entre masas de agua cálida y frías; al ser una especie epipelágica, *D. gigas* se concentró generalmente cercano al gradiente térmico de la termoclina, aunque en horas nocturnas se le capture en la capa superficial de 17 a 50 m (ARAYA y MORA 1995). GILLY *et al.* (2006) refieren que movimientos verticales rítmicos del calamar gigante en el OML ocurrieron a menudo con estancias de hasta 6 horas en la zona hipóxica por debajo de 300 m; en el presente estudio se ha observado la evolución mensual del calamar gigante mostrada con relación a la captura y CPUE, que indican una constante disponibilidad del recurso en las principales áreas de pesca durante los meses de junio a diciembre, principalmente; es decir, entre invierno y primavera austral (MARIÁTEGUI y TAIPE 1996, MARIÁTEGUI 2004).

MARIÁTEGUI *et al.* (2008) observaron amplia distribución del calamar gigante en el mar peruano, en noviembre-diciembre 2007, con altas concentraciones fuera de las 200 mn, esto debido a las condiciones frías que se presentaron durante el estudio, y agregan que los ejemplares juveniles constituyeron amplia fracción de las capturas, que representó un importante reclutamiento en el 2008, además del hallazgo de concentraciones importantes de paralarvas de *Dosidicus gigas* que reforzaron las proyecciones de captura.

MARIÁTEGUI *et al.* (2012) basados en los resultados de los Cruceros que se desarrollaron del 20 de noviembre a 21 de diciembre 2010 y del 26 de diciembre 2010 al 21 de enero 2011, mencionan que el calamar gigante se presentó disperso (en verano el recurso se dispersa) en el área norte, con buenas concentraciones a 98 mn frente a Paita, 58 mn frente a Punta Gobernador, frente a Salaverry (126 mn), Chimbote (194 mn) y Huarney (194 mn). En las áreas centro y sur aumentaron las concentraciones, principalmente frente a Supe y Chancay, alrededor de 123,3 a 126,7 mn de distancia a la costa; frente a Callao a 197,8 mn; frente a Bahía Independencia a 51 y 153,5 mn y frente a San Juan de Marcona a 123,5 mn. La distribución vertical fue observada principalmente hasta los 100 m de profundidad.

#### Agradecimientos

A los Técnicos Científicos de Investigación de IMARPE (TCI).

making it inaccessible to artisanal fisheries that operate mainly off the ports of Talara and Paita.

For many species, migration patterns appear to be associated with temperature variation. High concentrations of jumbo flying squid have been observed mainly in areas where there is a temperature gradient between hot and cold water masses. As an epipelagic species, *D. gigas* was generally concentrated near the thermal gradient of the thermocline, although at night it is captured in the superficial layer from 17 to 50 m (ARAYA & MORA 1995). GILLY *et al.* (2006) report that vertical rhythmic movements of the jumbo squid in the OML often occurred with stays of up to 6 hours in the hypoxic zone below 300 m; in the present study the monthly evolution of the jumbo squid shown in relation to catch and CPUE has been observed, indicating a constant availability of the resource in the main fishing areas during the months of June to December, mainly between southern winter and spring (MARIÁTEGUI & TAIPE 1996, MARIÁTEGUI 2004).

MARIÁTEGUI *et al.* (2008) observed wide distribution of the jumbo flying squid in the Peruvian sea in November-December 2007, with high concentrations outside 200 nm, due to the cold conditions that occurred during the study, and add that the juvenile squids constituted a large fraction of the catches, which represented an important recruitment in 2008, in addition to the finding of important concentrations of paralarvae of *Dosidicus gigas* that reinforced the catch projections.

MARIÁTEGUI *et al.* (2012) based on the results of the surveys that took place from November 20 to December 21, 2010 and from December 26, 2010 to January 21, 2011, mention that the jumbo flying squid was dispersed (in summer the resource is dispersed) in the northern area, with good concentrations at 98 nm off Paita, 58 nm in front of Punta Gobernador, off Salaverry (126 nm), Chimbote (194 nm) and Huarney (194 nm). In the central and southern areas, concentrations increased, mainly in front of Supe and Chancay, around 123.3 to 126.7 nm off the coast; off Callao, 197.8 nm; in front of Bahía Independencia, 51 and 153.5 nm; and off San Juan de Marcona, 123.5 nm. The vertical distribution was observed mainly up to 100 m depth.

#### Acknowledgments

To IMARPE Research Scientists (TCI).

## 5. REFERENCIAS/REFERENCES

- ARAYA H, MORA M. 1995. Campaña de pesca de calamar gigante con poteras automáticas en el Pacífico Centroamericano – caso Costa Rica, Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo Centroamericano PRADEPESCA – Convenio ALA/90/09 Unión Europea – OLDEPESCA. 25-51.
- BENITES C. 1985. Resultados de las investigaciones biológico-pesqueras de la jibia *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el litoral peruano de julio de 1983 a marzo de 1984. En A. Tresierra (ed.). Anales I Congreso Nac. Biol. Pesq: 10-16.
- BENITES C, VALDIVIESO V. 1986. Resultados de la pesca exploratoria de 1979/80 y desembarque de cefalópodos pelágicos en el litoral peruano. Bol Inst Mar Perú-Callao. 10(5): 107-139.
- DECRETO SUPREMO Nº 005-91-PE. 1991. Reglamento para la Operación de Barcos Calamareros. Ministerio de Pesquería, actualmente PRODUCE. El Peruano, 13 de diciembre 1991.
- DECRETO SUPREMO Nº 012. 2001. Reglamento de la Ley General de Pesca. PRODUCE. <http://www2.produce.gob.pe/pesqueria/normas/ds012-2001-pe.doc> (Última revisión 21/06/2017).
- DECRETO SUPREMO Nº 014. 2011. Reglamento del Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante o Pota (*D. gigas*). PRODUCE. <http://www2.produce.gob.pe/dispositivos/publicaciones/2011/octubre/ds014-2011-produce.pdf> (última revisión 21/06/2017).
- FAO. 2005. Examen de la situación de los recursos pesqueros marinos mundiales. Documento Técnico de Pesca. Nº 457. Roma, FAO. 260 páginas.
- GANOZA F, RUBIO J, MORÓN O, GIRÓN M. 1997. Investigaciones sobre el calamar gigante o pota en primavera en el área de Puerto Pizarro a Paita. Crucero BIC SNP-1 9609-10. Inf Prog. Inst Mar Perú-Callao. 65: 23-53.
- GILLY W F, MARKAIDA U, BAXTER C H, BLOCK B A, BOUSTANY A, ZEIDBERG L, REISENBICHLER K, ROBINSON B, BAZZINO G, SALINAS C. 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. Mar. Ecol. Prog. Ser. 324: 1-17.
- IMARPE. 2010. Informe Ejecutivo del Crucero 1011-12 de Estudios sobre el comportamiento de cardúmenes de anchoveta y crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos, a bordo del BIC Olaya. Informe Interno Inst. Mar Perú-Callao. 34 pp.
- JAMARC. 2001. Summary Report for the JAMARC-IMARPE. Joint Survey on Jumbo Flying Squid (*Dosidicus gigas*), October and November 2000. Instituto del Mar del Perú – Japan Marine Fishery Resources Research Center. JAMARC Report No. 14:2000.
- KORONKIEWICZ A. 1988. Biological characteristics of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) caught in open waters of the Eastern Central Pacific from October to December 1986. Copenhagen Denmark Ices. 14 pp.
- KUROIWA M. 1998. Exploration of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, resources in the Southeastern Pacific Ocean with notes on the history of jigging surveys by the Japan Marine Fishery Resources Research Center. Pp 89-105. In Okutani, T. (Ed.), contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids, Tokyo, July 18-19, 1996. JAMARC. 269 pp.
- MARCIAL-RAMOS R W. 1996. Estructura poblacional, madurez sexual y alimentación de *Dosidicus gigas*, desembarque por la pesca artesanal en Paita, septiembre de 1995 – agosto de 1996. Tesis de maestría. Universidad nacional de Trujillo, Trujillo, Perú.
- MARKAIDA U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Tesis de Doctor, CICESE, Ensenada, México.
- MARIÁTEGUI L. 2004. Distribución, concentración y abundancia relativa del calamar gigante *Dosidicus gigas*, asociada a la Temperatura Superficial del Mar, en el Perú, durante 1991-1996. Tesis de Maestro. Lima Perú 2004.
- MARIÁTEGUI L. 2009. Pesquería Sostenible del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) en el mar peruano. Tesis de Doctor. Lima Perú.
- MARIÁTEGUI L, TAIPE A. 1996. Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. Inf Prog Inst Mar Perú – Callao 34: 3-27.
- MARIÁTEGUI L, TAFUR R, MORÓN O, AYÓN P. 1997a. Distribución y captura del calamar gigante *Dosidicus gigas* a bordo de buques calamareros en aguas del Pacífico Centro Oriental-Aguas Nacionales y Adyacentes. Inf Prog Inst Mar Perú. 63: 3-36.
- MARIÁTEGUI L, MORÓN O, VARGAS R, BUITRÓN B. 1997b. Prospecciones pesqueras del recurso calamar gigante *Dosidicus gigas*, Crucero BIC IMARPE V 9703-04. Inf. Prog. Inst. Mar Perú-Callao. 70: 29-45.
- MARIÁTEGUI L, TAFUR R, DOMINGUEZ N, GARCÍA W, NACARINO M. 1998a. Distribución, captura y CPUE del calamar gigante *Dosidicus gigas* a bordo de buques calamareros (27 de julio al 26 de agosto de 1997). Inf. Prog. Inst. Mar Perú, 75: 23-50.
- MARIÁTEGUI L, CASTILLO G, RUIZ G, PAIS C, DÍAS B, VALLADARES O. 1998b. Pesquería artesanal del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el litoral norte, octubre a diciembre 1997. Inf Prog Inst Mar Perú. 77: 27-38.
- MARIÁTEGUI L, AGUILAR S, ROQUE C. 2002. Biologic-fishing results from the catches of giant squid or pota *Dosidicus gigas* in Center-Eastern Pacific waters (August-December 1996). Summary of presentations of the 2<sup>nd</sup> International Symposium of Pacific Squids. November 25-29/2002, 27-pp.
- MARIÁTEGUI L, MONROY A, SANJINEZ M, ARBOLEDA P, DÍAZ B. 2008. Informe Ejecutivo Crucero de Investigación del Calamar gigante en el BIC Kaiyo Maru 0711-12. Inf Int Inst Mar Perú. Enero de 2008: 14 p.
- MARIÁTEGUI L, PIZARRO L, BLASKOVIC' V, GOICOHEA C, VÁSQUEZ L, MARQUINA R, CRISPÍN A. 2012. El calamar gigante en el mar peruano. Crucero B/P Hakurei Maru Nº 8. Primavera 2010 y verano 2011. Inf Inst Mar Perú. 38(4): 395-413.
- MEDINA E, ARAUZ D E, GONZÁLEZ E. 1996. Análisis de las actividades pesqueras experimentales para la explotación del calamar gigante *Dosidicus gigas* con el uso de máquinas automáticas de poteras – caso de Panamá. Programa Regional de Apoyo al Desarrollo de la Pesca en el Istmo centroamericano PRADEPESCA – Convenio ALA/90/09 Unión Europea – OLDEPESCA: 1-25.
- NESIS K N. 1970. The biology of the giant squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology. 10: 108-18.
- NESIS K N. 1983. *Dosidicus gigas*. Cephalopod life cycles. Volume I.P.R. Boyle. Academic Press. New York. 215-231.

- 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.
- O'DOR R K, COELHO M L. 1993. Big squid, big currents and big fisheries. In T. Okutani, R.K. O'Dor y T. Kubodera (eds). Recent advances in cephalopod fisheries biology. Tokyo, Tokai University Press. pp. 385-369.
- RESOLUCIÓN DIRECTORAL N° 212. 1998. Publicada el 10/07/1998. PE/DNE (1991).
- RODHOUSE P G. 2005. Recursos Mundiales de Calamares. Examen de la situación de los recursos pesqueros marinos mundiales. Documento Técnico de Pesca. N° 457. Roma, FAO. 260 p.
- SAKAI M, YAMASHIRO C. (Eds.) 2012. Crucero de investigación conjunta del calamar gigante *Dosidicus gigas*. BIC Kaiyo Maru, 2011-2012.
- SEGURA M, CASTILLO R, RUBIO J, TELLO E, GUTIÉRREZ M, ALIAGA A. 1996. Crucero de investigaciones sobre el recurso calamar gigante o pota a bordo del BIC SNP-1. CR.9510-11. Inf. Prog. Inst. Mar Perú – Callao. 34: 29-65.
- Voss G. 1982. Report on the possibilities of the development of a squid fishery in Perú. RSMAS Univ. Of Miami. Florida. 22 pp.

ANEXO 1

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

F 03 - C / IMP

REGISTRO OPERACIONAL DE BARCOS CALAMAREROS

BARCO \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ OBSERVADOR \_\_\_\_\_

PESO DEL BLOQUE (kg) 1° \_\_\_\_\_ 2° \_\_\_\_\_ 3° \_\_\_\_\_ 4° \_\_\_\_\_ 5° \_\_\_\_\_ 6° \_\_\_\_\_ 7° \_\_\_\_\_ 8° \_\_\_\_\_

OPERACIÓN															
FECHA															
LATITUD DE INICIO															
LONGITUD DE INICIO															
HORA															
TIEMPO OPERACIÓN															
MAQ.															
NUMERO POTERAS															
TSM															
	INICIO														
	FIN														
PROF. CARDUMEN															
LATITUD FINAL															
LONGITUD FINAL															
AREA DE PESCA															
DIST. A LA COSTA															
1° ENTERO															
2° EVISCER.															
3° M c/a Tubo															
4° M c/a Filete															
BLOQUE	5° Manto s/a														
	6° ALETA														
	7° CABEZA														
	8°														
PRODUCCIÓN (kg)															
CAPTURA (kg)															
OBSERVACIONES															

ANEXO 2

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

F 01 - BM /IMP

MUESTREO BIOMETRICO DE INVERTEBRADOS

ESPECIE:

EMBARCACIÓN									
FECHA									
OPERACIÓN									
P. CAPTURA									
P. MUESTRA									
ÁREA									
TSM °C									
LONGITUD (CM)		LONG.		LONG.		LONG.		LONG.	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

RESPONSABLE:



ANEXO 3

F 05 - B /IMP

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

MUESTRO BIOLÓGICO DE CEFALÓPODOS

ESPECIE:

MÉTODO DE CAPTURA	OPERACIÓN	OBSERVADOR	PÁGINA N°

FECHA	POSICIÓN		PROFUNDIDAD DE PESCA m	TSM	EMBARCACIÓN	AREA DE PESCA	OBSERVACIONES									
	LATITUD	LONGITUD														
	°S	°W														
N°	L.M mm	PESO TOTAL g	PESO MANTO g	SEXO H M S N	COPULACIÓN	PESO ORGANOS REPRODUCTORES Y GLANDULAS ANEXAS				LONGITUD G. NID. DIAMETRO G. OVIDUCAL mm	MADUREZ	LLENURA ESTOMACAL	PESO CONTENIDO ESTOMACAL	PESO GLANDULA DIGESTIVA	DESCRIPCIÓN CONTENIDO ESTOMACAL	OBSERVACIONES
						TESTICULO	OVARIO	COMPLEJO ESPERMAT. OVIDUCTO Y GLAND g	SACO ESPERT. GLANDULA NIDAMEN g							
1											1 2 3 4	0 1 2 3				
2											1 2 3 4	0 1 2 3				
3											1 2 3 4	0 1 2 3				
4											1 2 3 4	0 1 2 3				
5											1 2 3 4	0 1 2 3				
6											1 2 3 4	0 1 2 3				
7											1 2 3 4	0 1 2 3				
8											1 2 3 4	0 1 2 3				
9											1 2 3 4	0 1 2 3				
0											1 2 3 4	0 1 2 3				
1											1 2 3 4	0 1 2 3				
2											1 2 3 4	0 1 2 3				
3											1 2 3 4	0 1 2 3				
4											1 2 3 4	0 1 2 3				
5											1 2 3 4	0 1 2 3				
6											1 2 3 4	0 1 2 3				
7											1 2 3 4	0 1 2 3				
8											1 2 3 4	0 1 2 3				
9											1 2 3 4	0 1 2 3				
0											1 2 3 4	0 1 2 3				





El autor con un ejemplar de calamar gigante de 127 cm de longitud de manto  
(Cr. B/P Hakurei Maru N° 8; Nov 2010 – Ene 2011)

# CAPTURA INCIDENTAL DE LA POTA (*Dosidicus gigas*) EN LA PESQUERÍA DE CERCO PERUANA

## BYCATCH OF JUMBO FLYING SQUID (*Dosidicus gigas*) IN THE PERUVIAN PURSE-SEINE FISHERY

Marilú Bouchon<sup>1</sup>Julio Limache<sup>1</sup>Dany Ulloa<sup>1</sup>

### RESUMEN

BOUCHON M, LIMACHE, J, ULLOA D. 2018. Captura incidental de la pota (*Dosidicus gigas*) en la pesquería de cerco peruana. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 212-221.- Analizamos la captura incidental de pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en la pesquería de cerco peruana, entre los años 2000 y 2015. El área de estudio correspondió al espacio comprendido entre los extremos norte y sur del dominio marítimo peruano. Se destaca la mayor captura incidental en la zona norte-centro (Extremo norte - 16°S) siendo significativamente menor al sur de los 16°S. El análisis estacional de captura incidental durante la primera temporada de pesca de la anchoveta, permite determinar que la mayor incidencia de pota se registró entre abril y junio (otoño) que en conjunto significó el 18,67% periodo coincidente con mayor cobertura (10 a 100 mn) y por ende mayor despliegue del esfuerzo pesquero. Durante la pesquería de jurel y caballa, la mayor incidencia se registró entre enero y mayo (verano-otoño), coincidente con la mayor disponibilidad del jurel, con registros hasta 230 millas de la costa. La amplia distribución de la pota en el Perú desde la zona costera hasta más allá de las 200 mn, hace que esté presente como fauna acompañante de las capturas de recursos pelágicos en las diferentes pesquerías, principalmente en el norte del Perú.

PALABRAS CLAVE: Pota, calamar gigante, pesquería de cerco peruana, pesca incidental

### ABSTRACT

BOUCHON M, LIMACHE, J, ULLOA D. 2018. Bycatch of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian purse-seine fishery. Bol Inst Mar Peru. 33(2): 212-221.- We analyzed the bycatch of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian purse-seine fishery between 2000 and 2015. The area of study corresponded to the space between the northern and southern extremes of the 200 mile Peruvian jurisdictional sea. The highest bycatch in the north-central zone (Northern tip - 16°S) is noteworthy, being significantly lower south of 16°S. The analysis of the bycatch during the first fishing season for anchoveta shows that the greatest incidence of jumbo flying squid was recorded between April and June (autumn), which together represented 18.67% of the period coinciding with the greatest coverage (10 to 100 nm) and therefore the greatest deployment of fishing effort. During the fishery for jack and chub mackerel, the highest incidence was recorded between January and May (summer-autumn), coinciding with the highest availability of jack mackerel, with records up to 230 miles from the coast. The wide distribution of *D. gigas* in Peru from the coastal zone to beyond 200 nm, makes it present as a fauna accompanying the capture of pelagic resources in the different fisheries, mainly in Northern Peru.

KEYWORDS: Jumbo flying squid, Peruvian purse-seine fishery, bycatch

## 1. INTRODUCCIÓN

La pesquería de cerco peruana tiene gran importancia económica para el país y se basa principalmente en la extracción de la anchoveta *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) cuyo destino principal es la producción de harina y aceite de pescado. Las embarcaciones de la flota pelágica en el Perú son conocidas como "bolicheras" y usan redes de cerco con abertura de malla de 13 mm (½ pulgada) para la captura de anchoveta y de 38 mm (1 ½ pulgada) para jurel y caballa (BOUCHON *et al.* 2000).

Las principales especies objetivo de la pesquería de cerco en el Perú son anchoveta *E. ringens*, sardina *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), jurel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920 y caballa *Scomber japonicus* Houttuyn,

## 1. INTRODUCTION

The Peruvian purse-seine fishery is of great economic importance for the country and is based mainly on the extraction of the anchoveta *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) whose main destination is the production of fishmeal and fish oil. Vessels from the pelagic fleet in Peru are known as *bolicheras* and use 13 mm mesh size purse seines (½ inch) for catching anchoveta and 38 mm (1 ½ inch) for catching jack and chub mackerel (BOUCHON *et al.* 2000).

The main target species of the purse-seine fishery in Peru are anchoveta *E. ringens*, sardine *Sardinops sagax* (Jenyns, 1842), jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols, 1920 and chub mackerel *Scomber japonicus* Houttuyn, 1782. However, in these catches,

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú, Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito, Callao  
Email: mbouchon@imarpe.gob.pe

1782. Sin embargo, en estas capturas suele reportarse como pesca incidental o "bycatch" algunas otras especies entre las que destaca la pota o calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835). La FAO (1997) cita que la captura incidental, involucra a aquellas especies de peces e invertebrados que no son objetivo de la pesca y que quedan atrapadas en las redes.

La pota o calamar gigante se distribuye en el Océano Pacífico, desde el Golfo de California (37°N) hasta el sur de Chile (47°S) (NESIS 1983). Habita en todos los ambientes oceánicos ocupando un papel importante en el ecosistema marino (VILLARROEL *et al.* 2001). Tiene hábitos pelágicos y ocupa las zonas alrededor del talud continental, entre la superficie y los 1200 m de profundidad; sus medidas en longitud y peso pueden alcanzar 1,2 metros de longitud de manto (2 metros de longitud total) y 50 kg, respectivamente (NESIS 1983).

*D. gigas* en el Perú es capturada comercialmente por la flota artesanal desde 1961 (YAMASHIRO *et al.* 1998) principalmente en el norte y por la flota industrial desde 1991 (TAIPE *et al.* 2001). Adicionalmente, la pota es considerada en el Perú como uno de los principales productos de exportación no tradicional (CHIRINOS *et al.* 2009).

También, este cefalópodo es conocido porque juega un papel importante en las redes alimenticias oceánicas, como predador y presa. La pota es alimento de peces pelágicos grandes como atunes, picudos, tiburones oceánicos, de cetáceos como delfines, cachalotes y ballenas piloto; focas y aves marinas (NIGMATULLIN *et al.* 2001). Ello refleja la abundancia de estos organismos en ambientes epi y mesopelágicos (VASKE 2011).

La falta de información disponible para analizar la importancia de la pesca incidental sobre la salud del ecosistema y detectar posibles cambios en su estructura y composición, así como ayudar a la gestión pesquera para la sostenibilidad de los recursos, ha conducido a este estudio, a fin de conocer el impacto de la pesquería de cerco sobre la pota, por lo que se analizó la interacción entre las capturas de la flota de cerco peruana, durante el periodo 2000 - 2015, entre la anchoveta como recurso objetivo, con el calamar gigante o pota, principal cefalópodo capturado incidentalmente, con el fin de identificar las relaciones entre los desembarques y la distribución estacional y espacial que pudieran dar oportunidad de desarrollar políticas adecuadas para el manejo de estos recursos pesqueros.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

La zona de estudio se localizó entre las latitudes 03° y 17°S en el mar jurisdiccional de Perú y la zona adyacente. El análisis está basado principalmente en los

some other species are usually reported as bycatch, such as the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835). The FAO (1997) cites that bycatch involves those species of fish and invertebrates that are not targeted by fishing and that become trapped in nets.

The jumbo flying squid is distributed in the Pacific Ocean, from the Gulf of California (37°N) to the south of Chile (47°S) (NESIS 1983). It inhabits all ocean environments occupying an important role in the marine ecosystem (VILLARROEL *et al.* 2001). It has pelagic habits and occupies the areas around the continental slope, between the surface and 1200 m depth; its measurements in length and weight can reach 1.2 m in mantle length (2 m in total length) and 50 kg, respectively (NESIS 1983).

*D. gigas* has been commercially caught by the artisanal fleet in Peru since 1961 (YAMASHIRO *et al.* 1998) mainly in the north and by the industrial fleet since 1991 (TAIPE *et al.* 2001). In addition, it is considered one of the main non-traditional export products in Peru (CHIRINOS *et al.* 2009).

Also, this cephalopod is known to play an important role in ocean food webs as a predator and prey. This species feeds large pelagic fish such as tuna, billfish, oceanic sharks, cetaceans such as dolphins, sperm whales and pilot whales; seals and seabirds (NIGMATULLIN *et al.* 2001). This reflects the abundance of these organisms in epipelagic and mesopelagic environments (VASKE 2011).

The lack of information available to analyze the importance of bycatch on the health of the ecosystem and to detect possible changes in its structure and composition, as well as to help fisheries management for the sustainability of the resources, has led to this study, in order to know the impact of the purse-seine fishery on jumbo flying squid, so the interaction between the catches of the Peruvian purse-seine fleet was analyzed, during the period 2000 - 2015, between anchoveta as a target resource, with the jumbo flying squid, the main cephalopod caught incidentally, in order to identify the relationships between landings and seasonal and spatial distribution that could provide an opportunity to develop appropriate policies for the management of these fishery resources.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The study area was located between latitudes 03° and 17°S in the Peruvian jurisdictional sea and the adjacent area. The analysis is based mainly on

datos mensuales de la serie histórica de la pesquería de cerco entre los años 2000 y 2015 y comprende la captura incidental de pota en peso (toneladas) por mes y año, según puerto de desembarque, obtenida del Programa Seguimiento de la Pesquería Pelágica del IMARPE, mediante la metodología propuesta por BOUCHON *et al.* (2001). Con el objeto de analizar la estacionalidad de las capturas incidentales, se calculó una señal anual, que consistió en el promedio mensual de la serie histórica de las capturas de pota.

Otra fuente de información biológico-pesquera es la colectada por los observadores a bordo de las embarcaciones de cerco, para lo cual el IMARPE cuenta con un Programa de Bitácoras de Pesca que viene funcionando sostenidamente desde el año 1996 hasta la actualidad. De este programa, se han obtenido los registros *in situ* de las actividades realizadas durante los viajes de pesca por un conjunto de embarcaciones de cerco desde el momento de salida del puerto hasta su retorno (BOUCHON *et al.* 2013, BOUCHON *et al.* 1997) durante los días de actividad pesquera de anchoveta y de jurel y caballa. De cada viaje se cuenta con información de captura total, depredadores superiores observados, características biométricas de las especies capturadas, características de las embarcaciones, captura descartada, captura ofrecida, zonas de pesca, captura incidental, entre otros (Joo *et al.* 2016).

La información del programa de observadores, se utilizó para confeccionar mapas de distribución espacial de las capturas incidentales de pota, georreferenciando las calas donde se presentó la especie. Estos mapas se elaboraron para cada pesquería: anchoveta y jurel-caballa, así como por estación del año. Con esa información se estimó también la frecuencia de ocurrencia (FO) mensual y anual de la pota en los lances de pesca, mediante la razón entre el número de lances con pota, respecto al total de lances muestreados expresado en porcentaje (%). Así mismo, se utilizaron las horas de cala para realizar un análisis circadiano sobre la frecuencia de ocurrencia de la presencia de pota en las pesquerías de anchoveta y de jurel-caballa.

### 3. RESULTADOS

#### Capturas incidentales

La información anual sobre capturas incidentales de pota efectuadas por la flota de cerco dirigida a la pesca de anchoveta, jurel y caballa durante el periodo 2000-2015, mostró diferentes escenarios, dependiente de la alta variabilidad del mar peruano. En ese periodo la captura incidental de pota o calamar gigante por la flota de cerco alcanzó 6.247 toneladas, que representan el 0,007% de los desembarques anchoveta en el Perú.

monthly data from the historical series of the purse-seine fishery between 2000 and 2015 and includes the bycatch of jumbo flying squid in weight (tons) by month and year, according to port of landing, obtained from the IMARPE Pelagic Fishery Monitoring Program, using the methodology proposed by BOUCHON *et al.* (2001). In order to analyze the seasonality of bycatches, an annual signal was calculated, consisting of the monthly average of the historical series of squid catches.

Another source of biological-fishing information is that collected by observers aboard purse-seiner, for which IMARPE has a Fishing Logbook Program that has been operating steadily since 1996 to date. From this program, records have been obtained *in situ* of the activities carried out during fishing trips by a group of purse-seiners from the time of departure from port until their return (BOUCHON *et al.* 2013, BOUCHON *et al.* 1997) during the days of fishing for anchoveta and jack mackerel and chub mackerel. For each trip there is information on total catch, observed top predators, biometric characteristics of the species caught, characteristics of the vessels, discarded catch, offered catch, fishing areas, bycatch, among others (Joo *et al.* 2016).

The information from the observer program was used to draw up maps of the spatial distribution of the bycatches of jumbo flying squid, georeferencing the hauls where the species was presented. These maps were prepared for each fishery: anchoveta and jack-chub mackerel, as well as by season of the year. With this information, the monthly and annual frequency of occurrence (FO) of jumbo flying squid in fishing sets was also estimated, using the ratio between the number of sets with it, with respect to the total number of sets sampled expressed as a percentage (%). Likewise, the haul hours were used to carry out a circadian analysis on the frequency of occurrence of the presence of *D. gigas* in the anchoveta and jack-chub mackerel fisheries.

### 3. RESULTS

#### Bycatches

Annual information on bycatches of jumbo flying squid by the purse-seine fleet targeting anchoveta, jack mackerel and chub mackerel during the period 2000-2015 showed different scenarios, depending on the high variability of the Peruvian sea. During this period, the bycatch of *Dosidicus gigas* by the purse-seine fleet reached 6,247 tons, representing 0.007% of the anchoveta landings in Peru.

En la Región Norte-Centro (Extremo Norte - 16°S), la mayor incidencia de pota en las capturas por la flota de cerco, se presentó durante los años 2002 y 2003, alcanzando aproximadamente 4.000 y 1.000 toneladas anuales, respectivamente (Fig. 1).

En la Región Sur, las capturas incidentales de pota fueron menores que en la Región Norte-Centro, alcanzando en promedio, durante el periodo analizado, 30 toneladas anuales (Fig. 2). Las mayores incidencias de pota se presentaron durante los años 2005 y 2007 con 70 toneladas promedio anual, relacionadas a mayores densidades de biomasa en esa área las que fueron reportadas durante los cruceros de evaluación hidroacústica.

### Estacionalidad

La flota de cerco de la Región Norte-Centro durante el periodo de estudio, presentó capturas incidentales con marcada estacionalidad (Fig. 3) mostrando mayor incidencia durante el otoño (abril a mayo, principalmente) extendiéndose hasta el invierno.

En la Región Sur, la captura incidental de pota se observó principalmente entre finales de verano y el otoño (marzo- mayo) y en diciembre (Fig. 4).

### Distribución espacial de las capturas incidentales de pota en la pesquería de cerco

La estacionalidad de la distribución espacial de las capturas incidentales de pota en la pesquería de cerco, está relacionada a factores: ambientales, tipo de pesquería (anchoveta y jurel-caballa) y temporadas de pesca. En este sentido, se analizó la incidencia de pota en las calas de pesca de anchoveta y de jurel-caballa.

En la pesquería de anchoveta, se observó mayor incidencia de pota en las calas de pesca durante otoño y primavera. En otoño se observó distribución más amplia y homogénea, relacionada con los meses de la primera temporada de pesca de anchoveta (mayo - julio), al igual que mayor cobertura y por ende mayor esfuerzo pesquero (número de embarcaciones). Durante el otoño, la captura incidental de pota abarcó el área de 10 a 100 millas de la costa (Fig. 5). Durante la primavera, también se observó alta incidencia de pota en las calas de pesca de anchoveta, que coincide con la época que corresponde a la segunda temporada de pesca (noviembre-enero del siguiente año).

La captura incidental de pota en la pesquería de jurel y caballa, mostró mayor incidencia en verano, que es coincidente con la mayor disponibilidad del jurel. Cabe destacar que se encontró incidencia de pota hasta 230 millas de la costa, de acuerdo a su condición de recurso transzonal como el jurel y la caballa (Fig. 6).

In the North-Central Region (Northern tip - 16°S), the highest incidence of jumbo flying squid in the catches by the purse-seine fleet occurred during 2002 and 2003, reaching approximately 4,000 and 1,000 tons annually, respectively (Fig. 1).

In the Southern Region, the bycatch of jumbo flying squid was lower than in the Northern-Central Region, reaching an average of 30 tons per year during the analyzed period (Fig. 2). The highest incidences of jumbo flying squid occurred during the years 2005 and 2007 with an annual average of 70 tons, related to higher biomass densities in that area, which were reported during the hydroacoustic assessment surveys.

### Seasonality

The purse-seine fleet of the Northern-Central Region during the study period presented bycatches with noticeable seasonality (Fig. 3) showing greater incidence during the fall (April to May, mainly) extending into winter.

In the Southern Region, the bycatch was observed mainly between late summer and autumn (March-May) and in December (Fig. 4).

### Spatial distribution of bycatch of jumbo flying squid in the purse-seine fishery

The seasonality of the spatial distribution of the bycatch of jumbo flying squid in the purse-seine fishery is related to factors such as: environmental, type of fishery (anchoveta and jack-chub mackerel) and fishing seasons. In this regard, the incidence of jumbo flying squid in anchoveta and jack mackerel-chub mackerel fishing hauls was analyzed.

In the anchoveta fishery, a higher incidence of *D. gigas* was observed in the fishing hauls during autumn and spring. In autumn, a wider and more homogeneous distribution was observed, related to the months of the first anchoveta fishing season (May-July), as well as greater coverage and therefore greater fishing effort (number of vessels). During the autumn, the bycatch of jumbo flying squid covered the area from 10 to 100 miles from the coast (Fig. 5). During the spring, a high incidence of jumbo flying squid was also observed in the anchoveta fishing hauls, which coincides with the season corresponding to the second fishing season (November-January of the following year).

The bycatch of jumbo flying squid in the jack mackerel and chub mackerel fishery showed a higher incidence in summer, which coincides with the higher availability of jack mackerel. It should be noted that an incidence of jumbo flying squid was

Tabla 1.- Variabilidad mensual de la presencia de pota o calamar gigante (frecuencia de ocurrencia) en las calas de las pesquerías de cerco de anchoveta y jurel - caballa durante el periodo 1999 – 2015

Table 1. Monthly variability of the presence of jumbo flying squid (frequency of occurrence) in the hauls of the purse-seine fisheries for anchoveta and jack - chub mackerel during the period 1999 - 2015

Meses	Flota anchoveta Anchoveta fleet		Flota de jurel y caballa Jack and chub mackerel fleet		Total	
	Nº calas Hauls number	Frecuencia de ocurrencia (%) Frequency of occurrence (%)	Nº calas Hauls number	Frecuencia de ocurrencia (%) Frequency of occurrence (%)	Nº calas Hauls number	Frecuencia de ocurrencia (%) Frequency of occurrence (%)
Enero January	1234	2,35	1214	13,34	2448	7,80
Febrero February	597	2,35	758	15,57	1355	9,74
Marzo March	1846	4,77	453	11,26	2299	6,05
Abril April	5671	5,89	161	14,29	5832	6,12
Mayo May	6617	6,86	24	16,67	6641	6,90
Junio June	4916	5,92	60	3,33	4976	5,89
Julio July	2254	4,44	170	8,82	2424	4,74
Agosto August	128	3,91	197	1,52	325	2,46
Setiembre September	49	0	124	1,61	173	1,16
Octubre October	992	0,71	250	0,80	1242	0,72
Noviembre November	3976	4,15	76	2,63	4052	4,12
Diciembre December	3041	4,77	80	11,25	3121	4,93
Total	31321	5,21	3567	10,82	34888	5,80

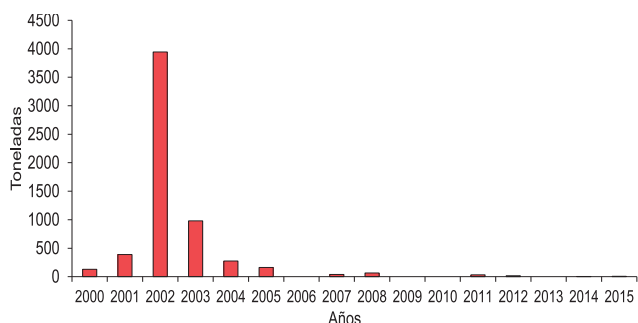


Figura 1.- Capturas incidentales (toneladas) de pota en la pesquería de cerco de la Región Norte-Centro del litoral peruano

Figure 1. Bycatches (tons) of jumbo flying squid in the purse-seine fishery of the Northern-Central Region of the Peruvian coast

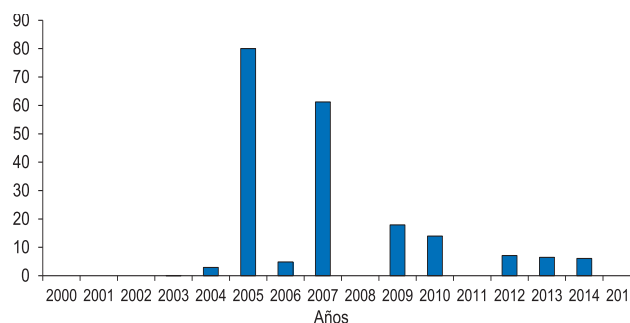


Figura 2.- Capturas incidentales (toneladas) de pota en la pesquería de cerco de la Región Sur del litoral peruano

Figure 2. Bycatches (tons) of jumbo flying squid in the purse-seine fishery of the Southern Region of the Peruvian coast

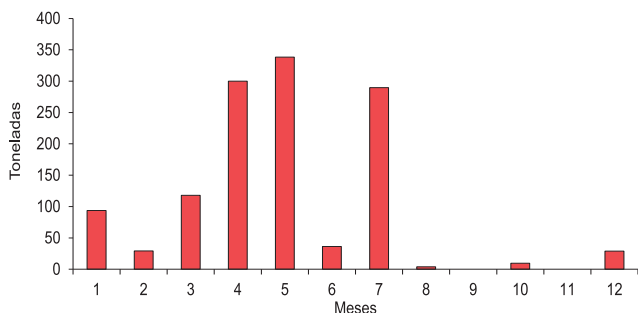


Figura 3.- Estacionalidad de la captura incidental de pota o calamar gigante en la pesquería de cerco en la Región Norte-Centro

Figure 3. Seasonality of the bycatch of jumbo flying squid in the purse-seine fishery in the Northern-Central Region

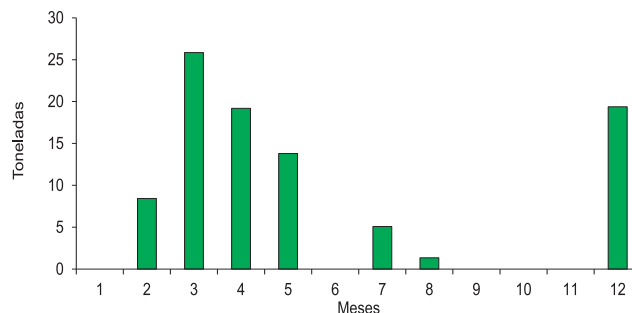


Figura 4.- Estacionalidad de la captura incidental de pota o calamar gigante en la pesquería de cerco en la Región Sur

Figure 4. Seasonality of the bycatch of jumbo flying squid in the purse-seine fishery in the Southern Region



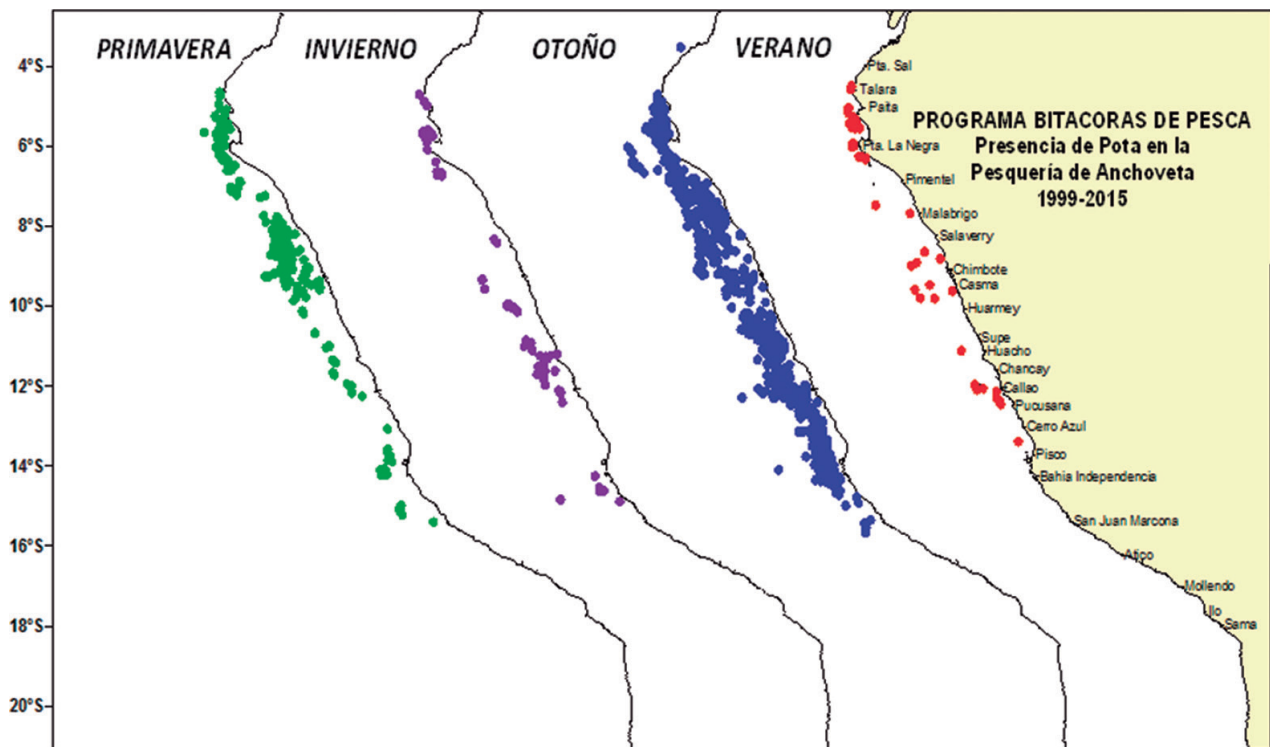


Figura 5.- Distribución espacial de la captura incidental de pota o calamar gigante en la pesquería de anchoveta, según estaciones del año

Figure 5. Spatial distribution of the bycatch of jumbo flying squid in the anchoveta fishery, by season of the year

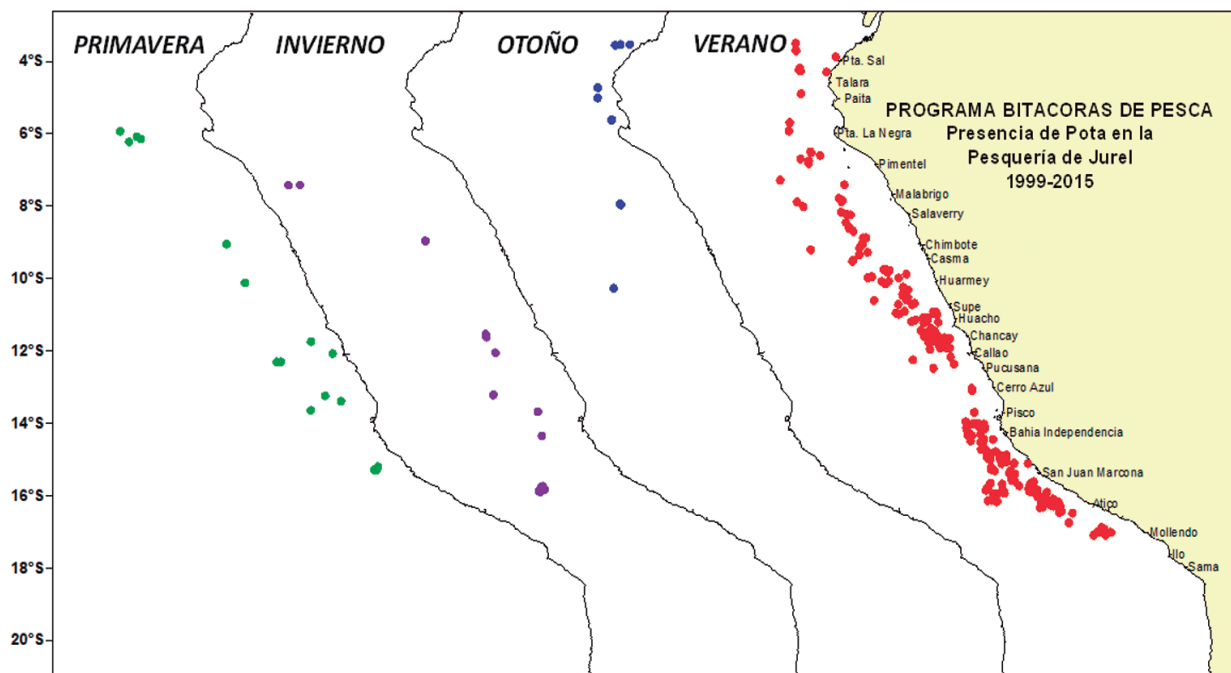


Figura 6.- Distribución espacial de la captura incidental de pota o calamar gigante en la pesquería de jurel y caballa, según estaciones del año

Figure 6. Spatial distribution of the bycatch of jumbo flying squid in the jack and chub mackerel fishery, by season of the year

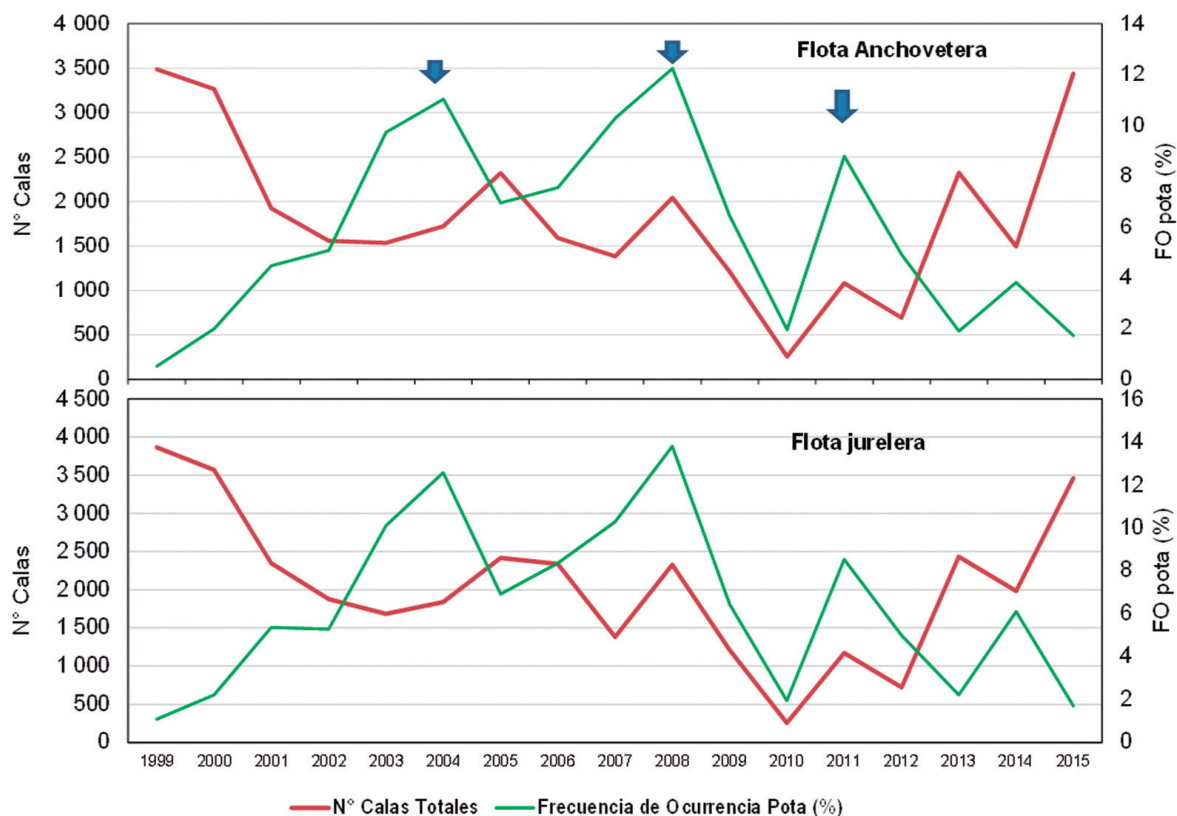


Figura 7.- Variabilidad anual de la presencia de pota o calamar gigante (frecuencia de ocurrencia) en las calas de las pesquerías de cerco de anchoveta y jurel - caballa durante el periodo 1999 – 2015

Figure 7. Annual variability of the presence of jumbo flying squid (frequency of occurrence) in the hauls of the purse-seine fisheries for anchoveta and jack - chub mackerel during the period 1999 - 2015

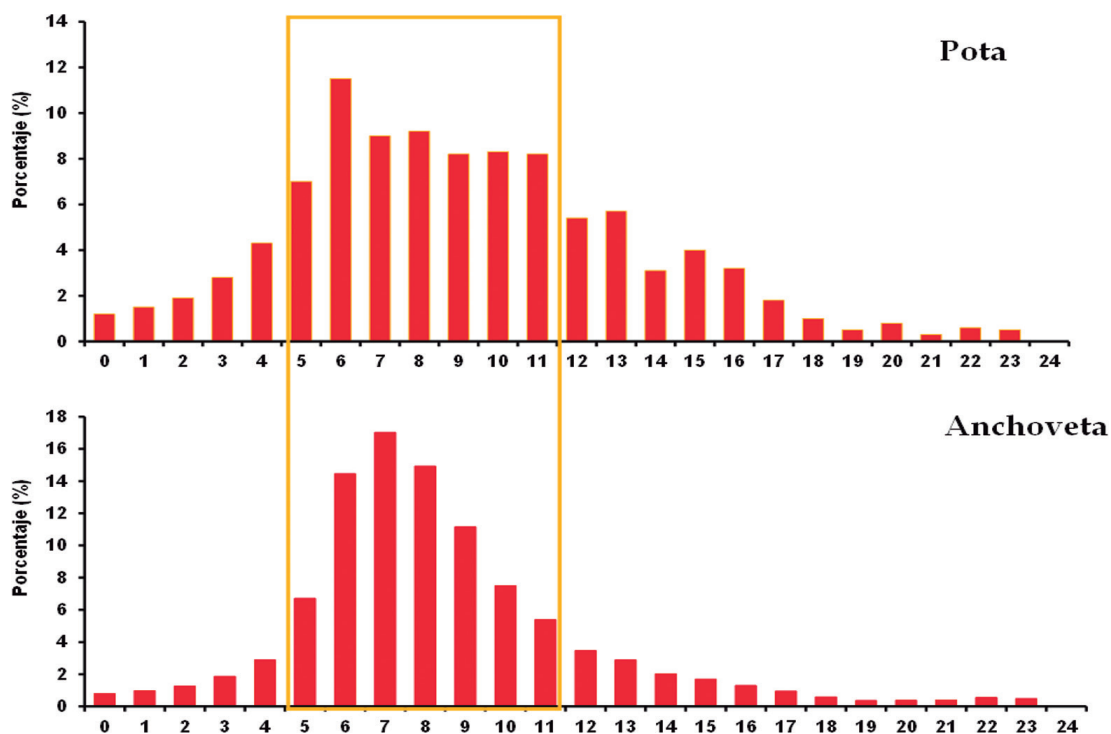


Figura 8.- Variabilidad circadiana de la presencia de pota o calamar gigante en la pesquería de cerco de anchoveta. Periodo 2000 – 2015

Figure 8. Circadian variability of the presence of jumbo flying squid in the anchoveta purse-seine fishery. Period 2000 - 2015

En la Tabla 1 se da a conocer la presencia de pota (frecuencia de ocurrencia) mensual en la pesquería de cerco destinada a la pesca de anchoveta y jurel - caballa en el mar peruano durante el periodo 1999 - 2015. Durante este periodo se muestrearon 34.888 calas con pesca (positivas) de estos recursos, de las cuales el 5,80% reportaron incidencia de pota. Así mismo, la mayor frecuencia de ocurrencia de pota se presentó en verano y otoño.

El análisis anual, permitió observar que la mayor frecuencia de ocurrencia de pota en la flota de cerco de ambas especies, se presentó en los periodos 2003-2004, 2007-2008 y 2011 y coincide con la mayor disponibilidad de pota en el litoral peruano durante esos periodos (Fig. 7).

En cuanto a la variabilidad circadiana de la incidencia de pota en la pesquería de cerco, se examinaron 1.632 lances de la pesquería de anchoveta. Las horas de los lances, cuando se presentaron algunas incidencias de pota, fluctuaron entre las 0 y 23 horas, con marcada presencia entre 5 y 11 horas, que coincide con las horas de pesca de anchoveta (Fig. 8).

#### 4. DISCUSIÓN

La especie analizada es un molusco cefalópodo cuya distribución en el mar peruano es a lo largo de todo el litoral y presenta concentraciones entre 03°30' y 10°S y entre 13° y 16°S (MARIÁTEGUI y TAIPE 1996, YAMASHIRO *et al.* 1997, MARIÁTEGUI 2004, 2009). Esta especie migra para alimentarse en las aguas productivas del Sistema de la Corriente de Humboldt, motivo por el cual la hace coincidir en tiempo y espacio con la actividad de la flota de cerco industrial que opera sobre la anchoveta, el jurel y la caballa. No sorprende por tanto, que sus capturas incidentales se concentren en la Región Norte-Centro (Extremo Norte - 16°S), donde se aplican los mayores niveles de esfuerzo por parte de esa flota (Fig. 1).

Los desembarques de calamar gigante señalan dos periodos de abundancia: el primero entre 1991 y 1995 y el segundo de 1999 al 2010 (MARIÁTEGUI *et al.* 2011). En ese sentido, las mayores incidencias de pota se presentaron en los años 2003-2004, 2007-2008 y 2011, correspondientes a condiciones ambientales frías de alta productividad con mayor disponibilidad del recurso en el Perú (MARIÁTEGUI 2009, FLORES *et al.* 2016).

Así mismo, LORRAIN *et al.* (2011) señalan que la variabilidad en la distribución de la pota, estaría

found up to 230 miles from the coast, according to its condition as a straddling resource such as jack mackerel and chub mackerel (Fig. 6).

Table 1 shows the monthly presence of jumbo flying squid (frequency of occurrence) in the purse-seine fishery for anchoveta and jack mackerel-chub mackerel in the Peruvian sea during the period 1999-2015. During this period, 34,888 hauls were sampled with (positive) fishing of these resources, of which 5.80% reported an incidence of *D. gigas*. Also, the highest frequency of occurrence of it occurred in summer and autumn.

The annual analysis showed that the highest frequency of occurrence of jumbo flying squid in the purse-seine fleet of both species occurred in the periods 2003-2004, 2007-2008 and 2011, and coincides with the highest availability of it on the Peruvian coast during these periods (Fig. 7).

Regarding the circadian variability of the incidence of jumbo flying squid in the purse-seine fishery, 1,632 sets of the anchoveta fishery were examined. The hours of the hauls, when there were some incidences of jumbo flying squid, fluctuated between 0 and 23 hours, with a marked presence between 05 and 11 hours, which coincides with the hours of fishing for anchoveta (Fig. 8).

#### 4. DISCUSSION

The species analyzed is a cephalopod mollusk whose distribution in the Peruvian sea is along the entire coastline and presents concentrations between 03°30' and 10°S and between 13° and 16°S (MARIÁTEGUI & TAIPE 1996, YAMASHIRO *et al.* 1997, MARIÁTEGUI 2004, 2009). This species migrates to feed in the productive waters of the Humboldt Current System, which is why it coincides in time and space with the activity of the industrial purse-seine fleet operating on anchoveta, jack mackerel and chub mackerel. It is not surprising, therefore, that their bycatches are concentrated in the Northern-Central Region (Northern Tip - 16°S), where the highest levels of effort by this fleet are applied (Fig. 1).

Landings of jumbo flying squid indicate two periods of abundance: the first one between 1991 and 1995 and the second one from 1999 to 2010 (MARIÁTEGUI *et al.* 2011). In this sense, the highest incidences of it occurred in the years 2003-2004, 2007-2008 and 2011, corresponding to cold environmental conditions of high productivity with greater availability of the resource in Peru (MARIÁTEGUI 2009, FLORES *et al.* 2016).

relacionada con el alto grado de plasticidad de la especie y su alto potencial de adaptación a la variabilidad ambiental. Nuestros resultados confirman la disponibilidad de la pota no solo en verano, cuando fueron capturadas por la pesquería de cerco para jurel y caballa, sino también durante otoño y primavera, como captura incidental en la pesquería de anchoveta.

Por otro lado, los resultados de este estudio indican que la pota se localiza en la superficie del mar, tanto en la noche como en el día. BAKER (1960), YATSU *et al.* (1999), ROPER y YOUNG (1975), CLARKE (1966), indican que la pota se localiza generalmente en la superficie del mar en la noche y realiza migraciones verticales de varios cientos de metros.

Así mismo, reportaron presencia de pota por la noche en la superficie y en algunas ocasiones, durante el día. Sin embargo, de acuerdo a nuestros resultados se le ha observado en el día. Esto explicaría su presencia en las capturas de la flota de cerco, debido a que las capturas de anchoveta se realizan preferentemente entre las 05:00 y 11:00 horas del día.

## 5. CONCLUSIONES

El estudio sobre captura incidental tiene gran importancia por ser la base para la incorporación a corto o mediano plazo de nuevas tecnologías (ecológicas, matemáticas, genéticas, etc.) que permitirán disminuir las brechas de conocimiento existente y posibilitar la construcción de indicadores de salud del ecosistema, coadyuvar al manejo ecosistémico de los recursos pesqueros, así como para la elaboración de programas o planes de ordenamiento pesquero.

La pesca incidental de pota o calamar gigante por la flota de cerco, entre 1999 y 2015 representó el 0,007% de los desembarques de anchoveta en el Perú.

La mayor incidencia de pota en la pesquería de cerco en los años 2003-2004, 2007-2008 y 2011, respondería a condiciones ambientales frías de alta productividad con mayor disponibilidad de pota en el mar peruano.

La pota o calamar gigante presenta alta variabilidad como captura incidental en la pesquería de cerco en el mar peruano. Por las características propias de la especie, su disponibilidad depende del ambiente, influenciada también por las temporadas de pesca y tipo de pesquería (anchoveta y jurel-caballa).

Likewise, LORRAIN *et al.* (2011) point out that the variability in the distribution of jumbo flying squid would be related to the high degree of plasticity of the species and its high potential for adaptation to environmental variability. Our results confirm its availability not only in summer, when they were caught by the jack-chub mackerel purse seine fishery, but also during fall and spring, as bycatch in the anchoveta fishery.

On the other hand, the results of this study indicate that jumbo flying squid are located on the surface of the sea, both at night and during the day. BAKER (1960), YATSU *et al.* (1999), ROPER & YOUNG (1975), CLARKE (1966), indicate that it is generally located on the sea surface at night and make vertical migrations of several hundred meters.

They also reported the presence of jumbo flying squid at night on the surface and sometimes during the day. However, according to our results it has been observed during the day. This would explain their presence in the catches of the purse-seine fleet, since the anchoveta catches are preferably made between 05:00 and 11:00 hours a day.

## 5. CONCLUSIONS

The study on bycatch is very important because it is the basis for the incorporation in the short or medium term of new technologies (ecological, mathematical, genetic, etc.) that will allow the reduction of existing knowledge gaps and enable the construction of ecosystem health indicators, contribute to the ecosystem management of fisheries resources, as well as for the development of fisheries management programs or plans.

Bycatch of jumbo flying squid by the purse-seine fleet between 1999 and 2015 accounted for 0.007% of anchoveta landings in Peru.

The higher incidence of *D. gigas* in the purse-seine fishery in the years 2003-2004, 2007-2008 and 2011, would respond to cold environmental conditions of high productivity with greater availability of this species in the Peruvian sea.

The jumbo flying squid presents high variability as bycatch in the purse-seine fishery in the Peruvian territorial sea. Due to the specific characteristics of the species, its availability depends on the environment, also influenced by the fishing seasons and type of fishery (anchoveta and jack mackerel-chub mackerel).

## 6. REFERENCIAS/REFERENCES

- BAKER A DE C. 1960. Observations of squid at the surface in the NE Atlantic. *Deep-Sea Res.* 6: 206-210.
- BOUCHON M, ÑIQUE M, ARIAS-SCHREIBER M, BELLO R. 1997. Manual de Operaciones del Proyecto Bitácoras de Pesca. *Inf Prog Inst Mar Perú.* 74: 44 pp.
- BOUCHON M, CAHUÍN S, DÍAZ E, ÑIQUE M. 2000. Captura y esfuerzo pesquero de la pesquería de anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). *Bol Inst Mar Perú.* 19 (1 y 2): 109 – 116.
- BOUCHON M, ÑIQUE M, MORI J, ECHEVERRÍA A, CAHUÍN S. 2001. Manual de muestreo de la pesquería pelágica. *Inf Prog Inst Mar Perú.* 157: 14 pp.
- BOUCHON M, PEÑA C, LIMACHE J, DIAZ E. 2013. On board fisheries observer program: “logbook”: towards the ecosystem-based approach in Peru. *Proceedings of the 7<sup>th</sup> International Fisheries Observer and Monitoring Conference.* Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Chile. 46-49.
- CLARKE M R. 1966. A review of the systematics and ecology of oceanic squids. *Adv. Mar. Biol.* 4: 91-300.
- CHIRINOS O, ADACHI L, DE LA TORRE C, ORTEGA A, RAMÍREZ P. 2009. Industrialización y exportación de derivados de la pota. *Universidad ESAN (Serie Gerencia Global; 15).* 134 p.
- FAO. 1997. Comité de Pesca. 22<sup>o</sup> período de sesiones. Las Capturas Incidentales y los Descartes en la Pesca. Roma, Italia, 17-20 de marzo de 1997. COFI/97/Inf.7. Extraído de: <http://www.fao.org/docrep/meeting/w3862s.htm> (20/03/2017).
- FLORES O, SEGURA M, ALIAGA A. 2016. Biomasa y distribución del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el mar peruano aplicando el método hidroacústico: 1999 - verano 2015. *Inf Inst Mar Perú.* 43 (1): 5-10.
- JOO R, GRADOS D, BOUCHON M, DÍAZ E. 2016. Tamaño óptimo de muestra del programa de observadores a bordo de la flota dirigida a la explotación de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*). *Revista peruana de biología.* 23(2): 169 - 182. doi: <http://dx.doi.org/10.15381/rpb.v23i2.12429>
- LORRAIN A, ARGÜELLES J, ALEGRE A, BERTRAND A, MUNARON J-M, RICHARD P, CHEREL Y. 2011. Sequential isotopic signature along gladius highlights contrasted individual foraging strategies of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *PLoS ONE* 6(7): e22194. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022194>
- MARIÁTEGUI L, TAIPE A. 1996. Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. *Inf Prog Inst Mar Perú.* 34: 3-27.
- MARIÁTEGUI L. 2004. Distribución, concentración y abundancia relativa del calamar gigante *Dosidicus gigas* asociada a la temperatura superficial del mar en el Perú, durante 1991-1996. Tesis para optar grado de Maestro en Ciencias del Mar. Universidad Nac. Federico Villarreal, Lima-Perú. 84 pp.
- MARIÁTEGUI L. 2009. Pesquería sostenible del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835), en el mar peruano. Tesis para optar grado de Doctor en Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. Universidad Nac. Federico Villarreal, Lima-Perú. 175 pp.
- MARIÁTEGUI L, PIZARRO L, BLASCOVIC V, GOICOCHEA C, VÁSQUEZ L, MARQUINA R, CRISPÍN A. 2011. El calamar gigante en el mar peruano. Crucero B/P Hakurei Maru N° 8. Primavera 2010 y verano 2011. *Inf Inst Mar Perú.* 38 (4): 395 – 413.
- NESIS K N. 1983. *Dosidicus gigas*. Cephalopod life cycles, Volume I.P.R. Boyle. Academic Press. New York. 215-231.
- NIGMATULLIN C M, NESIS K N, ARKHIPKIN A I. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Fish. Res.* 54: 9–19.
- ROPER C F E, YOUNG R E. 1975. Vertical distribution of pelagic cephalopods Smithson. *Contrib.* 2001(209): 51 p.
- TAIPE A, YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, ROJAS P, ROQUE C. 2001. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fish Res.* 54: 21-32.
- VASKE T. 2011. Are deep sea cephalopods really common preys for oceanic seabirds? *Biota Neotrop.* 11: 177-180.
- VILLARROEL J, VEGA M, ACUÑA E. 2001. Cefalópodos recolectados en la pesquería de crustáceos de la zona norte y centro-sur de Chile. *Rev. Biología Marina y Oceanografía.* 36(1): 83 – 97.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, TAIPE A. 1997. Cambios en la distribución y concentración del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) frente a la costa peruana durante 1991-1995. *Inf Progr Inst Mar Perú.* (52): 3 – 40.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, RUBIO J, ARGÜELLES J, TAFUR R, TAIPE A, RABÍ M. 1998. Jumbo flying squid fishery in Peru. 119-125 pp. In Okutani, T. (Ed.), *Contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids*, Tokyo. July 18-19, 1996. JAMARC. 269 pp.
- YATSU A, TAFUR R, MARAVI C. 1999. Embryos and Rhynchoteuthion paralarvae of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) obtained through artificial fertilization from Peruvian waters. *Fish. Sci.* 65: 904-908.

# SISTEMA DE MONITOREO DE LA PESQUERÍA DEL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* EN EL PERÚ

## MONITORING SYSTEM FOR THE JUMBO FLYING SQUID *Dosidicus gigas* FISHERY IN PERU

C. Yamashiro<sup>1</sup>      L. Mariátegui      R. Tafur      G. Castillo      J. Argüelles  
C. Goicochea      A. Alegre      J. Sánchez      A. Taipe      M. Sanjinez

### RESUMEN

YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, TAFUR R, CASTILLO G, ARGÜELLES J, GOICOCHEA C, ALEGRE A, SÁNCHEZ J, TAIPE A, SANJINEZ M. 2018. Sistema de monitoreo de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 222-252.- Se presenta la metodología para la obtención de información biológica, pesquera y poblacional del calamar gigante o pota *Dosidicus gigas* en el mar peruano que se aplica en el Instituto del Mar del Perú, para el registro sistemático de estadísticas de pesca y aspectos biológicos y poblacionales de la especie en los principales lugares de desembarque, laboratorios de investigación y a bordo de embarcaciones pesqueras y científicas. El propósito del presente documento es brindar una herramienta estandarizada de muestreo y registro de datos que contribuya a la generación de información confiable y comparable, para la adopción de decisiones oportunas orientadas al ordenamiento pesquero del calamar gigante.

PALABRAS CLAVE: *Dosidicus gigas*, sistema de monitoreo, pesquería, Perú

### ABSTRACT

YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, TAFUR R, CASTILLO G, ARGÜELLES J, GOICOCHEA C, ALEGRE A, SÁNCHEZ J, TAIPE A, SANJINEZ M. 2018. Monitoring system for the jumbo flying squid fishery *Dosidicus gigas* in Peru. *Bol Inst Mar Peru*. 33(2): 222-252.- It presents the methodology for obtaining biological, fishing and population information of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in the 200 mile Peruvian sea that is applied in the Peruvian Research Marine Institute (IMARPE in Spanish) for the systematic recording of fishery statistics, biological and population aspects of the species in the main landing sites, research laboratories and aboard fishing and scientific vessels. The purpose of this document is to provide a standardized sampling and data recording tool that contributes to the generation of reliable and comparable information for the adoption of timely decisions oriented to the management of jumbo flying squid fisheries.

KEYWORDS: *Dosidicus gigas*, monitoring system, fishery, Peru

## 1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) es una especie nerítico-oceánica de amplia distribución en el Pacífico este, desde México hasta Chile (NESIS 1983, NIGMATULIN *et al.* 2001) llegando a ampliar su extensión latitudinal hasta las costas de Alaska (HATFIELD y HOCHBERG 2006, SEIDBERG y ROBISON 2007, STAAF *et al.* 2008, FIELD *et al.* 2007, JEREB y ROPER 2010) y sur de Chile (FIELD *et al.* 2007, ZEIDBERG y ROBISON 2007, KEYL *et al.* 2008, JEREB y ROPER 2010, OKUTANI 2015); la distribución abarcó desde 60°N hasta 50°S (KEYL *et al.* 2008). Longitudinalmente se distribuye hasta 125-140°W en la zona ecuatorial (NESIS 1983) presentándose más costero al sur de los trópicos 30°N y 30°S (Fig. 1).

Como las demás especies de calamares, es un recurso de vida corta, con desove monocíclico, cuya puesta ocurre en tandas separadas en una sola época no existiendo regeneración ovárica. Es una estrategia de desove múltiple durante el cual la especie no deja de crecer (HARMAN *et al.* 1989, ROCHA *et al.* 2001, TAFUR 1997). *D. gigas* es una especie oportunista que responde

## 1. INTRODUCTION

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) is a widely distributed neritic-oceanic species in the Eastern Pacific, from Mexico to Chile (NESIS 1983, NIGMATULIN *et al.* 2001) extending its latitudinal range to the coast of Alaska (HATFIELD & HOCHBERG 2006, SEIDBERG & ROBISON 2007, STAAF *et al.* 2008, FIELD *et al.* 2007, JEREB & ROPER 2010) and Southern Chile (FIELD *et al.* 2007, ZEIDBERG & ROBISON 2007, KEYL *et al.* 2008, JEREB & ROPER 2010, OKUTANI 2015); the distribution ranged from 60°N to 50°S (KEYL *et al.* 2008). It is distributed longitudinally up to 125-140°W in the equatorial zone (NESIS 1983) and is more coastal south of the tropics 30°N and 30°S (Fig. 1).

Like the other squid species, it is a short-lived resource, with monocyclic spawning, whose laying occurs in separate batches in a single period, with no ovarian regeneration. It is a multiple spawning strategy during which the species does not stop growing (HARMAN *et al.* 1989, ROCHA *et al.* 2001,

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú, Esquina Gamarra y General Valle s/n, Chucuito, Callao  
Email: cyamashiro@imarpe.gob.pe

rápido a los cambios ambientales, lo que determina que sus poblaciones muestren grandes variaciones entre generaciones, que es reflejo de los cambios en los reclutamientos (NIGMATULIN *et al.* 2001, RODHOUSE 2001).

En la última década se ha evidenciado que los volúmenes de desembarque de la pesquería artesanal peruana se han incrementado de manera significativa, sustentados principalmente en la alta disponibilidad del recurso frente a la costa.

Entre los años 2007-2016, esta especie representó alrededor del 90% del total desembarcado por la pesquería artesanal y fue dedicada principalmente a la exportación. Desde el inicio de la pesquería, al comenzar la década de los años 1990, el Instituto del Mar del Perú realizó el monitoreo biológico-pesquero del calamar gigante en los principales lugares de desembarque y a bordo de la flota pesquera; asimismo, desde los años 1980 efectuó prospecciones y cruceros de investigación complementados con observaciones oceanográficas para determinar el estado del recurso y sus interrelaciones con el ambiente marino, cuyos resultados han contribuido a orientar su ordenamiento pesquero.

Considerando la relevancia del calamar gigante en la pesquería nacional peruana, como la segunda especie de importancia económica y comercial, su rol social como fuente de alimentación, trabajo y divisas, así como su función en la cadena trófica del ecosistema marino, fue prioritario establecer los mecanismos para la obtención estandarizada de información biológico-pesquera y poblacional, que permita disponer de indicadores comparables y oportunos para la toma de decisiones en el manejo pesquero.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El sistema de monitoreo de la pesquería del calamar gigante soporta y alimenta permanentemente una base de datos con información de las flotas artesanal e industrial del calamar gigante y de los cruceros de investigación efectuados en el periodo 1991-2016. Se presentan las metodologías empleadas para la obtención de estadísticas de pesca referidas a datos de captura, esfuerzo y áreas de extracción en los principales lugares de desembarque, así como los procedimientos de muestreo del calamar gigante en laboratorio y a bordo de embarcaciones pesqueras y científicas, especificándose los métodos de colecta, almacenamiento y análisis de estructuras reproductivas, contenidos estomacales y estatolitos.

### LUGARES DE MUESTREO

Debido a la amplia distribución del calamar gigante, el monitoreo de su pesquería y la investigación del recurso

(TAFUR 1997). *D. gigas* is an opportunistic species that responds rapidly to environmental changes, resulting in large intergenerational variations in its populations, reflecting changes in recruitment (NIGMATULIN *et al.* 2001, RODHOUSE 2001).

In the last decade, it has become noticeable that the landing volumes of the Peruvian artisanal fishery have increased significantly, supported mainly by the high availability of the resource off the coast.

Between 2007 and 2016, this species accounted for about 90% of the total landed by the artisanal fishery and was mainly exported. Since the start of the fishery, at the beginning of the 1990s, the Peruvian Marine Research Institute carried out biological and fishing monitoring of jumbo flying squid in the main landing sites and aboard the fishing fleet. Since the 1980s, it has also carried out research surveys and cruises complemented by oceanographic observations to determine the state of the resource and its interrelationships with the marine environment, the results of which have helped to guide its fisheries management.

Considering the relevance of the jumbo flying squid in the Peruvian national fishery, as the second species of economic and commercial importance, its social role as a source of food, work and foreign exchange, as well as its function in the food chain of the marine ecosystem, it was a priority to establish the mechanisms for the standardized obtaining of biological-fishing and population information, which allows for the availability of comparable and timely indicators for decision-making in fisheries management.

## 2. MATERIAL AND METHODS

The monitoring system for the jumbo flying squid fishery permanently supports and feeds a database with information on the artisanal and industrial jigger fleets and survey cruises carried out in the period 1991-2016. The methodologies used to obtain fishing statistics on catch, effort and extraction area data at the main landing sites are presented, as well as the sampling procedures for jumbo flying squid in the laboratory and aboard fishing and scientific vessels, specifying the collection, storage and analysis methods for reproductive structures, stomach and statolith contents.

### SAMPLING SITES

Due to the wide distribution of the jumbo flying squid, the monitoring of its fishery and the research

abarca todo el ámbito del mar peruano. Participan en esta tarea las Sedes Regionales del IMARPE en Tumbes, Paita, Santa Rosa, Huanchaco, Chimbote, Huacho, Pisco, Camaná e Ilo y la coordinación es asumida por el Área Funcional de Investigaciones de Invertebrados Marinos y Macroalgas con sede en el Callao (Fig. 2).

La investigación comprende cuatro etapas:

- 1) Obtención de la muestra que se realiza a través del seguimiento de la pesquería, a niveles artesanal e industrial y de los cruceros de investigación.
- 2) Registro de información biométrica y biológica, estadísticas de pesca, observaciones a bordo y observaciones ambientales.
- 3) Análisis de la información para determinar los indicadores biológicos (tallas, madurez, pesos, factor de condición, espectro trófico), pesqueros (captura, esfuerzo, captura por unidad de esfuerzo-CPUE, áreas de pesca), poblacionales (abundancia, crecimiento, reclutamiento, mortalidad) y ambientales (temperatura superficial del mar-TSM, anomalías TSM y otros índices).
- 4) Diagnóstico del recurso y la pesquería con base en la información del seguimiento de pesquerías y cruceros de investigación, para la formulación de las recomendaciones de manejo pesquero (Fig. 3).

El diagrama de flujo del seguimiento de la pesquería del calamar gigante se presenta en la figura 4. El proceso se inicia con la obtención de muestras y registro de información, y se consideran tres segmentos principales:

**Segmento 1. Muestreo:** la toma de muestras se realiza en los muelles pesqueros, a bordo de embarcaciones comerciales y en las plantas de procesamiento, para llevar a cabo los muestreos biométricos que son aleatorios y los muestreos biológicos que son estratificados por tallas, a partir de un muestreo biométrico previo.

**Segmento 2. Registro de pesca:** los datos de captura, esfuerzo y áreas de pesca se obtienen en los muelles pesqueros, en los cuales se disponen de observadores de campo y se complementan con datos recopilados a bordo de las embarcaciones comerciales y en plantas de procesamiento. La información conseguida por los observadores de campo es ponderada al desembarque total oficial reportado por el Ministerio de la Producción.

En el caso de las embarcaciones industriales se ha implementado un Sistema de Seguimiento Satelital – SISESAT para el monitoreo, control y vigilancia en tiempo real de las áreas de pesca, mediante el uso del sistema ARGOS (PAULINO *et al.* 2016), el

of the resource covers the entire Peruvian sea area. The IMARPE Regional Offices in Tumbes, Paita, Santa Rosa, Huanchaco, Chimbote, Huacho, Pisco, Camaná and Ilo participate in this task and the coordination is assumed by the Functional Area of Marine Invertebrates and Macroalgae Research based in Callao (Fig. 2).

The research comprises four stages:

- 1) Obtaining the sample that is carried out through the monitoring of the fishery, at artisanal and industrial levels, and through research cruises.
- 2) Biometric and biological information recording, fishery statistics, onboard observations and environmental observations.
- 3) Analysis of information to determine biological (size, maturity, weights, condition factor, trophic spectrum), fishery (catch, effort, catch per unit effort - CPUE, fishing areas), population (abundance, growth, recruitment, mortality) and environmental (sea surface temperature -SST, SST anomalies and other indices) indicators.
- 4) Diagnosis of the resource and the fishery based on information from fisheries monitoring and survey cruises, for the formulation of fisheries management recommendations (Fig. 3).

The flow chart of the monitoring of the jumbo flying squid fishery is presented in Figure 4. The process begins with sampling and recording information, and three main segments are considered:

**Segment 1. Sampling:** the collection of samples is carried out at the fishing piers, aboard commercial vessels and in processing plants, to carry out biometric sampling corresponding to random sampling and biological sampling that is size stratified sampling, based on prior biometric sampling.

**Segment 2. Fishing record:** catch, effort and fishing area data are obtained from fishing docks, where field observers are available and supplemented by data collected on board commercial vessels and in processing plants. The information obtained by the field observers is weighted to the total official landing reported by the Ministry of Production.

In the case of industrial vessels, a SISESAT Satellite Tracking System has been implemented to monitor, control and surveillance of fishing areas in real time, using the ARGOS system (PAULINO *et al.* 2016), which is complemented by satellite images of pixels of luminosity obtained through the VIIRS



cual se complementa con imágenes satelitales de píxeles de luminosidad obtenidos a través del sensor VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) a bordo del satélite NPP administrado por la National Aeronautics and Space Administration – NASA<sup>2</sup>.

**Segmento 3. TSM, ATSM y otros índices:** se registran los datos de TSM y ATSM de los reportes mensuales de la Dirección General de Investigaciones Oceanográficas y Cambio Climático de IMARPE y se complementan con el registro de otros índices oceanográficos procedentes de la National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA<sup>3</sup>, el Índice Costero El Niño-ICEN del Instituto Geofísico del Perú<sup>4</sup>, entre otros.

### FLOTAS PESQUERAS

La actividad pesquera del calamar gigante se realiza mediante las flotas artesanal e industrial.

**Flota artesanal.-** Integrada mayormente por embarcaciones de madera de 2 a 15 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega, que operan principalmente con anzuelos manuales (poteras) y otras embarcaciones menores a 32,6 m<sup>3</sup> que pescan tiburones, perico, peces voladores y otros peces oceánicos, pero que además capturan pota cuando se encuentra disponible y disminuye la abundancia de las especies objetivo. El número de embarcaciones artesanales se incrementó de 292 en 1997 a más de tres mil en los últimos años; la mayor parte de la flota es de 5 a 15 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega que representa el 79% del total de embarcaciones artesanales, y el número de embarcaciones de mayor tamaño se ha incrementado desde el 2008 (10-15 m<sup>3</sup>) y 2011 (>15 m<sup>3</sup>) (Figs. 5, 6).

La flota artesanal opera principalmente en el norte y sur de Perú y sus mayores desembarques se registran en los puertos de Talara y Paita en el norte y Matarani en el sur, lugares que se han convertido en económicamente dependientes de la pesquería de pota, dedicando del 70 al 90% de su flota local a esta pesquería. Por la autonomía de sus embarcaciones esa flota opera mayormente hasta las 40 mn de la línea de costa.

**Flota industrial.-** Esta flota viene operando en el mar peruano desde 1991 bajo el sistema de permisos de pesca y regímenes provisionales autorizados por el Ministerio de la Producción, por fuera de las 80 mn de la línea de costa (GUEVARA-CARRASCO *et al.* 2018). La Tabla 1 muestra las características de las embarcaciones calamareras industriales de banderas japonesa y coreana que trabajaron en nuestra costa en el periodo 1991-2011.

sensor (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) on board the NPP satellite administered by the National Aeronautics and Space Administration – NASA<sup>2</sup>

**Segment 3. SST, SSTA and other indices:** SST and SSTA data from the monthly reports of the IMARPE's Directorate General for Oceanographic Research and Climate Change of IMARPE are recorded and complemented with the recording of other oceanographic indices from the National Oceanic and Atmospheric Administration-NOAA<sup>3</sup>, the El Niño Coastal Index- ICEN in Spanish - of the Geophysical Institute of Peru<sup>4</sup>, among others.

### FISHING FLEETS

The fishing activity of jumbo flying squid is carried out by the artisanal and industrial fleets.

**Artisanal fleet.-** Principally made up of wooden vessels with 2 to 15 m<sup>3</sup> of holding capacity, which operate mainly with manual hooks (squid jiggers) and other vessels smaller than 32.6 m<sup>3</sup> that fish sharks, common dolphinfish, flying fish and other oceanic fish, but also catch *D. gigas* when it is available and the abundance of the target species decreases. The number of artisanal vessels increased from 292 in 1997 to more than 3,000 in recent years; most of the fleet is 5 to 15 m<sup>3</sup> of hold capacity representing 79% of total artisanal vessels, and the number of larger vessels has increased since 2008 (10-15 m<sup>3</sup>) and 2011 (>15 m<sup>3</sup>) (Figs. 5, 6).

The artisanal fleet operates mainly in the north and south of Peru and its largest landings are recorded in the ports of Talara and Paita in the north and Matarani in the south, places that have become economically dependent on the jumbo flying squid fishery, with 70 to 90% of its local fleet dedicated to this fishery. Due to the autonomy of its vessels, this fleet operates essentially up to 40 nm from the coastline.

**Industrial fleet.-** This fleet has been operating in the Peruvian sea since 1991, under the system of fishing permits and regimes authorized by the Ministry of Production, outside the 80 nm of the coastline (GUEVARA-CARRASCO *et al.* 2018). Table 1 shows the characteristics of the Japanese and Korean flag industrial jigger vessels that operated in our coast in the period 1991-2011.

2 <https://www.nasa.gov/>

3 <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/sstoi.indices> (08/04/2017, 15:34)

4 <http://www.met.igp.gob.pe/datos/icen.txt> (08/04/2016,15:36)

Tabla 1.- Principales características de la flota japonesa y coreana, 1991-1996

Table 1. Main characteristics of the Japanese and Korean fleet, 1991-1996

Características Characteristics	Flota japonesa Japanese fleet		Flota coreana Korean fleet	
	Max	Min	Max	Min
TRN	411	251	481	191
TBR	1096	305	824	323
Almacenamiento (m <sup>3</sup> ) Storage (m <sup>3</sup> )	1000	300	800	250
Eslora (m) Length (m)	69	48	57	44.2
Manga (m) Sleeve (m)	10.7	8.7	11.1	7
Puntal (m) Strut (m)	9.3	3	4.9	3
Nº de tripulantes Nº of crew members	24	20	36	27
Año de construcción Year of construction	1988	1982	1978	1971
Nº de máquinas Nº of machines	56	44	52	42

Tanto en la flota artesanal como industrial, la pesca del calamar gigante es selectiva mediante el uso de poteras, y está regulada por el "Reglamento de Ordenamiento Pesquero del Calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*)" establecido por el Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE.

## TIPOS DE MUESTREO

**Muestreo biométrico.-** Obtención de información sobre la distribución de tallas en todo el rango de tamaños del calamar gigante en las capturas comerciales y en el ámbito de distribución de la flota pesquera, mediante un muestreo al azar simple.

El tamaño mínimo de la muestra y la frecuencia del muestreo biométrico del calamar gigante se indican en la Tabla 2.

**Muestreo biológico.-** Obtención de información sobre las características biológicas del calamar gigante basado en un muestreo estratificado al azar por tallas. Las variables que se registran por cada individuo son: longitud del manto, peso total, peso del manto, sexo, copulación (presencia o ausencia de espermatóforos en el velo oral), pesos de los órganos reproductores y glándulas anexas de hembras (ovario, oviducto y glándula nidamental) y machos (testículo y complejo espermatofórico), longitudes de la glándula nidamental y del testículo, grado de madurez gonadal, grado de llenura del estómago, peso del contenido estomacal, peso de

In both fleets, fishing is selective through the use of squid jigs and is regulated by the "Regulation on the Management of the Jumbo Flying Squid (*Dosidicus gigas*) Fishery" established by Supreme Decree No. 014-2011-PRODUCE.

## SAMPLING TYPES

**Biometric sampling.-** Obtaining information on size distribution across the whole size range of jumbo flying squid in commercial catches and in the distribution range of the fishing fleet, by simple random sampling.

The minimum sample size and biometric sampling frequency of the jumbo flying squid are given in Table 2.

**Biological sampling.-** Obtaining information on the biological characteristics of the jumbo flying squid based on random size stratified sampling. The variables that are recorded by each individual are: mantle length, total weight, mantle weight, sex, copulation (presence or absence of spermatophores in the oral veil), weights of the reproductive organs and attached glands of females (ovary, oviduct and nidamental gland) and males (testicle and spermatophoric complex), lengths of the nidamental and testicle glands, degree of gonadal maturity, degree of stomach fullness, weight of stomach contents, weight of digestive gland and description

la glándula digestiva y descripción del contenido estomacal. También se colectan estructuras para las determinaciones de la edad y crecimiento (estatolitos) y parásitos si se encuentran presentes.

of stomach contents. Structures are also collected for age and growth determinations (statoliths) and parasites if present.

El tamaño mínimo de la muestra y la frecuencia del muestreo biológico del calamar gigante se indican en la Tabla 3.

The minimum sample size and the frequency of biological sampling of the jumbo flying squid are given in Table 3.

Tabla 2.- Tamaño mínimo de muestra y frecuencia de muestreo biométrico del calamar gigante, por lugar de muestreo

Table 2. Minimum sample size and biometric sampling rate of the jumbo flying squid, per sampling location

Lugar de muestreo Sampling site	Tamaño de muestra Sample size	Frecuencia de muestreo Sampling frequency
Desembarcadero/Laboratorio Dock/Laboratory	120 ejemplares por embarcación 120 specimens per vessel	Semanal weekly
Embarcación artesanal Artisanal vessel	120 ejemplares por zona de pesca 120 specimens per fishing area	Salida output
Embarcación industrial Industrial vessel	120 ejemplares por operación de pesca 120 specimens per fishing operations	Diaria daily
Barco de investigación Research vessel	120 ejemplares por estación o lance 120 specimens per station or set	Diaria daily

Tabla 3.- Tamaño mínimo de muestra y frecuencia de muestreo biológico del calamar gigante, por lugar de muestreo

Table 3. Minimum sample size and biological sampling frequency of jumbo flying squid, per sampling site

Plataforma de muestreo Sampling platform	Tamaño de muestra Sample size	Frecuencia de muestreo Sampling frequency
A bordo de embarcación pesquera On board fishing vessel	10 ejemplares por sexo abarcando el rango de tallas de la captura, por zona de pesca 10 specimens by sex covering the size range of the catch, by fishing area	Diaria Daily
A bordo de barco de investigación On board research vessel	10 ejemplares por sexo e intervalo de talla por grado latitudinal 10 specimens by sex and size range by latitudinal degree	Diaria Daily

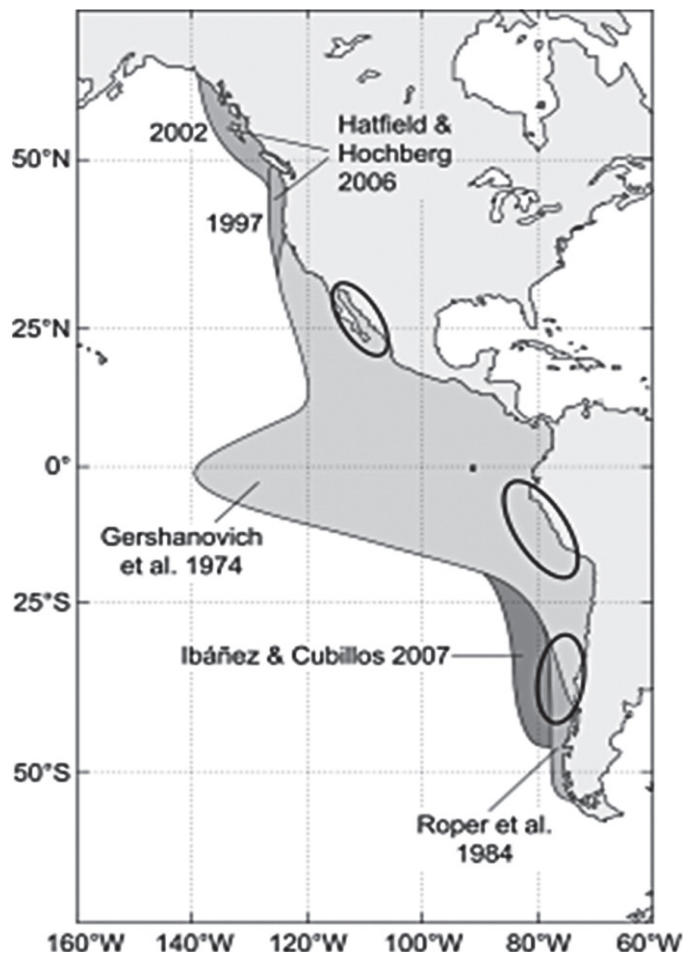


Figura 1.- Distribución de *Dosidicus gigas* en el Pacífico Oriental (Tomado de KEYL *et al.* 2008) indicando las principales áreas de pesca

Figure 1. Distribution of *Dosidicus gigas* in the Eastern Pacific (Taken from KEYL *et al.* 2008) indicating the main fishing areas

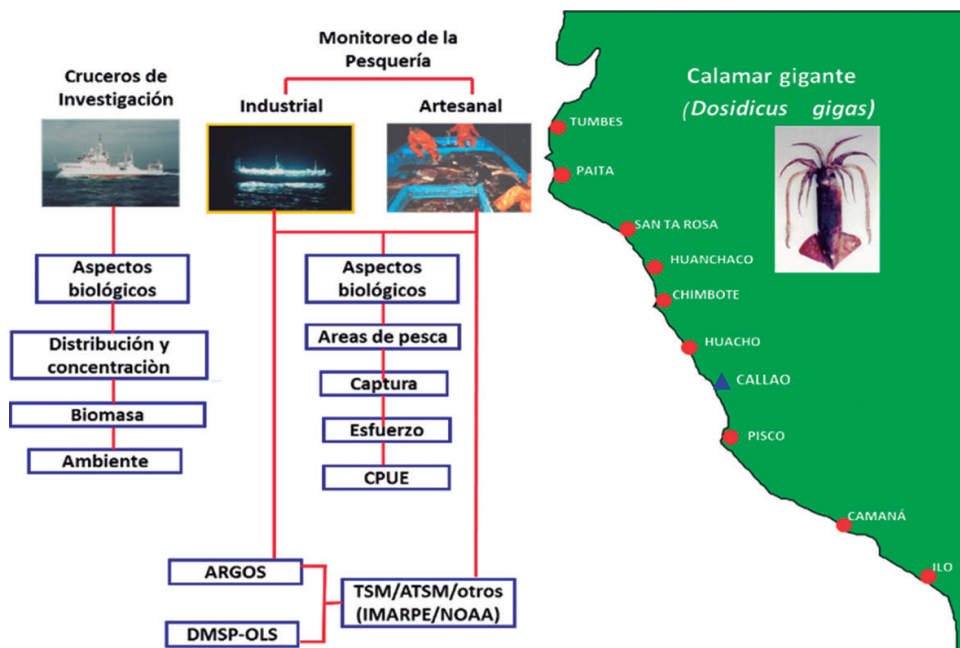


Figura 2.- Lugares de muestreo y acopio de información de la pesquería del calamar gigante en la costa peruana

Figure 2. Sampling and data collection sites for the jumbo flying squid fishery on the Peruvian coast



Figura 3.- Etapas y procesos de investigación del calamar gigante en el seguimiento de pesquerías y cruceros de investigación

Figure 3. Jumbo flying squid research stages and processes in fisheries monitoring and research cruises

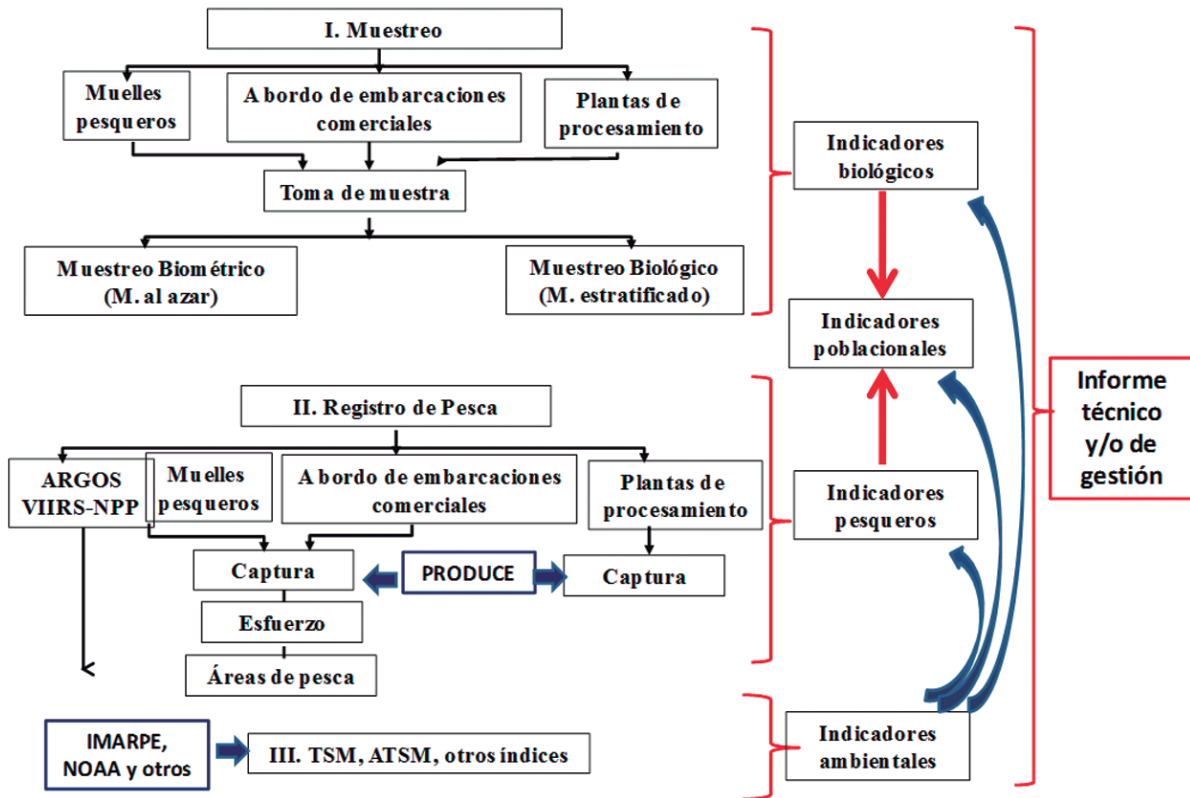


Figura 4.- Diagrama de flujo del seguimiento de la pesquería del calamar gigante en la cota peruana

Figure 4. Flowchart of the monitoring of the jumbo flying squid fishery on the Peruvian coast

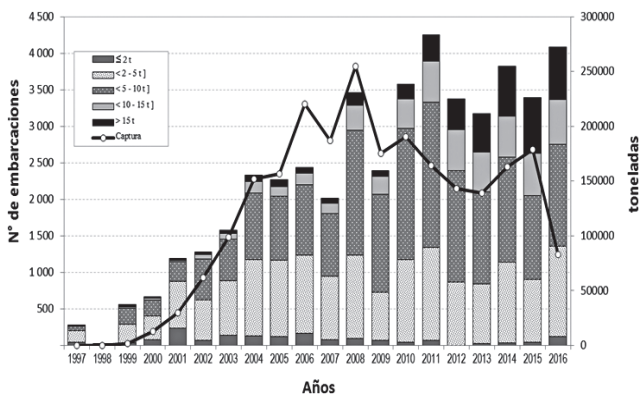


Figura 5.- Estructura de la flota artesanal potera por categorías de capacidad de bodega, 1997-2016

Figure 5. Structure of the artisanal jigger fleet by categories of holding capacity, 1997-2016

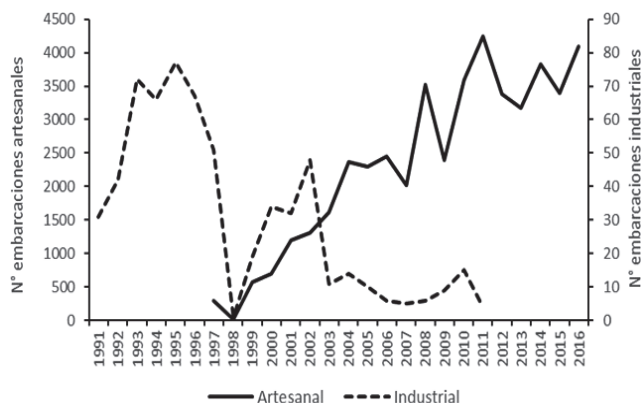


Figura 6.- Número de embarcaciones industriales (línea discontinua) y artesanales (línea continua) en la pesquería del calamar gigante, 1991-2016

Figure 6. Number of industrial (dashed line) and artisanal (continuous line) vessels in the jumbo flying squid fishery, 1991-2016

### 3. RESULTADOS

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA PESQUERÍA

La pesquería del calamar gigante registró un progresivo incremento de los volúmenes de captura desde 81.655 t en 1991 a 558.850 t en el 2008, con dos pulsos de mayor producción, el primero de 1991 a 1995, con una participación preponderante de la flota industrial, y el segundo de 1999 al 2016, en el cual se destaca el aporte significativo de la flota artesanal; un periodo de baja disponibilidad fue registrado durante La Niña 1996 y El Niño 1997-1998, ambos eventos de gran magnitud que ocasionaron cambios significativos en el ecosistema del mar peruano (Fig. 7).

#### CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA ESPECIE

##### Morfología externa

Se describe la morfología externa de *Dosidicus gigas* de acuerdo a EHRHARDT *et al.* (1986) y MARKAIDA (2001) (Fig. 8). El manto es cónico cilíndrico, su mayor radio se encuentra en la porción media y se va reduciendo hacia la región posterior, donde se insertan las aletas que son romboidales y anchas. El sifón es fuerte y de invaginación profunda, la foveola - hendidura que cede espacio al sifón en la porción posterior de la cabeza - tiene 5 - 9 pliegues (promedio 7) con 2 - 8 bolsas laterales (promedio 4 - 5). El cartilago de unión del manto con la cabeza presenta una bifurcación en forma de "T" invertida característica de la familia Ommastrephidae. La cabeza presenta dos grandes ojos globulosos laterales con proyección anterior, sin párpados (Oegopsida) y un pico grande y fuerte. Los brazos son iguales, a excepción del IV brazo derecho o izquierdo de los machos que está hectocotilizado (órgano copulador), sin ventosas y pedúnculos en la punta y membranas

### 3. RESULTS

#### GENERAL CHARACTERISTICS OF THE FISHERY

The jumbo flying squid fishery recorded a progressive increase in catch volumes from 81,655 t in 1991 to 558,850 t in 2008, with two pulses of higher production, the first one from 1991 to 1995, with a predominant participation of the industrial fleet, and the second one from 1999 to 2016, in which the significant contribution of the artisanal fleet is noticeable a period of low availability was recorded during La Niña 1996 and El Niño 1997-1998, both of which were major events that caused significant changes in the Peruvian sea ecosystem (Fig. 7).

#### GENERAL CHARACTERISTICS OF THE SPECIES

##### External morphology

The external morphology of *Dosidicus gigas* is described according to EHRHARDT *et al.* (1986) and MARKAIDA (2001) (Fig. 8). The mantle is conical and cylindrical, with the greatest radius in the middle portion and is gradually reduced to the posterior region, where the fins, which are rhomboidal and broad, are inserted. The siphon is strong and deep invaginated, the foveola - a cleft that gives space to the siphon in the back of the head - has 5 - 9 folds (average 7) with 2 - 8 side pockets (average 4 - 5). The cartilage joining the mantle with the head has an inverted T-shaped bifurcation characteristic of the family Ommastrephidae. The head has two large lateral globular eyes with anterior projection, without eyelids (Oegopsida) and a large, strong beak. The arms are the same, except for the IV right or left arm of the males, which is hectocotilized (copulating organ), without suction cups and peduncles at the tip

protectoras perforadas y engrosadas; pequeños fotóforos subcutáneos en la superficie ventral del manto, cabeza y brazos III y IV. El extremo de los brazos es angosto y poseen de 100 a 200 ventosas diminutas; los anillos córneos de las ventosas mayores presentan de 8 a 25 dientecillos; el par de tentáculos es más delgado que los brazos y del doble de longitud, las ventosas en la pala tentacular se encuentran ordenadas en cuatro hileras. La coloración de la piel va desde el rosa pálido hasta el púrpura, pasando por un color café. El mayor tamaño reportado en aguas peruanas es de 127 cm de longitud de manto (Mariátegui com. pers.) (Figs. 9, 10).

### Morfología interna

Las figuras 11 y 12 muestran las estructuras y órganos internos del calamar gigante, las cuales se describen a continuación:

- Branquias: Órganos laterales situados a lo largo de la cavidad del manto.
- Estómago: Se encuentra cerca de la base de las branquias.
- Riñones o apéndices renales: Estructuras de color amarillento localizadas en la parte superior del estómago.
- Órganos reproductores: En las hembras se encuentran el ovario, las glándulas nidamentales y el oviducto; en los machos, el testículo y el complejo espermatofórico.
- Glándula digestiva: Es la mayor estructura interna, es voluminosa y de color marrón ubicada en el centro de la cavidad del manto.
- Ganglio estrellado (ganglios): Es un cúmulo de nervios que controla los músculos del manto, los que al contraerse contribuyen a la propulsión del calamar.
- Bolsa de la tinta: ubicada debajo del esófago.
- Pluma: Concha interna del calamar.

and perforated and thickened protective membranes; small subcutaneous photophores on the ventral surface of the mantle, head and arms III and IV. The end of the arms is narrow and have 100 to 200 tiny suction cups; the corneal rings of the larger suction cups have 8 to 25 little teeth; the pair of tentacles is thinner than the arms and twice as long, the suction cups on the tentacular blade are arranged in four rows. The skin color ranges from pale pink to brown to purple. The largest size reported in Peruvian sea is 127 cm mantle length (Mariátegui, personal communication) (Figs. 9, 10).

### Internal morphology

Figures 11 and 12 show the internal structures and organs of the jumbo flying squid, which are described below:

- Gills: Lateral organs located along the cavity of the mantle.
- Stomach: Located near the base of the gills.
- Kidneys or renal appendages: Yellowish structures located in the upper part of the stomach.
- Reproductive organs: In females, the ovary, nidamental glands and oviduct are found; in males, the testicle and spermatophoric complex are found.
- Digestive gland: The largest internal structure, it is voluminous and brown in color located in the center of the mantle cavity.
- Stellate ganglion (nodes): A cluster of nerves that controls the muscles of the mantle, which when contracted contribute to the propulsion of the squid.
- Ink gland: located below the esophagus.
- Pen: Inner shell of squid.

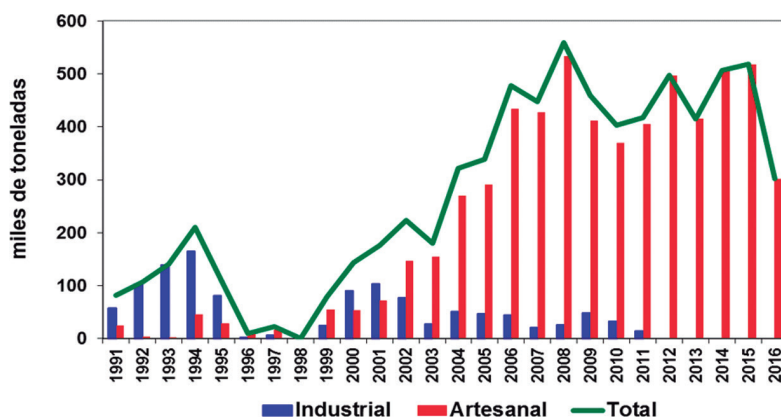


Figura 7.- Desembarques anuales del calamar gigante en la costa peruana durante el periodo 1991-2016. Fuente: PRODUCE/IMARPE

Figure 7. Annual landings of jumbo flying squid on the Peruvian coast during the period 1991-2016. Source: PRODUCE/IMARPE

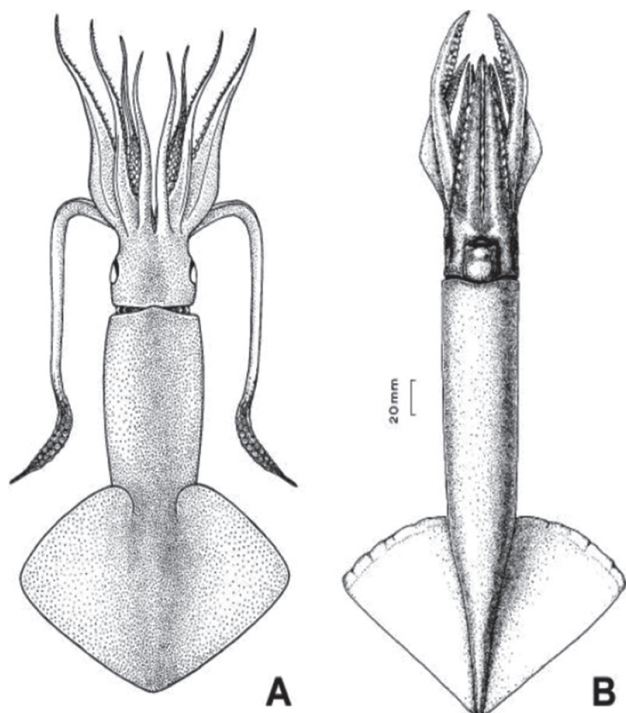


Figura 8.- Calamar gigante *Dosidicus gigas*. A vista dorsal (Tomado de ROPER et al. 1984 en MARKAIDA 2001). B vista ventral (Tomado de WORMUTH 1976 en MARKAIDA 2001)

Figure 8. Jumbo flying squid *Dosidicus gigas*. A. dorsal view (Taken from ROPER et al. 1984 in MARKAIDA 2001). B ventral view (Taken from WORMUTH 1976 in MARKAIDA 2001)

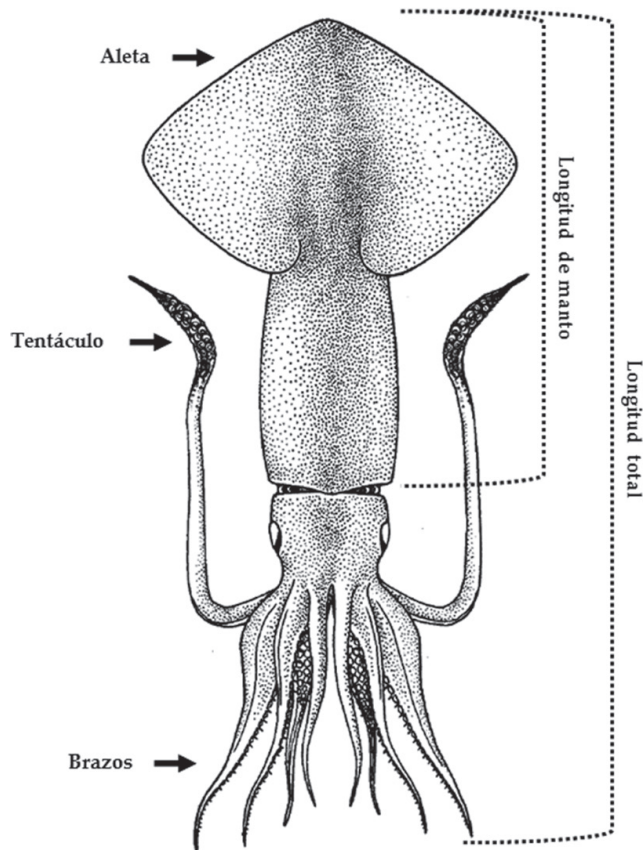


Figura 9.- Vista dorsal de *Dosidicus gigas* (modificada de ROPER et al. 1984)

Figure 9. Dorsal view of *Dosidicus gigas* (modified ROPER et al. 1984)

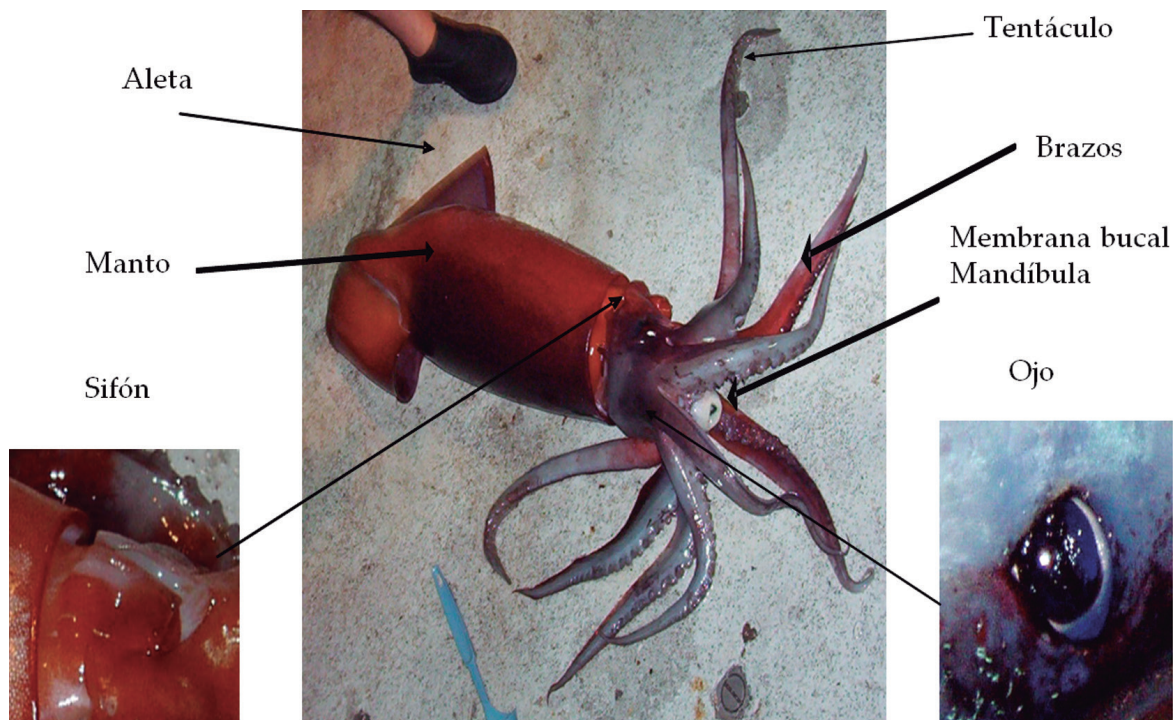


Figura 10.- Vista ventral de *Dosidicus gigas*

Figure 10. Ventral view of *Dosidicus gigas*



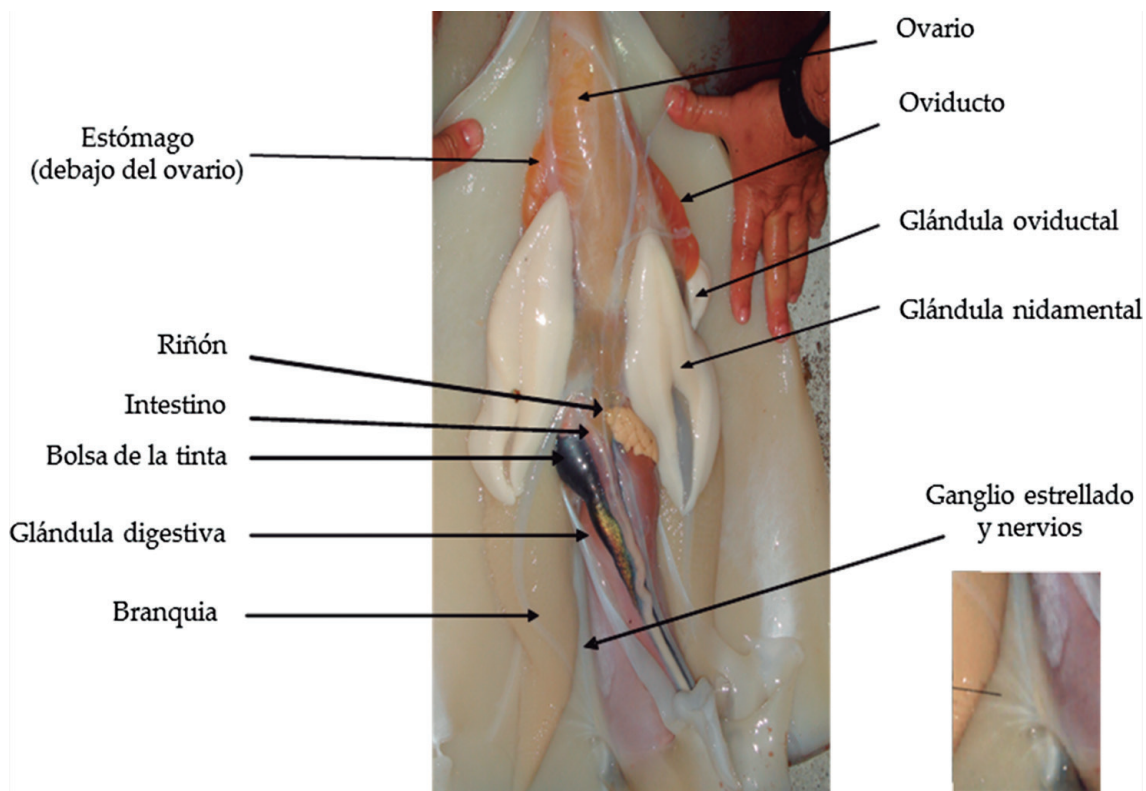


Figura 11.- Anatomía interna de *Dosidicus gigas* – Hembra  
 Figure 11. Internal anatomy of *Dosidicus gigas* – Female

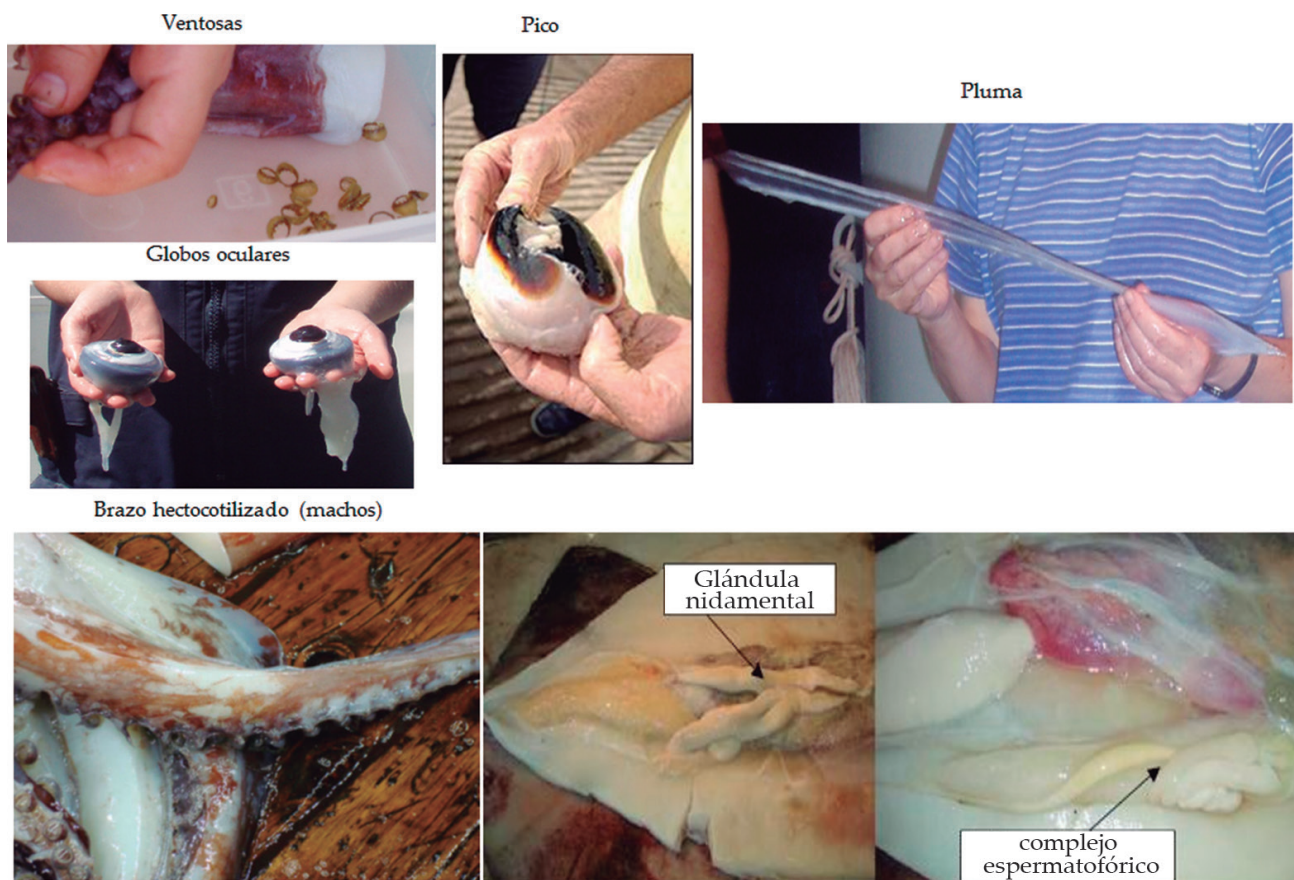


Figura 12.- Algunas estructuras externas e internas de *Dosidicus gigas*  
 Figure 12. Some external and internal structures of *Dosidicus gigas*

## MONITOREO DE LA PESQUERÍA

### a) Flota artesanal

#### En lugares de desembarque

Los observadores de campo utilizan el formulario "Captura y Esfuerzo Artesanal" (Anexo 1) para el registro de los datos de desembarque, esfuerzo de pesca y áreas de pesca en los principales lugares de descarga del litoral. El registro de información es diario y en el horario de mayor arribo de la flota se realiza en forma directa a través de encuestas a los patronos y/o tripulantes de las embarcaciones. En el caso de Paita, además de los muelles artesanales, la información es registrada también en las principales plantas procesadoras de recursos hidrobiológicos que cuentan con muelle y donde desembarca la flota artesanal potera. Para el registro de desembarques ocurridos en horarios nocturnos y de madrugada o en lugares no monitoreados en forma directa, se utilizan los datos reportados por la administración de los muelles artesanales y de plantas procesadoras (que cuentan con muelles), sargentos de playa, entre otros.

#### A bordo de la flota pesquera artesanal

A bordo de embarcaciones artesanales poteras se registra información complementaria sobre las faenas de extracción, detallándose las unidades de esfuerzo de pesca para mejorar las estimaciones de abundancia relativa, la precisión geográfica de los lugares de pesca, la estructura de tallas de la captura y la observación *in situ* de las características de las embarcaciones, artes y modalidades de pesca, además de algunos datos del ambiente marino, principalmente la temperatura superficial del mar.

#### En laboratorio

Se utilizan los formularios "Muestreo biométrico de invertebrados" (Anexo 2) y "Muestreo biológico de cefalópodos" (Anexo 3) para el registro de datos de tallas y aspectos biológicos del calamar gigante. Los muestreos biométricos se realizan en puerto, a bordo de las embarcaciones pesqueras, en plantas de procesamiento y en el laboratorio; los muestreos biológicos se realizan en el laboratorio y a bordo de las embarcaciones de mayor tamaño. Para el muestreo biológico los ejemplares se pueden comprar en el puerto o en las embarcaciones pesqueras, también se pueden recolectar durante las salidas al mar y pueden ser ejemplares completos o muestras de estómagos, gónadas, estatolitos y parásitos para su análisis en el laboratorio.

Los muestreos biométricos y biológicos pueden realizarse con ejemplares frescos o congelados, dependiendo de las facilidades y equipos disponibles.

## FISHERY MONITORING

### a) Artisanal fleet

#### At landing sites

Field observers use the 'Catch and Effort by Artisanal means' form (Annex 1) to record data on landings, fishing effort and fishing areas in the main places of unloading from the coast. The information is recorded daily and at the time of the highest arrival of the fleet it is carried out directly through surveys to the skippers and/or crew members of the vessels. In the case of Paita, in addition to the artisanal docks, the information is also recorded in the main hydrobiological resource processing plants that have a dock and where the artisanal jigger fleet disembarks. For the recording of landings occurring at night and in the early hours of the morning or in places not directly monitored, the data reported by the administration of the artisanal docks and processing plants (which have docks), beach sergeants, among others, are used.

#### Aboard the artisanal fishing fleet

Additional information on extractive fishing activities is recorded aboard artisanal jigger vessels, detailing fishing effort units to improve estimates of relative abundance, geographical precision of fishing sites, catch size structure and *in situ* observation of vessel characteristics, gear and fishing patterns, as well as some data on the marine environment, mainly sea surface temperature.

#### In the laboratory

The forms 'Biometric sampling of invertebrates' (Annex 2) and 'Biological sampling of cephalopods' (Annex 3) are used to record size and biological data for jumbo flying squid. Biometric sampling is carried out in port, aboard jiggers vessels, in processing plants and in the laboratory; biological sampling is carried out in the laboratory and aboard larger vessels. For biological sampling, specimens may be purchased at the port or on jiggers vessels, collected during sea voyages, and may be complete specimens or samples of stomachs, gonads, statoliths and parasites for laboratory analysis.

Biometric and biological sampling can be performed with fresh or frozen specimens, depending on the facilities and equipment available.

**b) Flota industrial****A bordo de flota pesquera industrial**

Los Técnicos Científicos de Investigación-TCI del IMARPE recopilan información de captura, esfuerzo de pesca y áreas de pesca *in situ* a bordo de las embarcaciones calamareras industriales, utilizando el formulario "Registro Operacional de Barcos Calamareros" (Anexo 4) (MARIÁTEGUI *et al.* 2009). Los muestreos biométricos y biológicos se realizan con ejemplares frescos utilizando los formularios "Muestreo biométrico de invertebrados" (Anexo 2) y "Muestreo biológico de cefalópodos" (Anexo 3). Las embarcaciones calamareras no disponen de balanzas para registrar los pesos, por lo que solo se toman los datos morfométricos, y se recolectan ejemplares enteros para completar el muestreo biológico en laboratorio. Los ejemplares para el muestreo biológico se mantienen congelados a -40°C, y las muestras de estómagos, gónadas, estatolitos y parásitos se recolectan de acuerdo al procedimiento que se indica más adelante; de ser necesario se pueden recolectar plumas, picos o tejidos.

**En laboratorio**

El procedimiento para el muestreo en laboratorio es similar al descrito para la pesca artesanal y se realiza en ejemplares congelados de acuerdo a la metodología descrita más adelante.

**c) Cruceros y/o prospecciones de investigación**

En los cruceros de investigación se reporta información de captura, esfuerzo y áreas de pesca, así como datos biológicos y colecta de muestras de acuerdo al procedimiento descrito para trabajos a bordo.

**COLECCIÓN DE MUESTRAS****a) Flota artesanal**

- Al arribo a puerto y previa coordinación con el patrón de la embarcación (para evitar el eviscerado a bordo) y después de realizar el muestreo biométrico a bordo, se recolectan 20 ejemplares (10 de cada sexo) que deben cubrir el rango de tallas de la captura.
- Se rotulan los siguientes datos en una etiqueta: nombre de la embarcación, fecha, ubicación geográfica, temperatura superficial del mar, hora de colección, distancia de costa, profundidad de pesca y nombre del colector. Colocar la etiqueta protegida en plástico dentro de la bolsa con los ejemplares colectados.
- La muestra debe conservarse congelada hasta su arribo a puerto.

**b) Flota industrial**

- Se recolectan 20 ejemplares (10 de cada sexo) los cuales deben cubrir el rango de tallas de la operación de pesca en la que se obtuvo la muestra.

**b) Industrial fleet****Aboard the industrial fishing fleet**

The IMARPE Scientific Research Technicians -TCI in Spanish- collect information on catch, fishing effort and *in situ* fishing areas aboard industrial jigger vessels, using the form 'Operational Record of Jiggers' (Annex 4) (MARIÁTEGUI *et al.* 2009). Biometric and biological sampling is carried out on fresh specimens using the forms 'Biometric sampling of invertebrates' (Annex 2) and 'Biological sampling of cephalopods' (Annex 3). Jiggers do not have scales to record the weights, so only the morphometric data are taken, and whole specimens are collected to complete the biological sampling in the laboratory. Specimens for biological sampling are kept frozen at -40°C, and samples from stomachs, gonads, statoliths and parasites are collected according to the procedure below; pens, beaks or tissues may be collected if necessary.

**In the laboratory**

The procedure for laboratory sampling is similar to that described for artisanal fishing and is carried out on frozen specimens according to the methodology described below.

**c) Survey cruises**

Survey cruises report information on catch, effort and fishing areas, as well as biological data and sample collection according to the procedure described for on-board work.

**SAMPLE COLLECTION****a) Artisanal fleet**

- On arrival at port and after coordination with the vessel's skipper (to avoid evisceration on board) and after biometric sampling on board, 20 specimens (10 of each sex) are collected and must cover the size range of the catch.
- The following information is labeled on a tag: vessel name, date, geographic location, sea surface temperature, time of collection, distance from shore, fishing depth and collector name. Place the tag protected in plastic inside the bag with the collected specimens.
- The sample must be kept frozen until it arrives at port.

**b) Industrial fleet**

- 20 specimens are collected (10 of each sex) which must cover the size range of the fishing operation from which the sample was taken.

- Se rotulan los siguientes datos en una etiqueta: nombre de la embarcación, fecha, número de operación, ubicación geográfica, temperatura superficial del mar, hora de colección, distancia de costa, profundidad de pesca y nombre del recolector. Colocar la etiqueta protegida en plástico dentro de la bolsa con los ejemplares colectados.
- Conservar la muestra en la cámara de congelación del barco (-40°C) hasta su arribo a puerto.
- Adicionalmente, se recolectan gónadas, estómagos, estatolitos y parásitos, por rangos de tamaños, grados de latitud y en diferentes horas del día, de acuerdo al procedimiento indicado más adelante, de ser necesario se pueden recolectar plumas, picos o tejidos.

### c) Barcos de investigación

Se recolectan ejemplares completos o muestras de gónadas, estómagos, estatolitos, parásitos u otras muestras que sean requeridas.

### Conservación y preparación de muestras

Las muestras recolectadas se deben mantener a temperatura mínima de -10 °C hasta el muestreo, para lo cual se procederá a descongelarlas por aproximadamente 8 a 12 horas.

### Muestreo biométrico

Se basa en un muestreo al azar simple para determinar la estructura de tallas de la captura, y luego proyectarla a la población. Se requiere de una cinta métrica, formulario de muestreo biométrico de invertebrados marinos y una base plana, no se deben realizar mediciones sobre el contorno de los individuos.

El procedimiento del muestreo biométrico es el siguiente:

- Se colocan los ejemplares en la mesa de muestreo en posición dorsal para su medición.
- Con una cinta métrica se medirá la longitud del manto (LM) de cada ejemplar al centímetro inferior.
- Se registran las mediciones en el Formulario "Muestreo Biométrico de Invertebrados", además de los datos de embarcación, fecha, operación, peso de la captura, peso de la muestra, área de pesca, temperatura superficial del mar y nombre del observador.

### Muestreo biológico

Es un muestreo al azar estratificado para determinar el estado biológico del calamar gigante por intervalos de tamaños. Se requiere de una cinta métrica, formulario "Muestreo biológico de cefalópodos", balanza de precisión de 0,01 g y equipo de disección.

- The following information is labeled on a tag: vessel name, date, geographic location, sea surface temperature, time of collection, distance from shore, fishing depth and collector name. Place the tag protected in plastic inside the bag with the collected specimens.
- Keep the sample in the freezing chamber of the ship (-40°C) until it reaches port.
- Additionally, gonads, stomachs, statoliths and parasites are collected by size ranges, latitude degrees and at different times of the day, according to the procedure indicated below. If necessary, pens, beaks or tissues can be collected.

### c) Research vessels

Complete specimens or samples of gonads, stomachs, statoliths, parasites or other samples are collected as required.

### Conservation and preparation of samples

The samples collected should be kept at a minimum temperature of -10°C until sampling, thawing for approximately 8 to 12 hours.

### Biometric sampling

It is based on simple random sampling to determine the size structure of the catch, and then project it to the stock. A tape measure, biometric sampling form of marine invertebrates and a flat base are required, no measurements on the contour of individuals should be made.

The biometric sampling procedure is as follows:

- The specimens are placed on the sampling table in the dorsal position for measurement.
- A tape measure is used to measure the mantle length (ML) of each specimen at the bottom centimeter.
- The measurements are recorded on the Form 'Biometric Invertebrate Sampling', in addition to the vessel data, date, operation, catch weight, simple weight, fishing area, sea surface temperature and observer name.

### Biological sampling

It is a stratified random sampling to determine the biological status of the jumbo flying squid by size intervals. A tape measure, 'Biological sampling of cephalopods' form, a 0.01 g precision balance and dissecting equipment are required.

El procedimiento del muestreo biológico es el siguiente:

- Con una cinta métrica se mide la longitud del manto (LM) de cada ejemplar al centímetro inferior y se pesa en una balanza de 50 kg de capacidad y 1 g de aproximación. En los muestreos a bordo se puede utilizar una balanza romana de 50 kg.
- Se realiza la disección de los ejemplares colocados en posición ventral y se determina el grado de madurez gonadal utilizando la escala propuesta por PEREA *et al.* (2018).
- En el caso de las hembras se mide la longitud de la glándula nidamental (mm) y se separan las estructuras reproductivas: glándulas nidamentales, oviductos, glándulas oviductales y el ovario. En los machos se separan el complejo espermatofórico (saco y órgano) y el testículo, cuya longitud se mide al milímetro. Las estructuras reproductivas de machos y hembras se pesan en una balanza de precisión con aproximación de 0,01 g.
- La glándula digestiva se separa y se pesa con una aproximación de 0,01 g.
- Se determina el grado de llenura del estómago de acuerdo a una escala empírica de 4 estadios (0= vacío, 1= medio lleno, 2= lleno y 3= completamente lleno), se separa el estómago para su disección y análisis cualitativo de los ítems alimenticios, los cuales se clasifican en peces (P), crustáceos (C), calamar (Cal), otros (O), liquido rojo (LR). Se colectan los estómagos para análisis en el Laboratorio de Ecología Trófica del IMARPE, de acuerdo al protocolo establecido.
- En el caso de las hembras se observa y registra la presencia o ausencia de espermatóforos en el velo oral (copulación).
- Para la colecta de los estatolitos se realiza un corte transversal por debajo del sifón, con la ayuda de una hoja de bisturí y se extrae el par de estatolitos con una pinza tipo "relojero". Se limpian de impurezas y se colocan en cartones horadados (el rotulado será el número de serie o la longitud y sexo).
- Finalmente, se pesa el manto.

Los datos biológicos se registran en el formulario "Muestreo Biológico de Cefalópodos" (F 05 – B/IMP), además del nombre y número de registro de la embarcación, fecha, posición geográfica, profundidad de pesca, temperatura superficial del mar, área de pesca,

The biological sampling procedure is as follows:

- A tape measure is used to measure the mantle length (ML) of each specimen to the bottom centimeter and weighs it on a scale with a capacity of 50 kg and 1 g of approximation. For on-board sampling, a 50 kg Roman scale can be used.
- The specimens placed in the ventral position are dissected and the degree of gonadal maturity is determined using the scale proposed by PEREA *et al.* (2018).
- In the case of females, the nidamental gland length (mm) is measured and the reproductive structures are separated: nidamental glands, oviducts, oviductal glands and the ovary. In males, the spermatophoric complex (sac and organ) and the testicle, whose length is measured to the millimeter, are separated. The breeding structure of males and females are weighed on a precision scale to the nearest 0.01 g.
- The digestive gland is separated and weighed to about 0.01 g.
- The degree of stomach fullness is determined according to an empirical scale of 4 stages (0= empty, 1= half full, 2= full and 3= completely full), the stomach is separated for dissection and qualitative analysis of the food items, which are classified into fish (F), crustaceans (C), squid (Sq), other (O), red liquid (RL). The stomachs are collected for analysis at the IMARPE Laboratory of Trophic Ecology, according to the established protocol.
- In the case of females, the presence or absence of spermatophores in the oral veil (copulation) is observed and recorded.
- For the collection of the statoliths, a cross section is made under the siphon, with the help of a scalpel blade, and the pair of statoliths is removed with a "watchmaker" type clamp. They are cleaned of impurities and placed in perforated cartons (the labeling will be the serial number of length and sex).
- Finally, the mantle is weighed.

Biological data are recorded on the form 'Cephalopod Biological Sampling' (F 05 - B/IMP), in addition to the name and registration number of the vessel, date, geographical position, fishing depth, sea surface temperature, fishing area, catch

método de captura, operación y nombre del observador. De ser necesario se anotarán en la columna de observaciones, las incidencias del muestreo biológico. Las figuras 13 y 14 muestran diferentes etapas del muestreo biológico en laboratorio y a bordo de embarcaciones calamareras.

method, operation and observer name. If necessary, the incidences of biological sampling should be recorded in the observation column. Figures 13 and 14 show different stages of biological sampling in the laboratory and aboard jiggers.



Figura 13.- Diversas etapas del muestreo en laboratorio, a bordo de embarcaciones científicas y recolección de algunas estructuras

Figure 13. Various stages of laboratory sampling, aboard scientific vessels and collection of some structures



Figura 14.- Muestreo a bordo de embarcaciones calamareras

Figure 14. Sampling aboard jigging vessels

## ESCALA DE MADUREZ GONADAL

Para la identificación de los estadios de madurez gonadal se utiliza la escala propuesta por PEREA *et al.* (2018), la cual describe cuatro estadios para hembras y tres para machos con base en observaciones a nivel macro y microscópico. Se detallan las características de cada estadio de madurez por sexos:

### Hembras

**Inmaduro (Estadio I):** el ovario tiene forma de saco piriforme, alargado, no granuloso, de aspecto claro, siendo translúcido en la etapa inicial de este estadio. La pared del ovario es muy delgada. Al observar microscópicamente se encuentran ovocitos inmaduros, con espacio intercelular reducido, y pared del ovario delgada y eosinófila.

**En maduración (Estadio II):** ovario de aspecto granuloso, opaco, de color crema o ligeramente amarillento. Microscópicamente se observan ovocitos inmaduros y en maduración.

**Maduro (Estadio III):** de mayor tamaño y turgente, de aspecto más piriforme, color crema amarillento a ámbar, por presencia de gran cantidad de ovocitos maduros. La pared del ovario es delgada. Oviducto de gran tamaño por estar lleno de ovocitos maduros avanzados. Glándula nidamental desarrollada y turgente. Presenta ovocitos inmaduros, en maduración y maduros.

**En desove (Estadio IV):** ovario menos turgente, granuloso, con gran cantidad de ovocitos color crema y ámbar, con predominancia de estos últimos, que da tonalidad naranja al ovario. Pared del ovario muy delgada. Glándula nidamental flácida. Los oviductos pueden estar compactos y de gran tamaño por estar llenos de ovocitos maduros avanzados o algo flácidos debido a la evacuación de estos. Además, en la parte externa de la glándula oviductal se observan algunos ovocitos maduros avanzados, señal de desove en el calamar. Se aprecian ovocitos inmaduros, en maduración y maduros. Los oviductos se encuentran llenos de ovocitos en máxima madurez y ovulados. Microscópicamente en el ovario, se observa presencia de folículos post-ovulatorios.

### Machos

**Inmaduro (Estadio I):** testículo de tamaño pequeño, flácido, alargado, de color blanco y translúcido. Microscópicamente conformado por túbulos pequeños que contienen espermatogonios y/o espermatozoides, que ocupan la cavidad interna.

**En maduración (Estadio II):** testículo de mayor tamaño, de color blanquecino a crema pero no translúcido. Saco espermatofórico blanquecino. Microscópicamente se pueden observar espermatogonios, espermatozoides y espermátides.

## GONADAL MATURITY SCALE

For the identification of the stages of gonadal maturity, the scale proposed by PEREA *et al.* (2018) is used, which describes four stages for females and three for males based on macro and microscopic observations. The characteristics of each stage of maturity by sex are detailed below:

### Females

**Immature (Stage I):** the ovary is shaped like a pyriform sac, elongated, not granular, of clear appearance, being translucent in the initial phase of this stage. The wall of the ovary is very thin. On microscopic examination, immature oocytes with reduced intercellular space and thin, eosinophilic ovarian wall are found.

**Maturing (Stage II):** granular, opaque, creamy or slightly yellowish in appearance ovary. Microscopically, immature and maturing oocytes are observed.

**Mature (Stage III):** larger and turgid, more pyriform in appearance, creamy yellowish to amber in color, due to the presence of a large number of mature oocytes. The wall of the ovary is thin. Oviduct is large because it is full of advanced mature oocytes. Nidamental gland is developed and turgid. It presents immature, maturing and mature oocytes.

**Spawning (Stage IV):** less turgid, granular ovary, with a large number of cream and amber oocytes, the latter predominating, giving the ovary an orange hue. Very thin wall of the ovary. Flaccid nidamental gland. The oviducts may be compact and large because they are full of advanced mature oocytes or somewhat flaccid due to the evacuation of these. In addition, the external part of the oviductal gland shows some advanced mature oocytes, a sign of spawning in the squid. Immature, maturing and mature oocytes can be seen. The oocytes are full of oocytes at maximum maturity and ovulated. Microscopically in the ovary, the presence of post-ovulatory follicles is observed.

### Males

**Immature (Stage I):** small, flaccid, elongated, white, translucent testicle. Microscopically formed by small tubules containing spermatogonies and/or sperm cells, which occupy the internal cavity.

**Maturing (Stage II):** larger, whitish to creamy but not translucent testicle. Whitish spermatophoric sac. Spermatogonies, spermatocytes and spermatids can be observed microscopically.

**Maduro (Estadio III):** testículo de tamaño más desarrollado con respecto a los estadios anteriores, turgente, de color blanco y de aspecto lechoso. Saco espermatofórico lleno de espermátóforos, observándose espermátóforos libres en la cavidad abdominal. Microscópicamente presenta espermatogonios, espermatocitos, espermátides y espermatozoides (localizados en la luz de los túbulos).

**Mature (Stage III):** testicle of more developed size with respect to the previous stages, turgid, white and milky in color. Spermatophoric sac filled with spermatophores, with free spermatophores observed in the abdominal cavity. Microscopically presents spermatogonies, sperm cells, spermatids and spermatozoa (located in the light of the tubules).

**COLECCIÓN Y PROCESAMIENTO DE CONTENIDOS ESTOMACALES**

Para el muestreo biológico se agrupan los estómagos de los ejemplares considerando los sexos, tamaños, y área de captura (latitud y longitud). Se requiere de una cinta métrica, equipo de disección, balanza de precisión de 0,01 g, microscopio estereoscópico con objetivos de 10x y 40x, y el "Formulario de muestreo del Área de Ecología Trófica" (Anexo 5). El tamaño mínimo de la muestra se indica en la Tabla 4.

**COLLECTION AND PROCESSING OF STOMACH CONTENTS**

For biological sampling, the squids stomachs of the specimens are grouped according to sex, size, and area of capture (latitudinal and longitudinally). A tape measure, dissecting equipment, a 0.01 g precision scale, stereoscopic microscope with 10x and 40x objectives, and the 'Trophic Ecology Area Sampling Form' (Annex 5) are required. The minimum sample size is shown in Table 4.

Tabla 4.- Tamaño mínimo de muestra para la recolección de estómagos del calamar gigante, por grados latitudinales y grupos de talla

Table 4. Minimum sample size for the collection of jumbo flying squid stomachs, by latitudinal degrees and size groups

Lat. S	3°22' - 6°		6° - 8°		8° - 10°		10° - 12°		12° - 14°		14° - 16°		16° - 18°20'	
*Sexo (1/0)														
Grupo de talla (cm) Size group (cm)	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
01 - 10	5	5												
11 - 20	5	5												
21 - 30	5	5												
31 - 40	5	5												
41 - 50	5	5												
51 - 60	5	5												
61 - 70	5	5												
71 - 80	5	5												
81 - 90	5	5												
91 - 100	5	5												
101 - 110	5	5												

(\*) 0= hembras /females, 1= machos/ males



### Recolección de estómagos

- El muestreo debe realizarse **lejos del grupo de embarcaciones comerciales presentes en la zona, o al inicio de la operación de pesca**, para evitar el sesgo ocasionado por la concentración del recurso o la presencia de residuos.
- La recolección de estómagos se realiza por sexos (5 hembras, 5 machos), a intervalos de talla de 10 cm, cada 2 grados de latitud y a distancia de la costa de 0 - 60 millas náuticas, 61 - 120 mn, 120 - 180 mn, >180 mn. De ser posible, considerar la colecta por intervalos de tiempo: 0 - 4 h, 4 - 8 h, 8 - 12 h, 12 - 16 h, 16 - 20 h, 20 - 24 h.
- El grado de repleción estomacal (llenura) se determina utilizando una escala de 3 estadios: 0= vacío, 1= semilleno, 2= lleno.
- Se extraen los estómagos completos y se conservan en bolsas plásticas debidamente codificadas. A bordo de pequeñas embarcaciones artesanales se sumergen en hielo; en las embarcaciones de mayor escala se guardan en los túneles de congelación a -35 °C y en los barcos de investigación científica o en los laboratorios en congeladora a -10 °C. De ser muy grande el contenido estomacal se tomará una fracción (alícuota) y se indicará el tamaño de la misma en la etiqueta y en la ficha de muestreo (F 05 - B/IMP).
- Los contenidos estomacales se filtran en un tamiz de 300 a 500  $\mu$  (Fig. 15) y se determina el grado de digestión mediante una escala empírica de 4 estadios: 1 = no digerido, 2 = poco digerido, 3 = muy digerido y 4 = completamente digerido. El contenido filtrado se coloca en una bolsa con una etiqueta con los datos correspondientes (Nº de estación, serie, longitud, peso, sexo) y se congela.
- No se consideran los estómagos cuyo contenido sean vísceras o pota fresca picada, para evitar el sesgo ocasionado por la concentración del recurso durante las faenas de pesca o la ingesta de residuos, por canibalismo.
- Los contenidos estomacales son remitidos al Laboratorio de Ecología Trófica para su análisis cualitativo y cuantitativo.

### Procesamiento de muestras de estómagos

El contenido estomacal individual se coloca en un tamiz de malla de 300 a 500  $\mu$  para ser lavado con agua corriente, luego se separan manualmente los diferentes elementos de la dieta tales como otolitos, huesos, picos de cefalópodos, cefalotórax de crustáceos, etc. Los elementos dietarios son vertidos en placas petri y observados con microscopio estereoscópico (60x y 120x) para su determinación al mínimo taxón posible (ALEGRE 2011).

### Stomach collection

- Sampling should be **carried out away from the group of commercial vessels present in the area, or at the beginning of the fishing operation**, to avoid bias caused by the concentration of the resource or the presence of waste.
- Stomach collection is carried out by sex (5 females, 5 males), at 10 cm length intervals, every 2 degrees latitude and at a distance from the coast of 0 - 60 nautical miles, 61 - 120 nm, 120 - 180 nm, >180 nm. If possible, consider collection by time intervals: 0 - 4 h, 4 - 8 h, 8 - 12 h, 12 - 16 h, 16 - 20 h, 20 - 24 h.
- The degree of stomach repletion (fullness) is determined using a 3-stage scale: 0= empty, 1= partially full, 2= full.
- The entire stomachs are removed and stored in properly coded plastic bags. Aboard small artisanal vessels, they are immersed in ice. On larger vessels, they are stored in freezing tunnels at -35 °C and on scientific research vessels, or in freezer chambers at laboratories, at -10 °C. If the stomach contents are very large, a fraction (aliquot) shall be taken and the size of the stomach shall be indicated on the label and on the sampling form (F 05 - B/IMP).
- The stomach contents are filtered through a 300 to 500  $\mu$  sieve (Fig. 15) and the degree of digestion is determine through a 4-stage empirical scale: 1 = undigested, 2 = poorly digested, 3 = highly digested and 4 = fully digested. The filtered content is placed in a bag with label with the corresponding data (station number, series, length, weight, sex) and frozen.
- Stomachs whose contents are viscera or freshly chopped jumbo squids are not considered, in order to avoid bias caused by the concentration of the resource during fishing operations or the ingestion of residues, by cannibalism.
- Stomach contents are sent to the Laboratory of Trophic Ecology for qualitative and quantitative analysis.

### Processing of stomach samples

The individual stomach contents are placed on a 300 to 500  $\mu$  mesh sieve to be washed with running water, then the different elements of the diet such as otoliths, bones, cephalopod beaks, crustacean cephalothorax, etc. are separated manually. The dietary elements are poured into petri dishes and observed with a stereoscopic microscope (60x and 120x) for determination at the lowest possible taxon (ALEGRE 2011).

Las presas debidamente identificadas son cuantificadas en número y peso para cada estómago. La información es procesada y expresada en cantidades relativas de acuerdo a los criterios de agrupamiento de periodicidad (mensual, trimestral, anual), tallas y zonas de procedencia según los métodos numéricos (% N - Número), gravimétrico (% P - Peso) y de frecuencia de ocurrencia (FO) (BERG 1979, HYSLOP 1980).

### Recolección, montaje y lectura de estatolitos para la determinación de micro-incrementos

#### Recolección de estatolitos

- Se coloca al ejemplar apoyado sobre el dorso, se retira el sifón y queda descubierto el cartilago en forma de silla de montar.
- Se realiza un corte transversal con una hoja de bisturí o un cuchillo afilado, se atraviesa la cavidad del estatocisto dentro de la cual se encuentran los estatolitos, los cuales se extraen con una pinza fina (tipo relojero) (Fig. 16).

Luego de limpiar los estatolitos con alcohol (70%) se depositan en un cartón horadado, colocando cada par de estatolitos debidamente rotulados en una horadación.

#### Montaje de estatolitos

Se utiliza el método propuesto por ARKHIPKIN 1991, DAWE y NATSUKARI 1991. El estatolito se coloca con la cara anterior cóncava hacia arriba, cerca del borde del portaobjetos debidamente etiquetado, usando una resina de montaje sintético "crystalbond" y derretido sobre una plancha térmica a 60 °C. El rostro del estatolito se orienta hacia la parte interior del portaobjetos, mientras que el domo dorsal queda hacia el borde externo. Es importante que el plano de la superficie anterior del domo dorsal quede paralelo respecto al plano de la superficie del portaobjetos. El lijado inicial se realiza con lija comercial de grano 1000-1500. Posteriormente se pule con solución de polvo de alúmina de 0,3 µm (YATSU *et al.* 1997).

Durante este proceso, el estatolito se observa a través de una lupa estereoscópica con luz transmitida, a 50x y con el microscopio óptico a 100x, con el fin de detectar el foco y los primeros incrementos en torno al núcleo, momento en que cesa de pulirse esta cara del estatolito. Posteriormente, la lámina portaobjetos con el estatolito se calienta en la plancha térmica; con la ayuda de una hoja de disección se voltea el estatolito con la cara posterior convexa hacia arriba y se sumerge en la gota del medio de montaje, hasta llegar a la superficie de la lámina portaobjeto, para después eliminar el excedente.

Duly identified prey is quantified in number and weight for each stomach. The information is processed and expressed in relative quantities according to the criteria for grouping periodicity (monthly, quarterly, annual), sizes and areas of origin according to numerical (% N - Number), gravimetric (% W - Weight) and frequency of occurrence (FO) methods (BERG 1979, HYSLOP 1980).

### Collection, assembly and reading of statoliths for the determination of micro-increments

#### Collection of statoliths

- Place the squid on its back, remove the siphon and uncover the saddle-shaped cartilage.
- A transversal cut is made with a scalpel blade or a sharp knife, and the statolithic cavity inside which the statoliths are located is pierced and removed with a fine clamp (watchmaker-type) (Fig. 16).

After cleaning the statoliths with alcohol (70%), they are placed in a perforated cardboard box, placing each pair of properly labeled statoliths in a hole.

#### Assembly of statoliths

The method proposed by ARKHIPKIN 1991, DAWE & NATSUKARI 1991 is used. The statolith is placed with the concave front face up, near the edge of the labelled slide, using a synthetic mounting resin "crystalbond" and melted on a 60 °C hot plate. The face of the statolith is oriented towards the inner part of the slide, while the dome is oriented towards the outer edge of the slide. It is important that the plane of the anterior surface of the dome is parallel to the plane of the slide surface. The initial sanding is done with 1000-1500 grit commercial sandpaper. It is then polished with 0.3 µm alumina powder solution (YATSU *et al.* 1997).

During this process, the statolith is observed through a stereoscopic magnifying glass with transmitted light, at 50x and with the optical microscope at 100x, in order to detect the focus and the first increments around the nucleus, when this face of the statolith ceases to be polished. Afterwards, the slide film with the statolith is heated on the thermal plate; with the help of a dissecting sheet the statolith is turned over with the convex rear face upwards and immersed in the drop of the mounting medium until it reaches the surface of the slide film and then the excess is removed.

El lijado de la cara posterior se realiza con lija comercial de grano 1000 - 1500, seguido de un pulido con solución de polvo de alúmina de 0,3  $\mu\text{m}$ . El desarrollo del pulido se evalúa continuamente a través de la lupa estereoscópica y el microscopio óptico, hasta que se lleguen a observar todos los incrementos desde el núcleo hasta el borde del domo dorsal. Luego se cubre el estatolito, sin desmontarlo, con varias gotas de bálsamo de Canadá y se coloca un cubreobjetos sobre el montaje. La preparación permanece en la estufa a 60 °C durante 12 horas, para que el bálsamo seque completamente; también puede secarse a 70 - 90 °C por una hora.

### Lectura de microincrementos

El conteo de incrementos se realiza ordinariamente a 400 aumentos usando un filtro de luz polarizada, desde el borde del núcleo (considerando el primer incremento como el correspondiente al momento de la eclosión) hasta el borde del domo dorsal (Figs. 17, 18). Cuando los incrementos no se pueden observar en alguna región del estatolito, se procede a extrapolar de acuerdo al número de incrementos contados en las 10 unidades de micrómetro ocular de las regiones adyacentes. Se puede optar por leer el estatolito derecho, dejando el izquierdo como reserva. La lectura se realiza por dos lectores de forma independiente utilizando el mismo microscopio óptico. La edad de cada calamar se calcula como la media obtenida por cada lector. Cuando la diferencia de las edades es mayor al 10%, los estatolitos se vuelven a leer hasta llegar a consenso (PIERCE *et al.* 2001).

El modelo de crecimiento para cada sexo, será el que tenga el mayor coeficiente de determinación ( $r^2$ ) y el menor coeficiente de variación (CV) (ARKHIPKIN y FETISOV 2000).

Sanding of the rear face is done with 1000 - 1500 grit commercial sandpaper, followed by polishing with 0.3  $\mu\text{m}$  alumina powder solution. The polishing process is continuously evaluated using the stereoscopic magnifier and the optical microscope until all increments from the core to the dome edge are observed. The statolith is then covered, without disassembly, with several drops of Canada Balm and a coverslip is placed over the assembly. The preparation remains in the oven at 60 °C for 12 hours, so that the balsam dries completely; it can also be dried at 70 - 90 °C for one hour.

### Reading of micro-increments

The increment count is ordinarily performed at 400 magnifications using a polarized light filter, from the edge of the core (considering the first increment as the one corresponding to the moment of hatching) to the edge of the dorsal dome (Figs. 17, 18). When the increments cannot be observed in any region of the statolith, extrapolate according to the number of increments counted in the 10 eye micrometer units of the adjacent regions. It is possible to choose to read the right statolith, leaving the left one as a reserve. The reading is done by two independent readers using the same optical microscope. The age of each squid is calculated as the average age obtained by each reader. When the age difference is greater than 10%, the statoliths are re-read until consensus is reached (PIERCE *et al.* 2001).

The growth model for each sex will be the one with the highest coefficient of determination ( $r^2$ ) and the lowest coefficient of variation (CV) (ARKHIPKIN & FETISOV 2000).



Figura 15.- Tamizado de los contenidos estomacales

Figure 15. Sieving of stomach contents

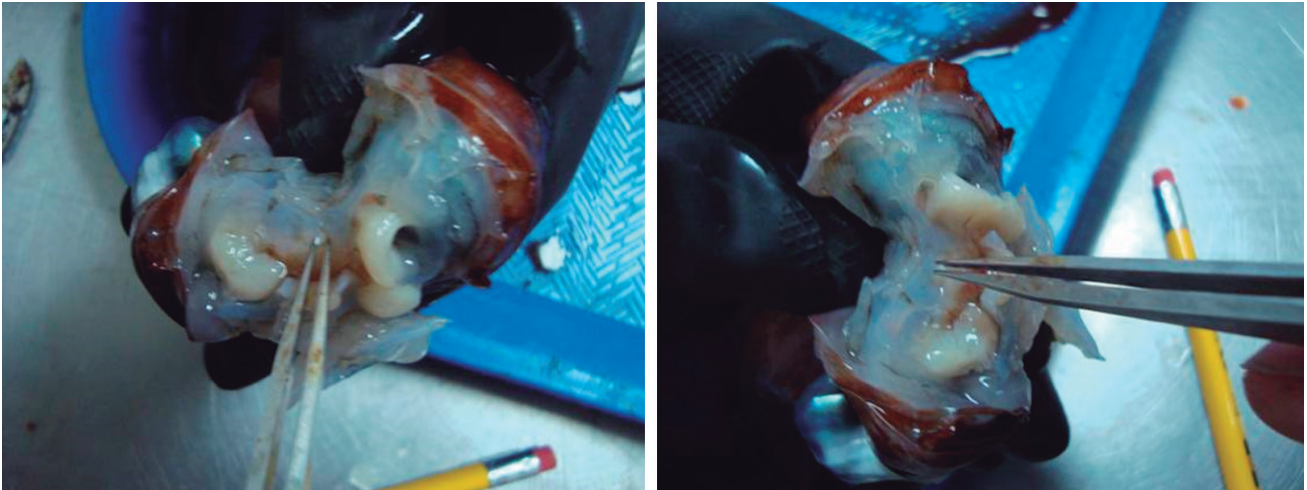


Figura 16.- Extracción de estatolitos del calamar gigante  
Figure 16. Extraction of statoliths from jumbo flying squid

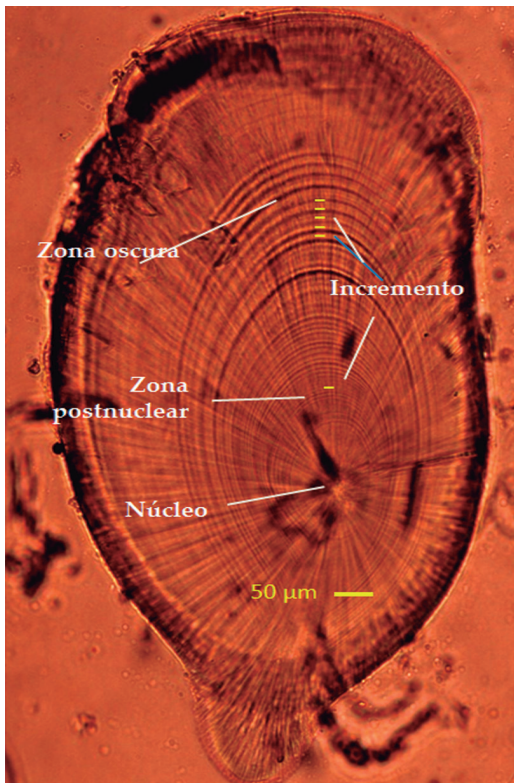


Figura 17.- Partes de una sección del estatolito R=rostro, N=núcleo, DD=Domo dorsal, DL=Domo lateral

Figure 17. Parts of a section of the statolith R=face, N=core, DD=Dorsal dome, DL=Side dome

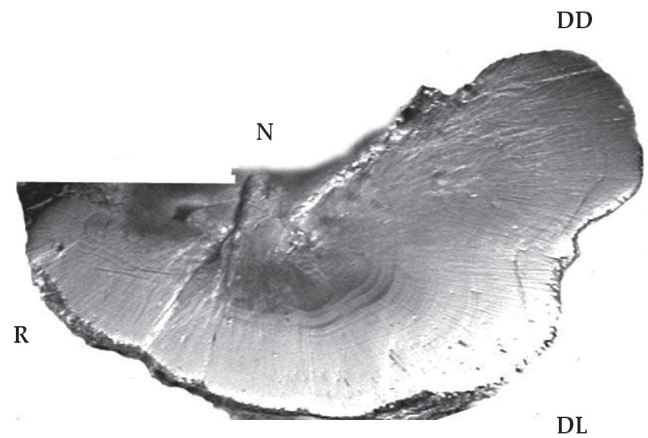


Figura 18.- Microfotografía de una sección de estatolitos de pota juvenil de 84 mm LMD mostrando los microincrementos y las zonas. 100X Cr.0702-04

Figure 18. Microphotography of a section of statoliths of juvenile jumbo flying squid of 84 mm DML showing the micro-increments and the zones. 100X Cr.0702-04

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En la investigación científica se emplean muestras como medio de acercarse al conocimiento de la realidad, por lo tanto, estas muestras deben representar a la población que se investiga para conocer las posibles fuentes de sesgo (SPARRE y VENEMA 1992) y asimismo las muestras deben provenir de un adecuado diseño muestral que garantice la confiabilidad de los resultados orientados a una adecuada y oportuna gestión pesquera.

En la investigación pesquera, el objetivo inmediato es el conocimiento de las poblaciones de recursos hidrobiológicos que sustentan las diferentes pesquerías, con la finalidad de establecer las bases para su adecuada administración (ESPINO *et al.* 1995). Siendo imposible analizar toda la población, se recurre a la teoría inferencial mediante la cual a través de una muestra se pueda observar las características de los individuos, infiriendo luego a la población tales características, siempre y cuando dicha muestra represente una cobertura suficiente del área de distribución de la(s) especie(s), y se haga con una periodicidad y frecuencia adecuadas que permita observar los posibles cambios espacio-temporales; asimismo, que se efectúen sostenida y sistemáticamente de tal manera que asegure una observación permanente (ESPINO *et al.* 1995).

En el caso de los calamares y específicamente en *Dosidicus gigas*, su amplio rango de distribución latitudinal y longitudinal en el Pacífico Oriental (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001, CROSGROVE 2005, HATFIELD y HOCHBERG 2006, ZEIDBERG y ROBISON 2007, FIELD *et al.* 2007, KEYL *et al.* 2008, OKUTANI 2015) y la alta variabilidad de su comportamiento en función a las condiciones del ambiente marino, principalmente frente a la costa peruana caracterizada por grandes fluctuaciones ambientales (ARGÜELLES *et al.* 2008, KEYL *et al.* 2008, 2011; ARGÜELLES y TAFUR 2010) hacen necesario contar con una mayor cobertura e intensidad de muestreo para conocer la magnitud y características de los cambios producidos en su distribución, abundancia y estado biológico.

Al respecto, la información de la pesquería artesanal brinda conocimiento de esta actividad en el área de operatividad de la flota, la cual está limitada por la autonomía de las embarcaciones y la capacidad de conservación a bordo, en tanto, que la flota industrial puede operar a partir de 80 mn de la línea de costa (ROSAS *et al.* 2013), lo que está establecido en el "Reglamento de Ordenamiento Pesquero del Calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*)" mediante el Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE. Los cruceros de investigación, pescas exploratorias y otras actividades en el mar permiten complementar la observación de los recursos pesqueros obtenidos a través de las

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

In scientific research, samples are used as a means to get closer to the knowledge of reality; therefore, these samples must represent the population under investigation in order to know the possible sources of bias (SPARRE & VENEMA 1992) and also the samples must come from an adequate sample design that guarantees the reliability of the results oriented to an adequate and opportune fishing management.

In fisheries research, the immediate objective is the knowledge of the populations of hydrobiological resources that support the different fisheries, with the aim of establishing the bases for their proper management (ESPINO *et al.* 1995). Since it is impossible to analyze the entire population, the inferential theory is used to observe the characteristics of the individuals through a sample, and then to infer these characteristics to the population, provided that the sample represents sufficient coverage of the distribution area of the species, and that it is done with adequate frequency and periodicity to observe possible spatio-temporal changes, and that they are carried out in a sustained and systematic manner to ensure permanent observation (ESPINO *et al.* 1995).

In the case of squids, and specifically in *Dosidicus gigas*, their wide latitudinal and longitudinal range in the Eastern Pacific (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001, CROSGROVE 2005, HATFIELD & HOCHBERG 2006, ZEIDBERG & ROBISON 2007, FIELD *et al.* 2007, KEYL *et al.* 2008, OKUTANI 2015) and the high variability of their behavior according to the conditions of the marine environment, mainly off the Peruvian coast characterized by large environmental fluctuations (ARGÜELLES *et al.* 2008, KEYL *et al.* 2008, 2011; ARGÜELLES & TAFUR 2010), make it necessary to have a greater coverage and intensity of sampling to know the magnitude and characteristics of the changes produced in their distribution, abundance and biological state.

In this regard, the information on the artisanal fishery provides insights on this activity in the area of fleet operation, which is limited by the autonomy of the vessels and the capacity to keep them on board, while the industrial fleet can operate from 80 nm from the coastline (ROSAS *et al.* 2013), which is established in the "Regulation on the Management of the Jumbo Flying Squid (*Dosidicus gigas*) Fishery" through Supreme Decree No. 014-2011-PRODUCE. Research cruises, exploratory fishing and other activities at sea complement the observation of fishery resources obtained through fisheries by providing *in situ* information on the resources and

pesquerías, brindando información *in situ* sobre los recursos y el ambiente marino asociado, así como otras características de la extracción.

La variabilidad del ambiente en el mar peruano afecta a las poblaciones de las diferentes especies que habitan en el ecosistema (ÑIQUEN *et al.* 2004, ESPINO 2003, ARGÜELLES y TAFUR 2010, ESPINO y YAMASHIRO 2012, ESPINO 2013), dependiendo de la amplitud, intensidad y duración de los eventos cálidos o fríos; por lo tanto, una adecuada planificación del sistema de muestreos contribuirá eficazmente al conocimiento de los cambios espacio-temporales producidos en la distribución, abundancia y comportamiento biológico de los recursos. En un medio de alta variabilidad ambiental, el diseño de muestreo debe ser flexible y adaptativo, de acuerdo a los diferentes escenarios y condiciones del entorno asociado a las especies objeto de estudio.

the associated marine environment, as well as other characteristics of extraction.

The variability of the environment in the Peruvian sea affects the populations of the different species that inhabit the ecosystem (ÑIQUEN *et al.* 2004, ESPINO 2003, ARGÜELLES & TAFUR 2010, ESPINO & YAMASHIRO 2012, ESPINO 2013), depending on the amplitude, intensity and duration of the hot or cold events; therefore, an adequate planning of the sampling system will effectively contribute to the knowledge of the spatio-temporal changes produced in the distribution, abundance and biological behavior of the resources. In an environment of high environmental variability, the sampling design should be flexible and adaptive, according to the different scenarios and environmental conditions associated with the species under study.

## 5. REFERENCIAS/REFERENCES

- ALEGRE A. 2011. Relaciones ontogénicas y espacio-temporales en la dieta del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en Perú, utilizando un Modelo Aditivo Generalizado. Tesis para optar el Grado de Magister Scientiae en Estadística Aplicada, Universidad Nacional Agraria La Molina. 113 p.
- ARGÜELLES J, RHODHOUSE P, VILLEGAS P, CASTILLO G. 2001. Age Growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *Fisheries Research*. 54: 51-61.
- ARGÜELLES J, TAFUR R, TAÍPE A, VILLEGAS P, KEYL F, DOMÍNGUEZ N, SALAZAR M. 2008. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989–2004. *Prog. Oceanogr.* 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.
- ARKHIPKIN A I. 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 I, FETISOV A A. 2000. Population structure and growth of the squid *Illex illecebrosus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Nova Scotia, north-west Atlantic. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 80: 967-968.
- BERG J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes, with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Mar. Biol.* 50: 263-273.
- COSGROVE J A. 2005. The first specimens of Humboldt squid in British Columbia. *PICES Press*. Vol.13 (2): 30-31.
- DAWE E G, NATSUKARI Y. 1991. Light microscopy. In P. Jereb, S. Ragonese y S. v. Boletzky, eds. *Squid age determination using statoliths*, pp. 83-95. Proceedings of the international workshop held in the Istituto di Tecnologia della Pesca e del Pescato, 9-14 October 1989. N.T.R.-I.T.P.P. Publ. Especial No. 1, Mazara del Vallo, Sicilia, Italia. 127 pp.
- EHRHARDT N M, SOLIS N A, JACQUEMIN P S, ORTIZ J, ULLOA P, GONZÁLES G, GARCÍA F. 1986. Análisis de la biología y condiciones del stock del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Golfo de California, México, durante 1980. *Ciencia Pesquera Ins. Nal. Pesca Sria Pesca, México*. 63-76.
- ESPINO M. 2003. Estrategia de gestión ambiental para el Pacífico oriental con especial mención a la pesquería peruana. Tesis Magister en Geografía, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima. 112 pp.
- 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. Per. Biol.* Número especial 20(1): 9-20.
- ESPINO M, YAMASHIRO C. 2012. La variabilidad climática y las pesquerías en el Pacífico Suroriental. In: P.M. Arana (Guest Editor) *International Conference: "Environment and Resources of the South Pacific"* *Lat. Am. J. Aquat. Res.* 40(3): 705-721. DOI: 103856/vol40-issue3-fulltext-18
- ESPINO M, YAMASHIRO C, FERNÁNDEZ F, CÁRDENAS G. 1995. Aspectos metodológicos relacionados con el análisis de las pesquerías y sus recursos (Guía para el seguimiento de las pesquerías). *Informe Inst. Mar Perú* 111: 1-34.
- FIELD J, BALTZ K, PHILLIPS J, WALKER W. 2007. Range expansion and trophic interaction of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California Current. *CalCofi Rep.* 48: 131-146.
- GUEVARA-CARRASCO R, MARIÁTEGUI L, YAMASHIRO C. 2018. Aspectos de la ordenación pesquera del calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*) y la variabilidad climática en el Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 285-301.
- HARMAN R F, YOUNG R E, MANGOLD K M, SUZUKI T, HIXON R F. 1989. Evidence of multiple spawning in the tropical oceanic squid *Sthenoteuthis oualaniensis* (Teuthoidea: Ommastrephidae). *Mar. Biol.* 101: 513-519.
- HATFIELD E M C, HOCHBERG F. 2006. *Dosidicus gigas*: northern range expansion events. In: B. Olson and J. Young (Editors). *The Role of Squid in Pelagic Marine Ecosystems GLOBEC-CLIoTOP WG3 Workshop*, University of Hawaii, Manoa.

- HYSLOP E. 1980. Stomach contents analysis-a review of methods and their applications. *Journal of Fish Biology*. 17 (4): 411-429.
- JEREB P, ROPER C F E. (Eds.) 2010. Species Catalogue for Fishery Purposes Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of cephalopod species known to date. Volume 2, Myopsid and Oegopsid Squids. FAO Rome. Vol. 2 (4): 605 p.
- KEYL F, WOLFF M, ARGUELLES J, MARIATEGUI L, TAFUR R, YAMASHIRO, C. 2008. A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Eastern Pacific Ocean. *CalCofi Rep*. 49: 119-128.
- KEYL F, ARGUELLES J, TAFUR R. 2011. Interannual variability in size structure, age, and growth of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) assessed by modal progression analysis. *ICES J. Mar. Sci.* 68: 507-518.
- MARIATEGUI L, TAFUR R, LIMACHI S. 2009. Plan para obtener información a bordo de buques calamareros. Curso de Capacitación Técnicos Científicos de Investigación (TCI) en barcos pesqueros, Callao-Perú. 110-129.
- MARIATEGUI L, PIZARRO L, BLASKOVIC V, GOICOCHEA C, VÁSQUEZ L, MARQUINA R, CRISPIN A. 2011. El calamar gigante *Dosidicus gigas* en el mar peruano. Crucero B/P Hakurei Maru N° 8, primavera 2010 y verano 2011. *Inf. Inst. Mar Perú*. 38(4): 395-413.
- MARKAIDA U. 2001. Biología del calamar gigante *Dosidicus gigas* Orbigny, 1835 (Cephalopoda: Ommastrephidae) en el Golfo de California, México. Tesis de Grado de Doctor en Ciencias, Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada, Baja California, México. 426 p.
- NESIS K N. 1983. *Dosidicus gigas*. In: P. R. Boyle (Ed.) *Cephalopod Life Cycles*. Volume I: Species Accounts, London, Academic Press. 475 pp.
- NIGMATULLIN CH 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.
- ÑIQUEM M, CHIPOLLINI A, ECHEVARRÍA A, MORI J, BUITRÓN B. 2004. Cambios biológicos en los principales recursos marinos peruanos en el verano 2001. *Inf. Inst. Mar Perú-Callao*. 32(1): 57-62.
- OKUTANI T. 2015. *Cuttlefishes and squids of the world* (New Edition). Publication of the 50<sup>th</sup> Anniversary of the Foundation of National Cooperative Association of Squid Processors. 246 p.
- PAULINO C, SEGURA M, CHACÓN G. 2016. Spatial variability of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) fishery related to remotely sensed SST and chlorophyll-a concentration (2004-2012). *Fisheries Research*, 173(2), 122-127. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.10.006>
- PEREA A, SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2018. Escala de madurez gonadal del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny; 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae). *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 137-152.
- PIERCE D J, MAHMOUDI B, WILSON R R JR. 2001. Age and growth of the scaled herring, *Harengula jaguana*, from Florida waters, as indicated by microstructure of the sagittae. *Fish. Bull.* 99: 202-209.
- ROCHA F, GUERRA A, GONZALEZ A F. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol. Rev.* 76: 291-304.
- ROCHA F, GONZÁLEZ A F, RASERO M, GUERRA A, CASTRO B G, CORTEZ T. 1996. An overview on the reproductive strategies in Cephalopoda. ICES Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History. Abstract (April 1996, Lisbon, Portugal)
- RODHOUSE P G. 2001. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments. *Fisheries Research*. 54: 3-8.
- ROSA R, YAMASHIRO C, MARKAIDA U, RODHOUSE P, WALUDA C, SALINAS-ZAVALA C, KEYL F, O'DOR R, STEWART J, GILLY W. 2013. *Dosidicus gigas*, Humboldt Squid. In: R Rosa, R O'Dor and GJ Pierce (Eds). *Advances in Squid Biology, Ecology and Fisheries Part II Oegopsid Squids*, Nova Science Publishers, Inc., New York. pp. 169-206.
- SÁNCHEZ J. 2011. Escala de madurez gonadal y fecundidad de *Dosidicus gigas* (D'Orbigny, 1835) (Mollusca: Cephalopoda) 'calamar gigante' o 'pota'. Tesis para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología, Universidad Nacional Federico Villarreal. Lima-Perú., 90 p.
- SPARRE P, VENEMA S C. 1992. Introduction to tropical fish stock assessment. Part I. Manual. FAO Rome. *Fisheries Technical Paper* 306, Rev. 1, 376 p.
- STAARF D J, CAMARILLO-COOP S, HADDOCK S H D, NYACK A C, PAYNE J, SALINAS-ZAVALA C A, SEIBEL B A, TRUEBLOOD L, WIDMER C, GILLY W F. 2008. Natural egg mass deposition by the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California and characteristics of hatchlings and paralarvae. *J. Mar. Biol. Assoc. UK*. 88(4): 759-770. doi:10.1017/S0025315408001422
- TAFUR R, CASTILLO G, FLORES D, TEJADA A, ZEBALLOS J, CHAMBILLA J, SANZ Y, TORRES E, MUÑOZ R, RAMIREZ A, RAMIREZ P, SANJINEZ M. 2013. Protocolo de salidas a la mar a bordo de embarcaciones marisqueras. Informe Interno Inst. Mar Perú. 22 p.
- 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.
- ZEIDBERG L, ROBISON B. 2007. Invasive range expansion by the Humboldt squid, *Dosidicus gigas* in the eastern North Pacific. *Proceedings of the National Academy*





ANEXO 2

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERU** **F 01 - BM/IMP**

**MUESTREO BIOMETRICO DE INVERTEBRADOS**

**ESPECIE :**

EMBC									
FECHA									
OPER.									
P CAP									
P MTR									
AREA									
TSM °C									
LONG.		LONG.		LONG.		LONG.		LONG.	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
0		0		0		0		0	
1		1		1		1		1	
2		2		2		2		2	
3		3		3		3		3	
4		4		4		4		4	
5		5		5		5		5	
6		6		6		6		6	
7		7		7		7		7	
8		8		8		8		8	
9		9		9		9		9	
<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>	

**RESPONSABLE :**

ANEXO 3

F 05 - B / IMP

INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ		MÉTODO DE CAPTURA	OPERACION	OBSERVADOR	PÁGINA N°
MUESTREO BIOLÓGICO DE CEFALÓPODOS					

ESPECIE	POSICIÓN		PROFUNDIDAD DE PESCA m.	TSM	EMBARCACIÓN	ÁREA PESCA	OBSERVACIONES
	FECHA	LATTITUD					
	S	W					

N°	LM mm	PESO TOTAL g	PESO MANTO g	SEXO ♂ ♀	COPULACIÓN S N	PESO ÓRGANOS REPRODUCTORES Y GLANDULAS ANEXAS			L.G. NID L. TEST. D.G. OVID.	MADUREZ	LLENURA ESTÓMAGO	PESO CONTEN. ESTOMAC. g	PESO G. DIG. g	DESCRIPCIÓN CONTENIDO ESTOMACAL	OBSERVACIONES
						TESTÍCULO OVARIO g	COMPLEJO ESPT. OVIDUCTO Y GLAND. g	SACO ESPT. GL. NID. g							
1										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
2										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
3										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
4										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
5										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
6										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
7										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
8										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
9										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
0										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
1										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
2										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
3										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
4										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
5										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
6										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
7										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
8										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
9										1 2 3 4 5	0 1 2 3				
0										1 2 3 4 5	0 1 2 3				

RESPONSABLE DEL MUESTREO:

ANEXO 4

**INSTITUTO DEL MAR DEL PERU**

**REGISTRO OPERACIONAL DE BARCOS CALAMAREROS**

F 03 - C / IMP

BARCO \_\_\_\_\_ FECHA ZARPE \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ FECHA ARRIBO \_\_\_\_\_ HORA \_\_\_\_\_ OBSERVADOR \_\_\_\_\_

PESO DEL BLOQUE (kg) 1° \_\_\_\_\_ 2° \_\_\_\_\_ 3° \_\_\_\_\_ 4° \_\_\_\_\_ 5° \_\_\_\_\_ 6° \_\_\_\_\_ 7° \_\_\_\_\_ 8° \_\_\_\_\_

OPERACION								
FECHA								
LATITUD INICIO								
LONGITUD INICIO								
HORA	INICIO							
	FIN							
TIEMPO-OPERACION								
MAQ.	DOBLES							
	SIMPLES							
NUMERO POTERAS								
TSM	INICIO							
	FIN							
PROF. CARDUMEN								
LATITUD FINAL								
LONGITUD FINAL								
AREA DE PESCA								
DIST. A LA COSTA								
N° BLOQUE	1° ENTERO							
	2° EVISCER.							
	3° Mra Tubo							
	4° Mra filete							
	5° MANTO 1/2							
	6° ALETA							
	7° CABEZA							
	8°							
PRODUCCION (kg)								
CAPTURA (kg)								
OBSERVACIONES								

ANEXO 5

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

ZONA DE PROCEDENCIA

FORMULARIO DE MUESTREO DEL AREA DE ECOLOGIA TROPICA

ESPECIE: \_\_\_\_\_  
 OPERACION: \_\_\_\_\_  
 EMBARCACION: \_\_\_\_\_  
 CALA: \_\_\_\_\_  
 CAPTURA: \_\_\_\_\_  
 MUESTRA: \_\_\_\_\_

FECHA: \_\_\_\_\_  
 HORA: \_\_\_\_\_  
 TSM: \_\_\_\_\_  
 TPC: \_\_\_\_\_  
 OXIGENO (CARDUMEN): \_\_\_\_\_  
 PROF. CARDUMEN: \_\_\_\_\_

LATITUD: \_\_\_\_\_  
 LONGITUD: \_\_\_\_\_  
 DIST. COSTA: \_\_\_\_\_  
 AREA ISOP: \_\_\_\_\_  
 Nº estómagos llenos: \_\_\_\_\_  
 Nº estómagos vacíos: \_\_\_\_\_

N°	L	PT	Sexo	PCE	P		N		P		N		P		N	
					P	N	P	N	P	N	P	N				
1																
2																
3																
4																
5																
6																
7																
8																
9																
10																
11																
12																
13																
14																
15																
16																
17																
18																
19																
20																
21																
22																
23																
24																
25																
26																
27																
28																
29																
30																

Muestra colectada por:

Pesado por:

Analizado por:

Digitador:

# VARIABILIDAD ESPACIAL Y TEMPORAL DE PARALARVAS DE CEFALÓPODOS (1980-2014) EN EL MAR PERUANO

## SPATIO-TEMPORAL VARIABILITY OF CEPHALOPOD PARALARVAE (1980-2014) IN THE PERUVIAN WATERS

Patricia Ayón<sup>1</sup>

### RESUMEN

AYÓN P. 2018. Variabilidad espacial y temporal de paralarvas de cefalópodos (1980-2014) en el mar peruano. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 253-265.- En este trabajo se analiza la distribución y abundancia espacio temporal de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano entre los años 1980 y 2014, provenientes de muestreos realizados por el IMARPE en la capa superficial de 50 metros. Después de la década de los años 1990, la presencia de las paralarvas muestra incremento tanto en abundancia relativa como en frecuencia de ocurrencia. Asimismo, se encuentra relación del incremento en frecuencia de ocurrencia de paralarvas con los desembarques del recurso calamar gigante (*Dosidicus gigas*).

PALABRAS CLAVE: paralarvas, cefalópodos, Corriente de Perú, series de tiempo

### ABSTRACT

AYÓN P. 2018. Spatio-temporal variability of cephalopod paralarvae (1980-2014) in the Peruvian waters. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 253-265.- This paper analyzes the distribution and Spatio-temporal abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea between 1980 and 2014, from samples taken by IMARPE in the superficial layer of 50 meters. Paralarvae show an increase in frequency and abundance after the 1990s when there is also an increase in both relative abundance and frequency of occurrence. Likewise, there is a relationship between the increases in the frequency of occurrence of paralarvae with the landings of the jumbo flying squid resource (*Dosidicus gigas*).

KEYWORDS: paralarvae, cephalopods, Peru's Current System, time series

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema de la Corriente de Perú es altamente productivo y genera más peces por unidad de área que ninguna otra región del mundo, a pesar que representa menos del 0,1% de la superficie del mundo pero produce cerca del 10% de la captura total de peces del mundo (CHAVEZ *et al.* 2008). En este sistema, la especie más importante por sus niveles de biomasa es la anchoveta; sin embargo, a partir de 1991 se han incrementado significativamente los desembarques del calamar gigante, siendo capturada al inicio principalmente por la flota industrial y luego por la flota artesanal (YAMASHIRO *et al.* 1998, TAIPE *et al.* 2001, CHAVEZ *et al.* 2008, CSIRKE *et al.* 2015, ARGÜELLES *et al.* 2017).

Ese incremento ha generado interés para el desarrollo de un mayor número de estudios relacionados con esta especie, especialmente de su biología, distribución y concentración (TAFUR *et al.* 2001, ARGÜELLES *et al.* 2001, 2008; ARGÜELLES y TAFUR 2010, WALUDA *et al.* 2006). Sin embargo, poco o nada se ha estudiado en relación con sus primeros estados de vida, debido principalmente a que las investigaciones han estado dirigidas a otros recursos como anchoveta, sardina, jurel o merluza, sin considerar a los cefalópodos.

## 1. INTRODUCTION

Peru Current system is highly productive and generates more fish per unit area than any other region of the world, although it represents less than 0.1% of the world's surface area but produces about 10% of the world's total fish catch (CHAVEZ *et al.* 2008). In this system the most important species for its biomass levels is the anchoveta, however, since 1991, the landings of jumbo flying squid have increased significantly, being caught at first mainly by the industrial fleet and then by the artisanal fleet (YAMASHIRO *et al.* 1998, TAIPE *et al.* 2001, CHAVEZ *et al.* 2008, CSIRKE *et al.* 2015, ARGÜELLES *et al.* 2017).

This increase has generated interest for the development of a greater number of studies related to this species, especially its biology, distribution and concentration (TAFUR *et al.* 2001, ARGÜELLES *et al.* 2001, 2008; ARGÜELLES & TAFUR 2010, WALUDA *et al.* 2006). However, little or nothing has been studied in relation to the first stages of life, mainly due to the fact that research has been directed to other resources such as anchoveta, sardine, jack mackerel, and Peruvian hake without considering cephalopods.

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú, esquina Gamarra y General Valle s/n.  
Email: payon@imarpe.gob.pe

Este trabajo presenta la variabilidad temporal y espacial en las paralarvas de cefalópodos frente al mar peruano, a partir de una serie de datos recolectados por el IMARPE entre los años 1980 y 2014.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron datos de abundancias relativas de paralarvas de cefalópodos que provienen de 93 cruceros de investigación llevados a cabo por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) entre los años 1980 y 2014. Además, se analizaron las muestras de otro crucero de investigación científica realizado con el US RV Endeavor frente al Perú en 1984.

El área de estudio comprende todo el dominio marítimo peruano hasta 100 millas de la costa, complementados con datos de algunos cruceros de IMARPE que ocasionalmente extendieron sus perfiles hasta 200 mn de distancia de la costa (Fig. 1). En el análisis se incluyó también un grupo de muestras obtenidas a 840 mn de distancia de la costa frente a Paita (05°S) entre el 6 y el 24 de abril 1984 durante la expedición del US RV Endeavor, utilizando el mismo método de muestreo del IMARPE; en esas muestras no se encontraron paralarvas de cefalópodos, pero al usarse el mismo método de muestreo se considera de interés la información.

Las muestras fueron recolectadas mediante una red Hensen de 0,60 m de diámetro de boca, armada con una malla nylal de 330 micras y operada en arrastres verticales desde 50 m de profundidad hacia la superficie. Las paralarvas se contaron en el total de las muestras y las abundancias se expresan en número de individuos/m<sup>2</sup>. La determinación taxonómica fue solamente a nivel de clase Cephalopoda, sin distinguir un nivel taxonómico más específico. Para el cálculo de la abundancia promedio se utilizaron solo los resultados de las estaciones positivas.

Se trató de establecer la posible relación entre la frecuencia y la abundancia relativa de paralarvas con temperatura y salinidad superficiales del mar. La elaboración de los mapas de distribución y análisis de los datos se hicieron con el programa R.

## 3. RESULTADOS

### ABUNDANCIA RELATIVA Y FRECUENCIA

Los niveles de abundancia relativa de las paralarvas estuvieron en un rango entre 3 y 87 individuos/m<sup>2</sup>, predominando abundancias menores a 5 individuos/m<sup>2</sup> (Fig. 2). En los años de la década de 1980 se observó baja incidencia de estaciones con presencia de paralarvas, con frecuencia menor al 3% del total de las estaciones muestreadas. Desde el inicio de la década 1990 esta frecuencia se incrementa progresivamente alcanzando el

This work presents the spatio-temporal variability in the cephalopod paralarvae off the Peruvian sea from a time series collected by Imarpe between 1980 and 2014, obtained along this area.

## 2. MATERIAL AND METHODS

Relative abundance data from cephalopod paralarvae from 93 survey cruises carried out by the Peruvian Marine Research Institute (IMARPE in Spanish) between 1980 and 2014 were used. In addition, samples from another scientific survey cruise conducted with US RV Endeavor off Peru in 1984 were analyzed.

The study area covers the entire length of the Peruvian maritime domain up to 100 miles from the coast, complemented by data from some IMARPE cruise ships that occasionally extended their profiles to 200 nm from the coast (Fig. 1). The analysis also included a group of samples taken at 840 nm off the coast of Paita (05°S) between 6 and 24 April 1984 during the expedition of US RV Endeavor using the same IMARPE sampling method. No cephalopod paralarvae were found in the RV Endeavor samples, but when using the same sampling method the information is considered of interest.

The samples were collected through a Hensen net of 0.60 m in diameter, reinforced with a nylal mesh of 330 microns and operated in vertical trawls from 50 m depth to the surface. Paralarvae were counted in the total samples and abundances are expressed in number of individuals/m<sup>2</sup>. The taxonomic determination was only at the Cephalopoda class level, without distinguishing a more specific taxonomic level. For the calculation of the average abundance, only the positive stations were used.

An attempt was made to establish the possible relationship between the frequency and relative abundance of paralarvae with sea surface temperature and salinity. Data analysis and distribution mapping were done with R software.

## 3. RESULTS

### RELATIVE ABUNDANCE AND FREQUENCY

Paralarvae had relative abundance levels ranged from 3 to 87 individuals/m<sup>2</sup>, with abundances of less than 5 individuals/m<sup>2</sup> predominating (Fig. 2). In the 1980s, there was a low incidence of stations with paralarvae, often less than 3% of the total number of stations sampled. From the 1990s onwards, this frequency increased progressively, with a frequency of 11.78%

11,78%; en el periodo 2000-09 fue 13,31% y en el último periodo la frecuencia alcanza el 23,05% (Tabla 1).

for the period 1990-99, 13.31% for the period 2000-09 and 23.05% for the last period (Table 1).

Al analizar las horas en que fueron capturadas las paralarvas y su frecuencia de ocurrencia se encontró que durante las horas de luz (06:00-18:00 horas) esta frecuencia llegó al 20,84%, mientras que en las estaciones nocturnas fue 8,68%, casi 2,5 veces menos que durante las horas de luz.

When analyzing the hours in which paralarvae were captured and their frequency of occurrence, it was found that during the hours of light (06:00-18:00 hours) the frequency of occurrence reached 20.84%, while the frequency of occurrence in the night stations was only 8.68%, almost 2.5 times less than during the hours of light.

Tabla1.- Número de estaciones muestreadas, número de estaciones positivas con paralarvas de cefalópodos y frecuencia de ocurrencia (%) de estaciones positivas, por decenios, 1980 a 2014

Table 1. Number of stations sampled, number of positive stations with cephalopod paralarvae and frequency of occurrence (%) of positive stations, by decades, 1980 to 2014

Periodo	Estaciones muestreadas Sampled stations	Estaciones positivas Positive stations	Frecuencia (%) Frequency (%)
1980-89	1726	46	2,67
1990-99	2743	323	11,78
2000-09	4890	651	13,31
2010-14	2035	469	23,05

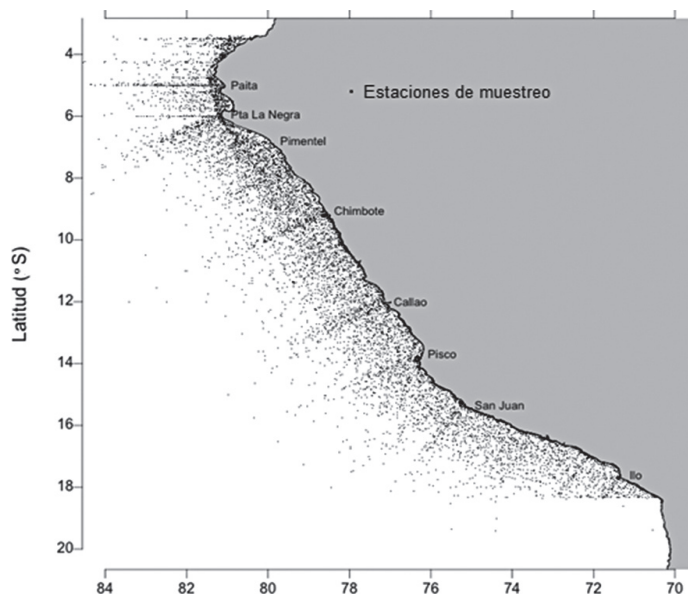


Figura 1.- Mapa de las estaciones de muestreo de paralarvas de cefalópodos realizadas por el IMARPE. 1980 - 2014

Figure 1. Map of the sampling stations of cephalopod paralarvae carried out by IMARPE. 1980 – 2014

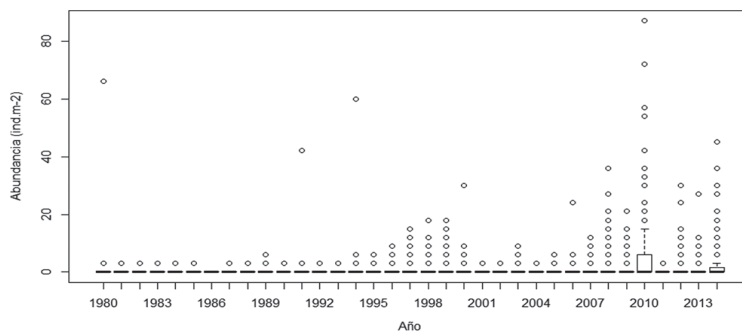


Figura 2.- Abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos (ind.m<sup>-2</sup>). 1980 - 2014

Figure 2. Relative abundance of cephalopod paralarvae (ind.m<sup>-2</sup>). 1980 – 2014

## DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

En el periodo 1980-89, las paralarvas mostraron distribución dispersa, sin ningún patrón definido (incluyendo el patrón latitudinal), encontrándose estaciones aisladas tanto en la parte costera como en la oceánica (Figs. 3a, 4, 5). La distribución para el periodo 1990-99 fue más amplia, áreas más densas con presencia de paralarvas y menor incidencia en la zona muy costera, principalmente entre Punta La Negra (06°S) y Pisco (14°S), en este periodo además se puede observar focos con mayores densidades al norte de Punta La Negra y al sur de Pisco (Figs. 3b, 5, 6). Durante el periodo 2000-09 la distribución es similar al periodo anterior, pero con mayor frecuencia en la zona norte principalmente, aún se sigue observando la ausencia de paralarvas en la parte costera entre Pimentel (06°50'S) y Pisco (Figs. 3c, 6, 7). Finalmente, en el periodo 2010-14, la distribución de las paralarvas estuvo más focalizado al norte de Pisco, con acercamiento hacia la parte costera, especialmente entre Chimbote (09°20'S) y Callao (12°10'S) con densidades mayores a lo observado anteriormente (Figs. 3d, 7, 8).

## RELACIÓN CON VARIABLES OCEANOGRÁFICAS

La presencia de paralarvas estuvo asociada a un amplio rango de temperatura superficial del mar entre 14,5 y 29,5 °C (Fig. 9). Las estaciones en donde se presentaron las mayores abundancias de paralarvas estuvieron asociadas a temperaturas comprendidas entre 20,0 y 26,0 °C. El rango de temperatura en donde se presentó la mayor frecuencia de ocurrencia de paralarvas fue entre 18,0 y 26,0 °C.

En relación con la salinidad superficial del mar, se observó presencia de paralarvas en un amplio rango entre 31,0 y 35,4 ups (Fig. 10). Las mayores abundancias estuvieron relacionadas con salinidades mayores a 33,0 ups estando los máximos de la abundancia asociados a salinidades mayores a 35,1 ups.

La presencia de paralarvas estuvo en todas las masas de agua que se encuentran en el mar peruano. Sin embargo se observa mayor incidencia de la presencia de ellas asociadas con las masas de agua de Aguas Subtropicales Superficiales (Fig. 11).

## SPATIAL DISTRIBUTION

In the period 1980-89, paralarvae showed scattered distribution, without any defined pattern, with isolated stations in both the coastal and oceanic parts, without a latitudinal pattern (Figs. 3a, 4, 5). The distribution for the period 1990-99 was wider, with denser areas with paralarvae and less incidence in the very coastal zone, mainly between Punta La Negra (06°S) and Pisco (14°S). In this period it is also possible to observe outbreaks with higher densities north of Punta La Negra and south of Pisco (Figs. 3b, 5, 6). During the 2000-09 period the distribution is similar to the previous period but more frequently in the northern area mainly, there is still the absence of paralarvae in the coastal part between Pimentel (06°50'S) and Pisco (Figs. 3c, 6, 7). Finally, in the period 2010-14, the distribution of the paralarvae was more focused to the north of Pisco, with an approach towards the coastal part especially between Chimbote (09°20'S) and Callao (12°10'S) with densities higher than those previously observed (Figs. 3d, 7, 8).

## RELATION TO OCEANOGRAPHIC VARIABLES

The presence of paralarvae was associated with a wide range of sea surface temperatures between 14.5 and 29.5 °C (Fig. 9); however, the seasons with the highest abundance of paralarvae were associated with temperatures between 20.0 and 26.0 °C. The temperature range in which the most frequency of paralarvae occurred was between 18.0 and 26.0 °C.

In relation to sea surface salinity, paralarvae were observed in a wide range between 31.0 and 35.4 ups (Fig. 10), but the greatest abundances were related to salinity greater than 33.0 ups, with the maximum abundance associated with salinity greater than 35.1 ups.

The presence of paralarvae was present in all the water masses found in the Peruvian sea. Nevertheless, there is a greater incidence of the presence of them associated with the water masses in Surface Subtropical Waters (Fig. 11).



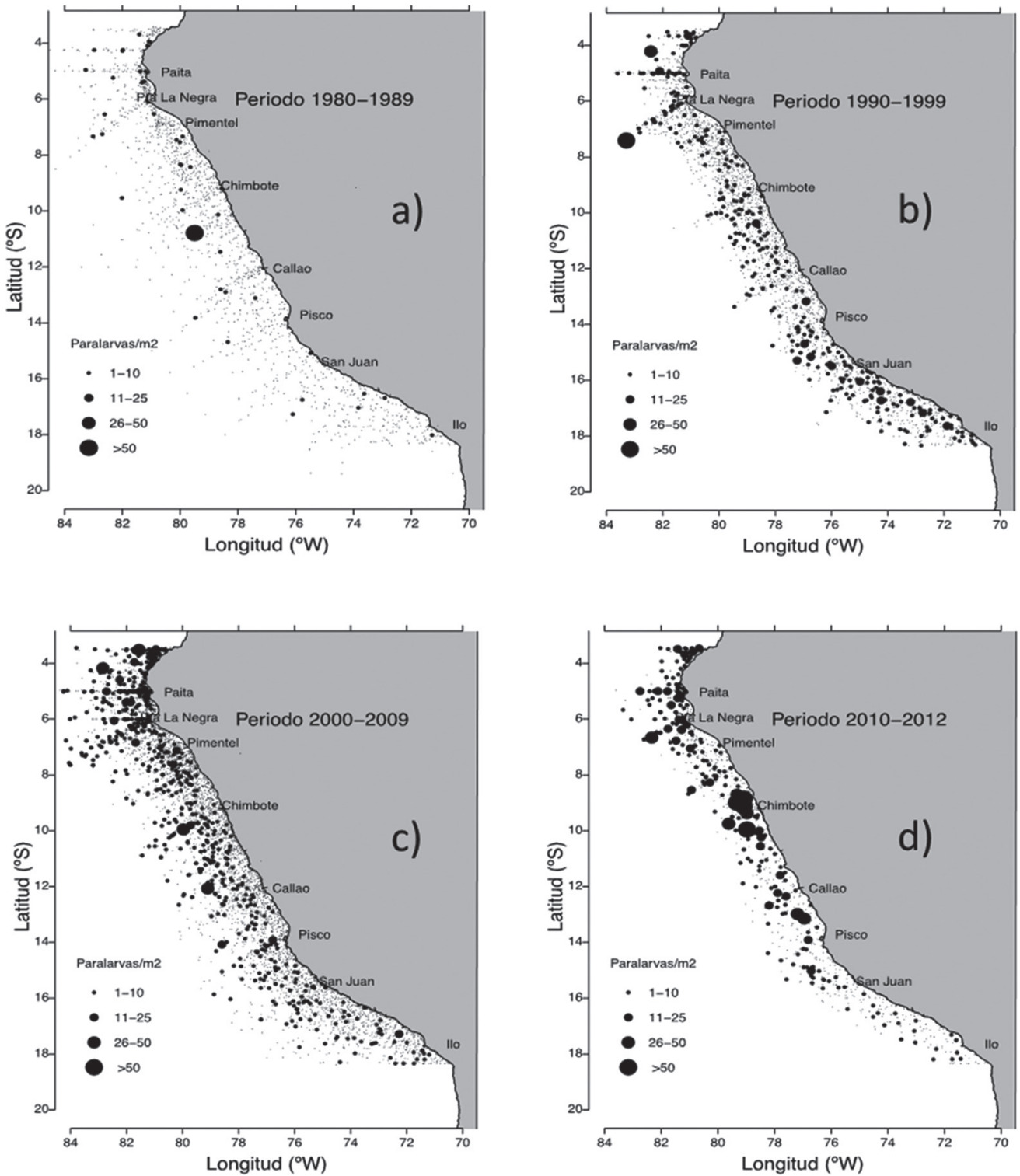


Figura 3.- Distribución espacial y abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano por décadas: a) 1980-89, b) 1990-99, c) 2000-09, d) 2010-12

Figure 3. Spatial distribution and relative abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian waters for decades: a) 1980-89, b) 1990-99, c) 2000-09, d) 2010-12

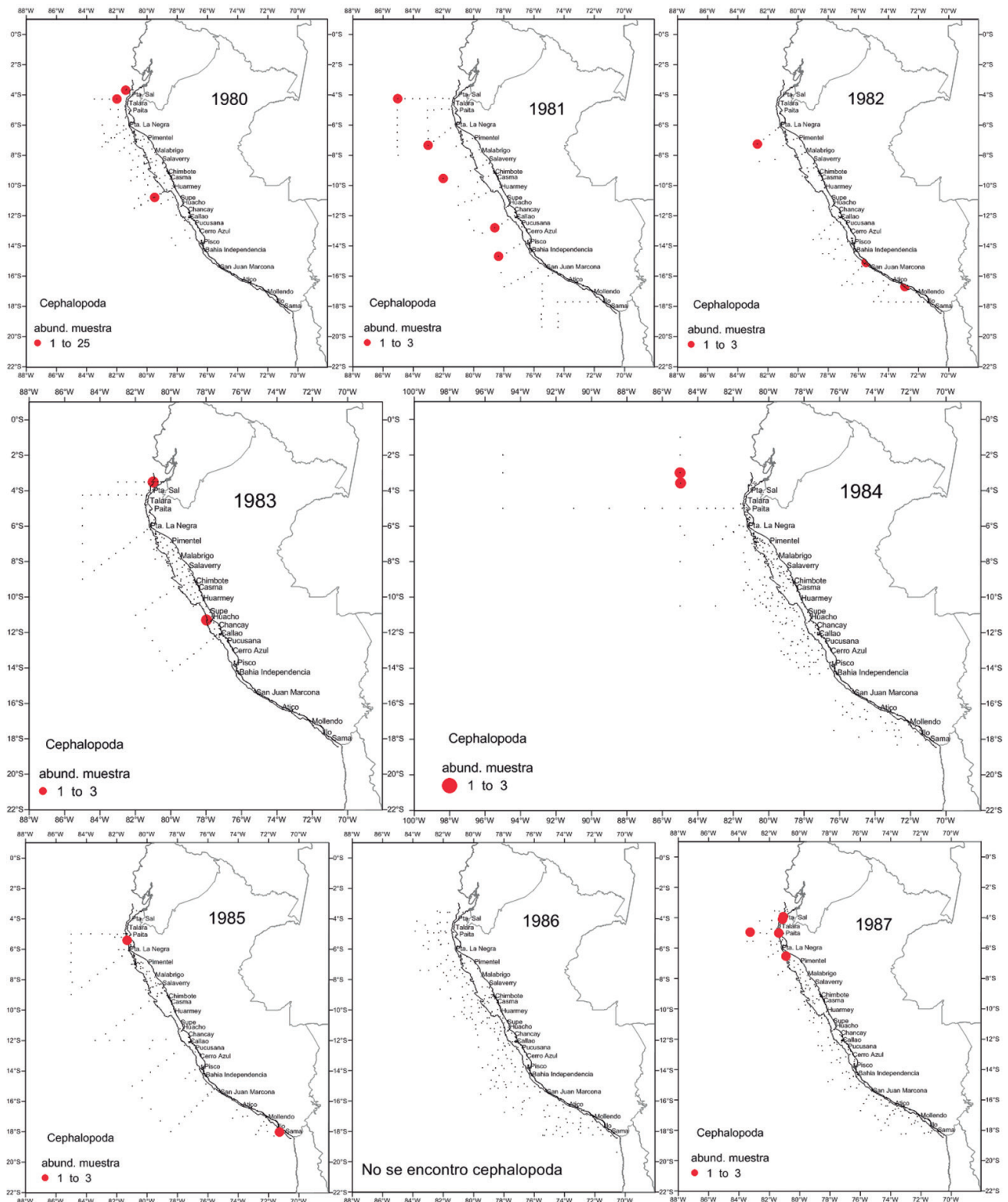


Figura 4.- Distribución espacial y abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano. 1980 - 1987

Figure 4. Spatial distribution and relative abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian waters. 1980 - 1987

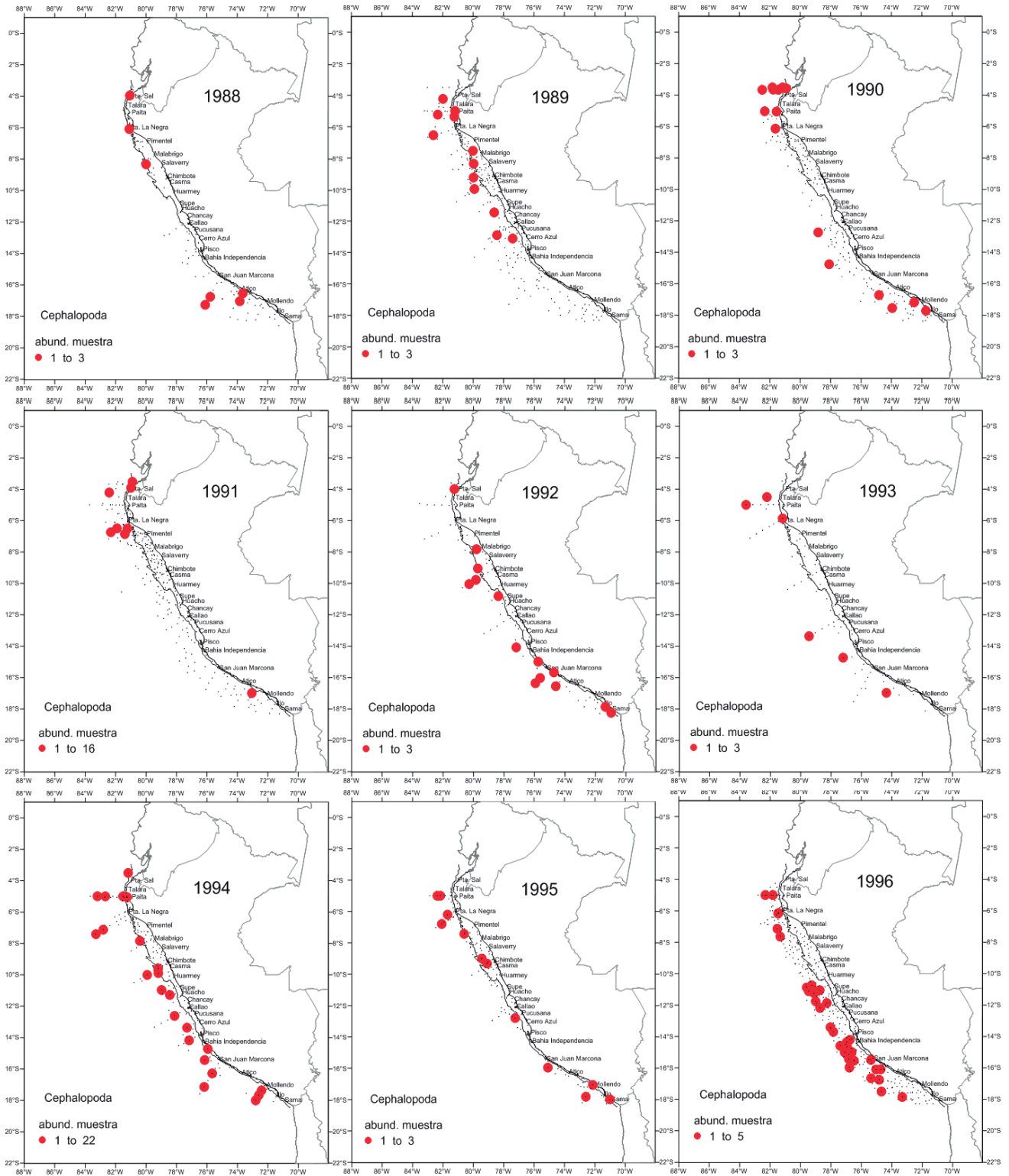


Figura 5.- Distribución espacial y abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano. 1988 - 1996

Figure 5. Spatial distribution and relative abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea. 1988 – 1996

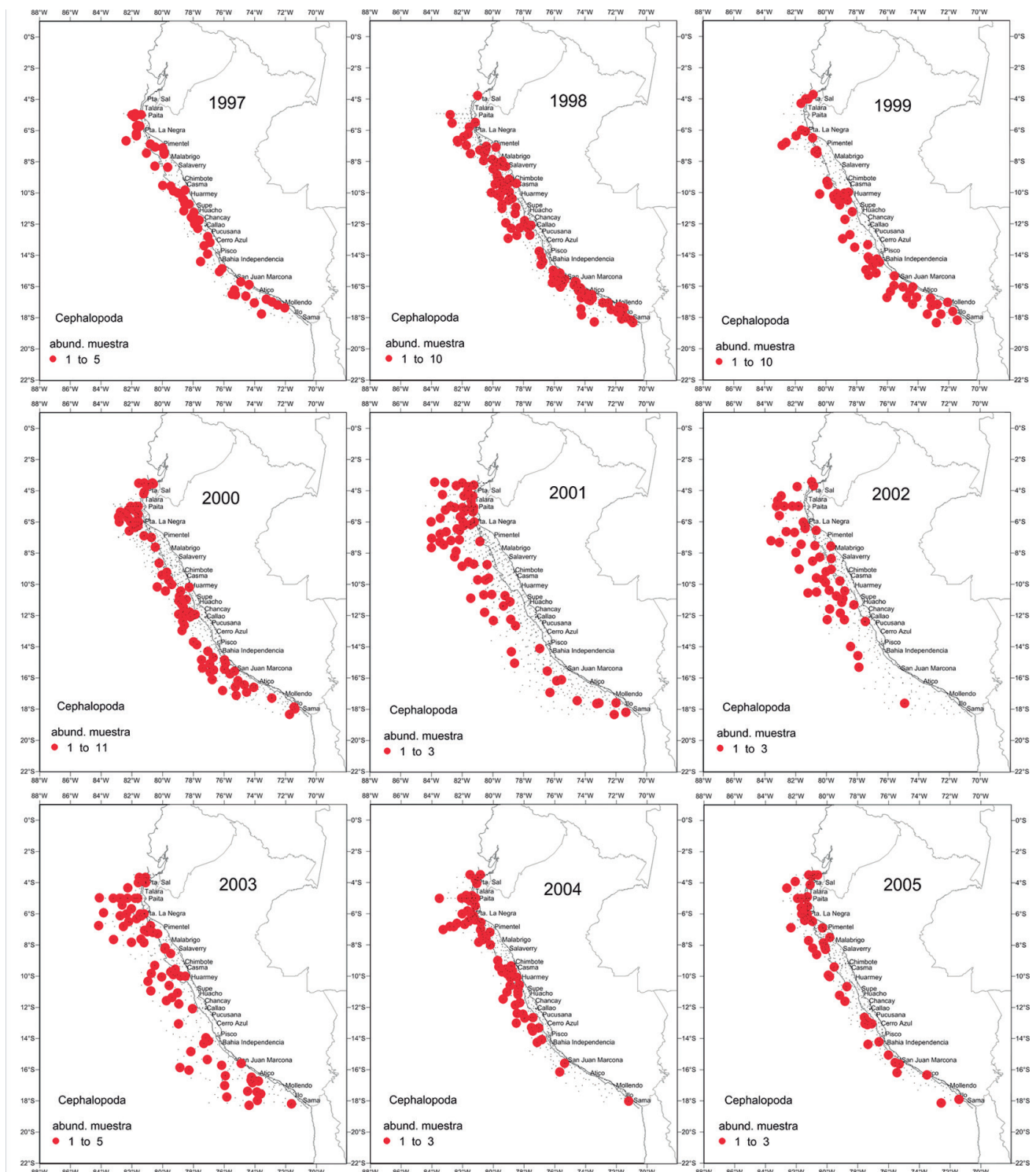


Figura 6.- Distribución espacial y abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano. 1997 - 2005

Figure 6. Spatial distribution and relative abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea. 1997 - 2005

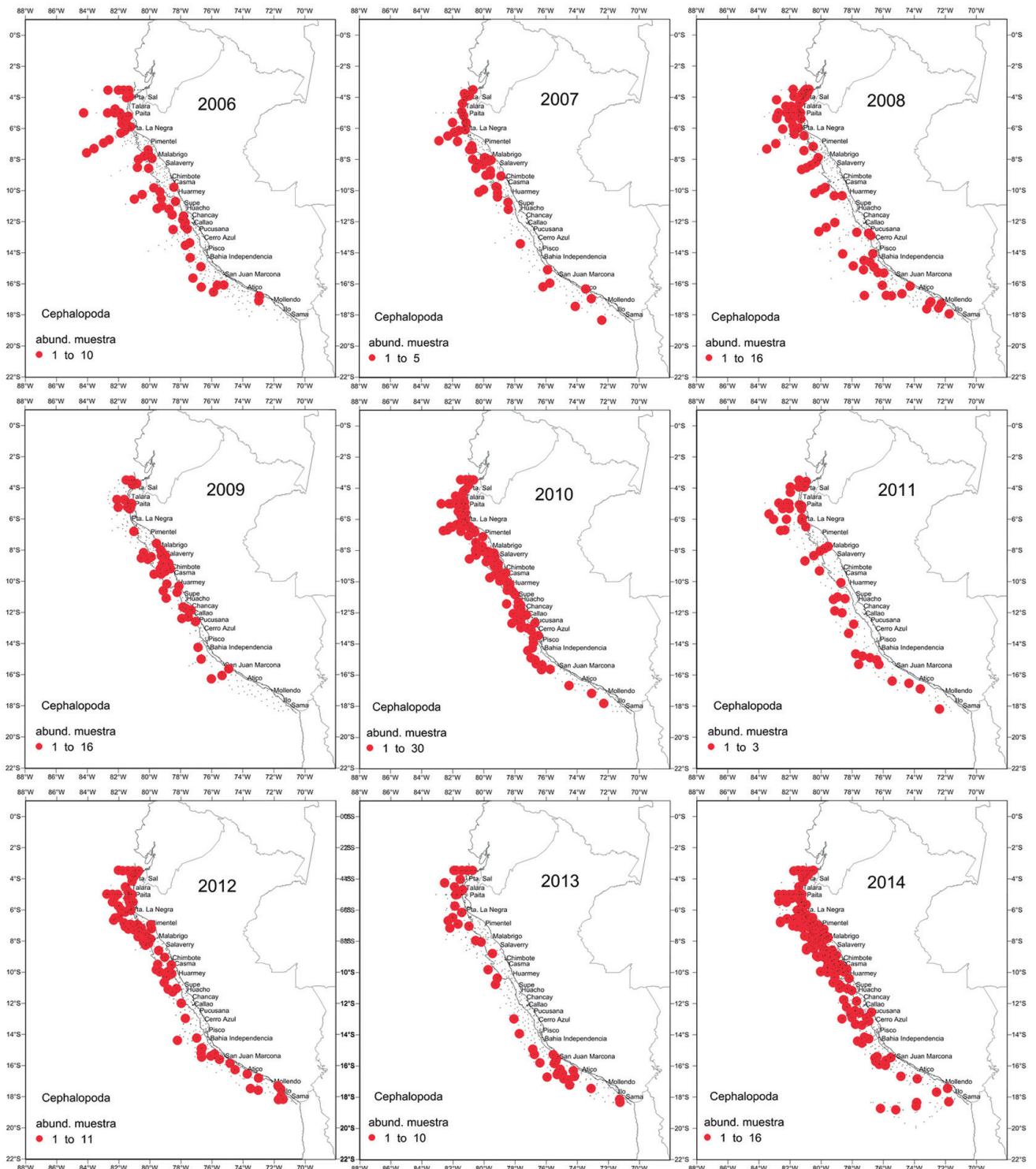


Figura 7.- Distribución espacial y abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano. 2006 - 2014

Figure 7. Spatial distribution and relative abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea. 2006 - 2014

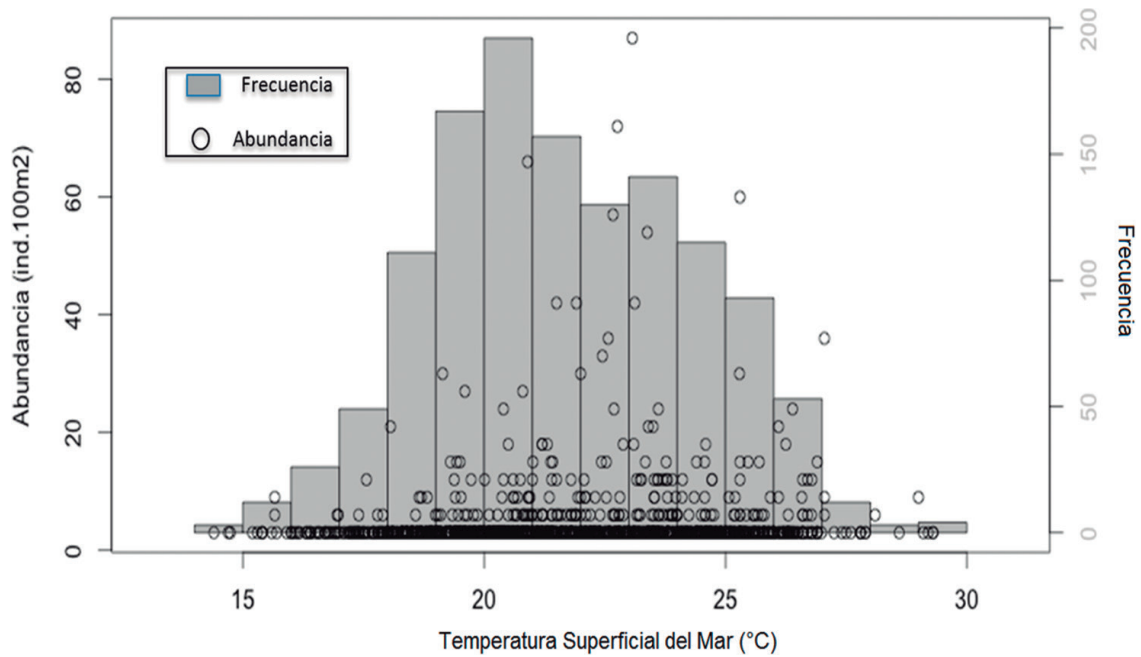


Figura 8.- Frecuencia de ocurrencia (%) y abundancia relativa de paralarvas y su relación con la temperatura superficial del mar. 1980-2014

Figure 8. Frequency of occurrence (%) and relative abundance of paralarvae and their relation to sea surface temperature. 1980-2014

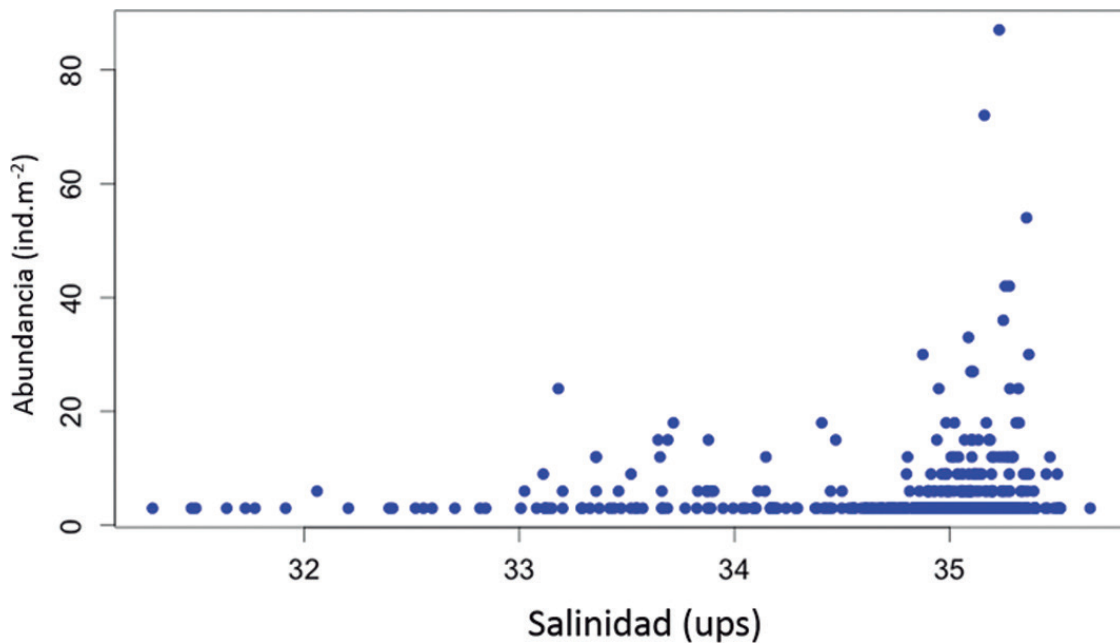


Figura 9.- Abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos y su relación con la salinidad superficial del mar (ups). 1980-2014

Figure 9. Relative abundance of cephalopod paralarvae and their relation to sea surface salinity (ups). 1980-2014

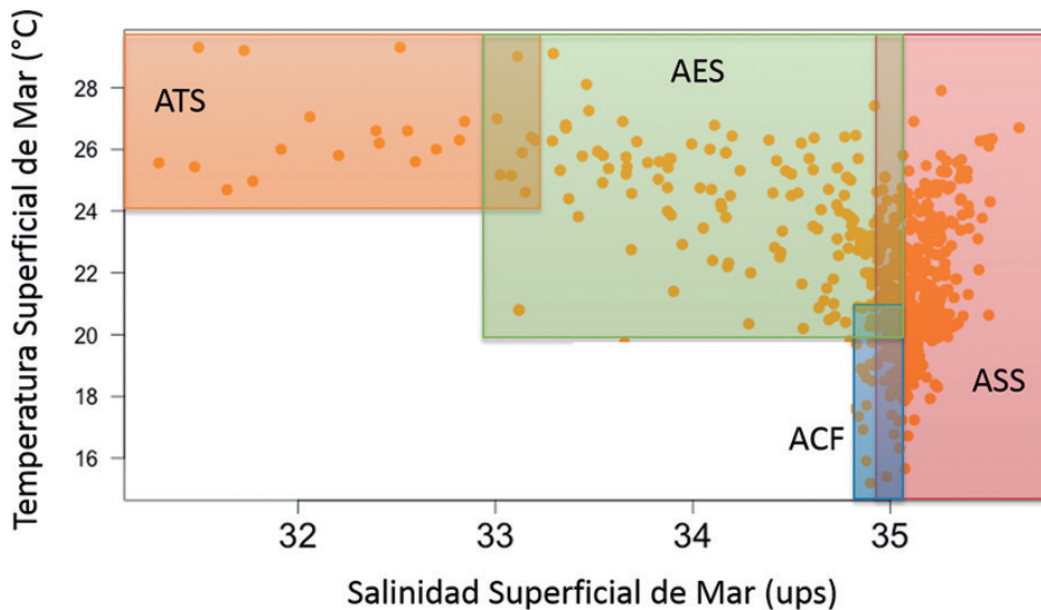


Figura 10.- Diagrama Temperatura-Salinidad y su relación con la presencia de paralarvas de cefalópodos y las masas de agua (ATS = Aguas Tropicales Superficiales, AES = Aguas Ecuatoriales Superficiales, ACF = Aguas Costeras Frías, ASS = Aguas Subtropicales Superficiales). 1980 – 2014

Figure 10. Temperature-Salinity diagram and its relation to the presence of cephalopod paralarvae and water masses (ATS = Tropical Surface Waters, AES = Equatorial Surface Waters, ACF = Cold Coastal Waters, ASS = Subtropical Surface Waters). 1980 – 2014

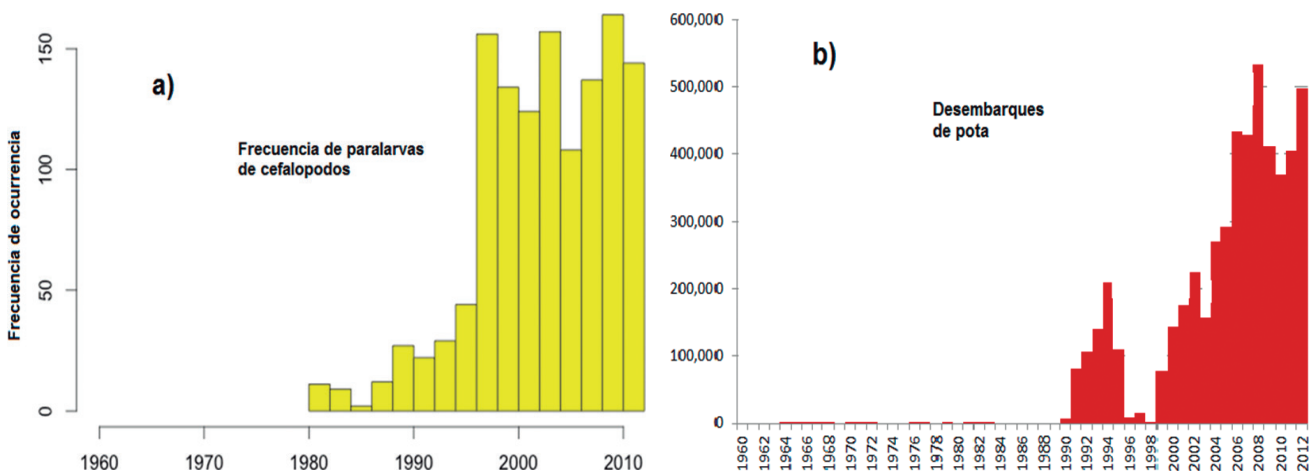


Figura 11.- a) Frecuencia de ocurrencia de paralarvas, b) desembarques de pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) capturado en el mar peruano. 1960 – 2012

Figure 11. a) Frequency of paralarvae occurrence, b) landings of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) caught in Peruvian waters. 1960 – 2012

#### 4. DISCUSIÓN

Información sobre los primeros estadios de vida de cualquier recurso es de gran importancia, ya que a partir de ella es posible conocer directamente el estado de la población adulta desovante, además de conocer el potencial del reclutamiento.

El incremento observado en los niveles de abundancia relativa así como en la frecuencia de ocurrencia de paralarvas en las muestras recolectadas por el IMARPE, estarían indicando aumento en la disponibilidad en la zona muestreada en las últimas décadas, aun cuando se considere que esta metodología de muestreo no es la más adecuada para la captura de las paralarvas de cefalópodos por su alta capacidad de evasión a las redes, sin embargo es un indicador pasivo de su presencia ya que muestra claramente cambios en el tiempo con el mismo tipo de muestreador.

Por otro lado, es necesario destacar que en esta determinación de las paralarvas no se hace una diferencia a nivel de especies, por lo que dentro de este grupo se pueden incluir, seguramente, paralarvas de una gran variedad de representantes de cefalópodos que habitan el mar peruano, tanto del grupo de los octópodos (*Argonauta*) como los decápodos (*Abraliopsis* y representantes de la familia Gonatidae). Pero sin lugar a duda, parte de estas paralarvas corresponden al calamar gigante (*Dosidicus gigas*), y cuya menor abundancia relativa observada en las paralarvas entre los años 1980-89 así como una mayor abundancia relativa en las últimas décadas muestran una sintonía con el incremento en los desembarques del recurso pota *Dosidicus gigas* en el área muestreada (CSIRKE *et al.* 2015) (Fig. 7).

#### Agradecimientos

A todo el personal que en algún momento formó parte del Laboratorio de Zooplankton del Área Funcional de Investigaciones en Oceanografía Biológica y que participaron con dedicación en la recolección así como en el análisis de las muestras durante los últimos 40 años de trabajo institucional.

#### 4. DISCUSSION

Information on the first stages of life of any resource is of great importance, since from this information it is possible to know directly the status of the adult spawning population, as well as the potential for recruitment.

The increase observed in the levels of relative abundance as well as in the frequency of occurrence of paralarvae in the samples collected by IMARPE, would indicate an increase in the abundance of these paralarvae in the sampled area in the last decades, even if it is considered that this sampling methodology is not the most suitable for the capture of cephalopod paralarvae due to its high evasion capacity into the nets, it is nevertheless a passive indicator of its presence as it clearly shows changes over time with the same type of sampler.

On the other hand, it is necessary to emphasize that in this determination of paralarvae no difference is made at the level of species, so that within this group can be included surely paralarvae of a great variety of representatives of cephalopods that inhabit the Peruvian sea, both of the group of octopods (*Argonauta*) and the decapods (*Abraliopsis* and representatives of the family Gonatidae). But without a doubt, part of these paralarvae correspond to the jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*), whose lower relative abundance observed in the paralarvae in the period 1980-89 as well as a higher relative abundance in recent decades show a correlation with the increase in landings of this species in the sampled area (CSIRKE *et al.* 2015) (Fig. 7).

#### Acknowledgements

To all the staff that at one time or another formed part of the Zooplankton Laboratory of the Functional Area of Research in Biological Oceanography and who participated with dedication in the collection and analysis of the samples during the last 40 years of institutional work.

#### 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. 54: 51-61.
- ARGÜELLES J, TAFUR R, TAIPE A, VILLEGAS P, FRIEDERMAN K, DOMINGUEZ N, SALAZAR M. 2008. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters, 1989-2004. Progress in Oceanography. 79(2-4): 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. Fisheries Research. 106: 185-192.
- ARGÜELLES J, CSIRKE J, MARIATEGUI L, CASTILLO R. 2017. Distribution, size composition, possible stock structure and the assessment of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off Peru. Paper presented at the 5th meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, Shanghai, China. 23-28 September. SPRFMO Doc. SC5-SQ07\_rev1: 11p.



- (<https://www.sprfmo.int/assets/SC5-2017/SC5-SQ07-rev1-Distribution-Size-Stock-structure-and-Assessment-for-Jumbo-flying-squid.pdf>).
- CHAVEZ F, BERTRAND A, GUEVARA-CARRASCO R, SOLER P, CSIRKE J. 2008. The northern Humboldt Current System: Brief history, present and a view towards the future. *Progress in Oceanography*. 79: 95-105.
- CSIRKE J, ALEGRE A, ARGUELLES J, GUEVARA-CARRASCO R, MARIÁTEGUI L, SEGURA M, TAFUR R, YAMASHIRO C. 2015. Main biological and fishery aspects of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian Humboldt Current System. Paper presented at the 3<sup>rd</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRMO, Port Vila, Vanuatu. 28 September – 3 October 2015. SPRFMO Doc. SC-03-27: 33 p. (<http://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Meetings-2013-plus/SC-Meetings/3rd-SC-Meeting-2015/Papers/SC-03-27-Biological-and-fishery-aspects-of-the-jumbo-squid-in-the-Peruvian-Humboldt-current.pdf>)
- TAFUR R, VILLEGAS P, RABÍ M, YAMASHIRO C. 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.
- TAIPE A, YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, ROHAS R, 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.
- WALUDA C, YAMASHIRO C, RODHOUSE P. 2006. Influence of the ENSO cycle on the light-fishery for *Dosidicus gigas* in the Peru Current: An analysis of remotely sensed data. *Fisheries Research*. 79(1-2): 56-63.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, RUBIO J, ARGUELLES J, TAFUR R, TAIPE A, RABÍ M. 1998. Jumbo flying squid fisheries in Peru. En: T. Okutani (ed.) *Large Pelagic Squids Japan*. Marine Fishery Resources Research Centre. Tokyo. 119-125.

# LINEAMIENTOS PARA ADECUACIÓN Y DESARROLLO DE UNA FLOTA PERUANA ESPECIALIZADA EN LA CAPTURA DEL CALAMAR GIGANTE O POTA *Dosidicus gigas*

## GUIDELINES FOR THE ADAPTATION AND DEVELOPMENT OF A PERUVIAN FLEET SPECIALIZING IN THE CAPTURE OF JUMBO FLYING SQUID *Dosidicus gigas*

Carlos Martín Salazar Céspedes<sup>1</sup>  
Julio Ricardo Alarcón Vélez<sup>1</sup>

Luis Alejandro Giampietri Rojas<sup>2</sup>  
Daniela Thorne Martínez<sup>3</sup>

### RESUMEN

SALAZAR C M, GIAMPIETRI L, ALARCÓN J, THORNE D. 2018. *Lineamientos para adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante o pota* *Dosidicus gigas*. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 266-284.- El objetivo del presente trabajo consiste en establecer lineamientos básicos para la adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante o pota. La actual flota destinada a la captura del calamar gigante perjudica la calidad del producto y limita el mercado de consumo. Ante esta situación, se propone incorporar al esfuerzo pesquero, el conocimiento científico y la tecnología de alta productividad en embarcaciones técnicamente adecuadas que coexistan con el sistema de extracción artesanal.

PALABRAS CLAVE: artes de pesca, flota calamarera, pesca artesanal, *Dosidicus gigas*

### ABSTRACT

SALAZAR C M, GIAMPIETRI L, ALARCÓN J, THORNE D. 2018. *Guidelines for the adaptation and development of a Peruvian fleet specializing in the capture of jumbo flying squid* *Dosidicus gigas*. *Bol Inst Mar Peru*. 33(2): 266-284.- The aim of this paper is to establish basic guidelines for the adaptation and development of a Peruvian fleet specialized in the capture of jumbo flying squid. The current fleet used to catch it damages the quality of the product and limits the consumer market. Faced with this situation, it is proposed to incorporate into fishing effort, scientific knowledge and high-productivity technology in technically appropriate vessels that coexist with the artisanal extraction system.

KEYWORD: fishing gear, squid fleet, artisanal fishing, *Dosidicus gigas*

## 1. INTRODUCCIÓN

El mar peruano es uno de los más productivos del mundo, con un rendimiento pesquero promedio cercano a los 7 millones de toneladas anuales, donde el 90% de las capturas corresponden a la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (PEÑA 2010). Sin embargo, en los últimos 15 años, los altos desembarques de calamar gigante o pota *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) lo ubican como la segunda pesquería más importante en el Perú lo que se confirma en términos de valor exportado (PRODUCE 2015).

La exportación de pota alcanzó un récord histórico entre enero y noviembre del 2014 al sumar USD 439,9 millones y registrar un incremento de 30,4% respecto al mismo período en el 2013 (PERÚ 21 2015). Asimismo, el Perú representó el 53% de los desembarques mundiales de pota durante el quinquenio 2008-2012 (FAO 2014).

En los últimos años, la pota está cambiando su distribución alejándose de la costa, y como resultado se hace menos accesible a la flota artesanal costera y se aproxima a la flota extranjera que se encuentra fuera de las 200 millas del mar peruano la que cuenta con embarcaciones especializadas que estarían capturando alrededor de 300 mil toneladas al año (VELA *et al.* 2014).

## 1. INTRODUCTION

The Peruvian sea is one of the most productive areas in the world, with a mean fishing yield of nearly 7 million tons per year, where 90% of the catch is anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns, 1842 (PEÑA 2010). Nevertheless, in the last 15 years, the high landings of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) have made it the second most important fishery in Peru, which is confirmed in terms of exported value (PRODUCE 2015).

The export of jumbo flying squid reached an historic record between January and November 2014 when it reached USD 439.9 million and recorded an increase of 30.4% over the same period in 2013 (PERU 21 2015). Peru also accounted for 53% of world landings of jumbo flying squid during the five-year period 2008-2012 (FAO 2014).

In recent years, the jumbo flying squid has been changing its distribution away from the coast, and as a result it is becoming less accessible to the artisanal coastal fleet and is approaching the foreign fleet, that is outside the 200 miles of the Peruvian sea, and that has specialized vessels that are catching around 300,000 tons per year (VELA *et al.* 2014).

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

2 Ex Vicepresidente de la República del Perú

3 Universidad Científica del Sur. Km 19,5 antigüa carretera Panamericana Sur.  
Email: csalazar@imarpe.gob.pe

En la actualidad la flota artesanal dirigida a la captura de pota está conformada por aproximadamente 3.500 embarcaciones emplazadas principalmente en los puertos de Paita (05°S) y Matarani (17°S) y en menor grado en Pucusana (12°28'S) cuyos desembarques son mayores a 400 mil toneladas anuales. Estas embarcaciones cuentan con poteras y luces de atracción, pero carecen de tecnología extractiva y cadena de frío. Asimismo, la manipulación y preservación del recurso a bordo es deficiente, lo que perjudica su calidad y por ende limita el mercado del consumo humano directo y exportación (SUEIRO y LOPEZ DE LA LAMA 2013). Esta situación impide trabajar con estándares de calidad óptimos (TFO 2009) afectando también la seguridad de la vida humana a bordo por el riesgo en el proceso de captura.

Además, el tamaño de las embarcaciones dificulta el acceso a áreas de pesca de alta mar, lo que para el Perú tiene una connotación estratégica respecto a su participación en la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS).

En este documento se presentan los lineamientos básicos y propuestas para el desarrollo de un sistema de captura dirigido al calamar gigante en el Perú, utilizando la flota de cerco excedente y perfeccionando la flota artesanal existente con innovaciones tecnológicas.

## LINEAMIENTOS Y PROPUESTAS

La adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante o pota se basan en el análisis de información acerca de:

- La política pesquera actual, que es el marco del desarrollo pesquero peruano.
- Las reglamentaciones de ordenamiento pesqueros regionales.
- Las políticas para impulsar la pesca de consumo humano directo.
- La tecnología pesquera de extracción, que deviene de la experiencia ganada por los técnicos y pescadores peruanos a bordo de embarcaciones pesqueras extranjeras por más de diez años.
- Adecuación de la flota artesanal peruana para la captura de pota.
- La adaptación de la flota industrial para la captura de calamar gigante, donde se colige la existencia de algunas condiciones previas que se deben considerar al modificar una embarcación de cerco a calamarera.
- Resultados del taller de clasificación de artes de pesca y sus impactos al medio marino, realizado por IMARPE en mayo 2015 (SALAZAR *et al.* 2015).

La propuesta de modificación y mejoramiento tecnológico de la flota potera peruana se basa en 3 ejes fundamentales:

Currently, the artisanal fleet aimed at catching squid is made up of approximately 3,500 vessels which are located mainly in the ports of Paita (05°S) and Matarani (17°S) and to a lesser extent in Pucusana (12°28'S) whose landings are greater than 400,000 tons per year. These boats have squid jigs and attraction lights, but lack of extractive technology and cold chain. Furthermore, the handling and preservation of the resource on board is deficient, which impairs its quality and therefore limits the market for direct human consumption and export (SUEIRO & LOPEZ DE LA LAMA 2013). This situation prevents working with optimal quality standards (TFO 2009) and also affects the safety of human life on board due to the risk in the capture process.

In addition, the size of the vessels makes it difficult to access high seas fishing areas, which for Peru have a strategic connotation with respect to its participation in the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO).

This document presents the basic guidelines and proposals for the development of a catching system targeting jumbo flying squid *D. gigas* in Peru, using the surplus purse-seine fleet and perfecting the existing artisanal fleet with technological innovations.

## GUIDELINES AND PROPOSALS

The adaptation and development of a Peruvian fleet specialized in the capture of jumbo flying squid is based on the analysis of information about:

- The current fisheries policy, since it is the framework for the development of Peruvian fisheries.
- Regional fisheries management regulations.
- Policies to promote direct human consumption fisheries.
- Extraction fishing technology, which comes from the experience gained by Peruvian technicians and fishermen on board foreign fishing vessels for more than ten years.
- Adequacy of the Peruvian artisanal fleet for the capture of jumbo flying squid.
- Information on the adaptation of the industrial fleet to catch jumbo flying squid, where the existence of some preconditions to be considered when modifying a vessel from purse-seiner to jigger is noted.
- Results of the workshop of classification of fishing gear and its impacts on the marine environment, held by IMARPE in May 2015 (SALAZAR *et al.* 2015).

The proposal for the modification and technological improvement of the Peruvian jigger fleet is based on 3 fundamental axes:

- El desarrollo pesquero peruano y las reglamentaciones de ordenamiento pesquero
- Las políticas para impulsar la pesca de consumo humano directo.
- La tecnología pesquera de extracción.

#### **DESARROLLO PESQUERO PERUANO Y LAS REGLAMENTACIONES DE ORDENAMIENTO REGIONAL**

La pesca artesanal cuya acción se ejerce no solamente dentro de las cinco millas marinas sino en áreas de pesca distantes, usufructúa recursos variados, utilizando diversas artes de pesca de distinto poder y por ende diferente impacto al medio marino. Esta actividad se desarrolla en alrededor de 200 lugares de desembarque entre caletas y puertos pesqueros a lo largo del litoral peruano, siendo el principal destino de sus capturas el abastecimiento para consumo humano directo (FAO 2010).

El Ministerio de la Producción (PRODUCE), ha regulado la extracción del calamar gigante señalando que el acceso a la pesquería artesanal e industrial se encuentra normado por el Reglamento de Ordenamiento Pesquero (ROP), aprobado por Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE.

La flota industrial accede a la extracción mediante concurso público supeditado a estudios biológicos, económicos y sociales, que demuestren que no se afectarán las actividades pesqueras propias del recurso, es decir, la pesquería artesanal. Para la flota industrial nacional, se requiere la comprobada disponibilidad del recurso y, en el caso de la flota industrial de bandera extranjera, es necesario que exista un excedente de captura no aprovechado por las flotas de bandera nacional.

*D. gigas* se encuentra dentro de las especies a ser administradas por la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS), porque se le considera una especie transzonal.

La creación de una flota industrial calamarera de bandera nacional, transformando embarcaciones que antes se dedicaban a la anchoveta (GIAMPIETRI 2015) o cualquier modalidad de inclusión de una flota especializada de ultramar, sin afectar la actual actividad de las embarcaciones artesanales en la zona costera, podría generar un registro de pesca de pota en altamar, que sería muy útil cuando se defina la cuota internacional de pesca de este recurso.

#### **POLÍTICAS PARA IMPULSAR LA PESCA DE CONSUMO HUMANO DIRECTO**

La seguridad alimentaria existe cuando el común de las personas tiene en todo momento acceso material y económico a suficientes alimentos inocuos y nutritivos para satisfacer sus necesidades y preferencias alimenticias a fin de llevar una vida activa y sana (FAO 2006).

- Peruvian fisheries development and fisheries management regulations.
- Policies to promote direct human consumption fisheries.
- Fishing extraction technology.

#### **PERUVIAN FISHERIES DEVELOPMENT AND REGIONAL FISHERIES MANAGEMENT REGULATIONS**

The artisanal fishery, whose action is carried out not only within five nautical miles but also in distant fishing areas, makes use of varied resources using diverse fishing gears of different power and therefore different impact on the marine environment. This activity is developed in around 200 landing places between coves and fishing ports along the Peruvian coast, being the main destination of their catches the supply for direct human consumption (FAO 2010).

The Ministry of Production (PRODUCE in Spanish), has regulated the extraction of jumbo flying squid, stating that access to artisanal and industrial fisheries is ordered by the Regulation on Fisheries Management (RFM), approved by Supreme Decree N° 014-2011-PRODUCE.

The industrial fleet has access to extraction by public tender, subject to biological, economic and social studies, which show that the fishing activities inherent to the resource will not be affected; that is, the artisanal fishery. For the domestic industrial fleet, the proven availability of the resource is required and, in the case of the foreign-flagged industrial fleet, it is necessary for there to be an overharvest of catch not exploited by the domestic flag fleets.

*D. gigas* is one of the species to be managed by the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO) because it is considered a straddling species.

The creation of an industrial jigger fleet with a national flag, transforming vessels that were previously dedicated to anchoveta (GIAMPIETRI 2015) or any form of inclusion of a specialized overseas fleet, without affecting the current activity of artisanal vessels in the coastal zone, could generate a register of squid fishing in the high seas, which would be very useful when defining the international fishing quota for this resource.

#### **POLICIES TO PROMOTE DIRECT HUMAN CONSUMPTION FISHERIES**

Food security exists when ordinary people at all times have material and economic access to sufficient, safe and nutritious food to meet their dietary needs and food preferences for an active and healthy life (FAO 2006).

El recurso marino aporta el 15,8% del total del suministro de proteínas animales y el 5,9% del aporte proteico total a nivel mundial. Así, constituye un alimento nutritivo y un complemento ideal para las dietas basadas en cereales y tubérculos que se consumen en muchos países a nivel mundial y regional (AVENDAÑO 2006). En América Latina y el Caribe, la proteína marina sobre la proteína animal representa el 9,9%, siendo el 4,5% del aporte total para la región (AVENDAÑO 2006). En el Perú, el promedio del periodo 2008 al 2010 de suministro de proteína marina sobre la proteína animal representa aproximadamente más del 20 por ciento (FAO 2014). En el 2011, el habitante peruano tuvo un consumo per cápita aparente de 22 kilogramos de recursos hidrobiológicos al año, superior al promedio latinoamericano. Sin embargo, a pesar de que el Perú ostenta un título de potencia pesquera mundial, el consumo per cápita es mucho menor que el observado en países también considerados como potencias (Japón, China, Indonesia) (FAO 2014).

Una de las propuestas para incrementar el consumo de pescado se orienta a aumentar la oferta de productos de consumo masivo y de bajo precio. Una alternativa para solucionar los problemas de desnutrición en la región podría constituir la utilización de los pequeños pelágicos y de la pota en la dieta diaria.

El mercado para los cefalópodos ha mostrado estabilidad en los principales mercados como China, Corea, Japón y la Unión Europea, a pesar de la difícil situación económica y los elevados precios desde el 2013 (FAO 2014). En el 2014 *D. gigas* se exportaba a más de 50 países (DIARIO GESTIÓN 2014).

## TECNOLOGÍA PESQUERA DE EXTRACCIÓN

### Adecuación de la flota artesanal peruana para la captura de calamar gigante

La tecnología automatizada de la flota calamarera extranjera se desarrolló por la necesidad de mejorar la eficiencia de captura, la cobertura de acción de las embarcaciones (ultramar) y la seguridad y cuidado de los pescadores por los problemas ergonómicos que acarrea la captura del calamar con líneas de mano y anzuelos, por lo que se mecanizó el sistema.

En la década de 1990, la flota industrial de bandera extranjera que operó en el Perú capturaba especímenes de pota entre 20 a 75 cm (ARGÜELLES *et al.* 2008) utilizando poteras pequeñas de 78 a 125 mm, de cuerpo plástico flexible o duro unidos mediante anillos y al final del jig o potera llevaban unas coronas con ganchos de metal (Alarcón com. pers.).

En el año 2000, potas de mayor tamaño, especímenes con más de 120 cm de longitud de manto (ARGÜELLES

The marine resource provides 15.8% of the total animal protein supply and 5.9% of the total global protein supply. It is thus a nutritious food and an ideal complement to the cereal and tuber-based diets consumed in many countries at the global and regional levels (AVENDAÑO 2006). In Latin America and the Caribbean, marine protein over animal protein accounts for 9.9% of the region's total contribution, accounting for 4.5% of the total (AVENDAÑO 2006). In Peru, the 2008-2010 average supply of marine protein over animal protein in the period from 2008 to 2010 is approximately more than 20% (FAO 2014). In 2011, the Peruvian inhabitant had an apparent per capita consumption of 22 kilograms of hydrobiological resources per year higher than the Latin American average. However, despite the fact that Peru holds the title of world fishing power, per capita consumption is much lower than that observed in countries also considered as powers (Japan, China, Indonesia) (FAO 2014).

One of the proposals to increase fish consumption is aimed at increasing the supply of low priced mass consumption products. An alternative to solve the problems of malnutrition in the region could be the use of small pelagics and squid in the daily diet.

The market for cephalopods has shown stability in major markets such as China, Korea, Japan and the European Union, despite the difficult economic situation and high prices since 2013 (FAO 2014). In 2014, *D. gigas* was exported to more than 50 countries (DIARIO GESTIÓN 2014).

## FISHING EXTRACTION TECHNOLOGY

### Adequacy of the Peruvian artisanal fleet for the capture of jumbo flying squid

The automated technology of the foreign squid fleet was developed due to the need to improve catch efficiency, the action coverage of the vessels (overseas) and the safety and care of the fishermen due to the ergonomic problems involved in catching squid with hand lines and hooks, so the system was mechanized.

In the 1990s, the foreign-flagged industrial fleet that operated in Peru captured specimens of jumbo flying squid between 20 and 75 cm (ARGÜELLES *et al.* 2008) using small jiggers from 78 to 125 mm of a hard or flexible plastic body joined by rings and at the end of the jig they carried crowns with metal hooks (Alarcón personal communication).

In the year 2000, larger jumbo flying squid, specimens with more than 120 cm of mantle length (ARGÜELLES

et al. 2008) se hicieron vulnerables a la flota industrial de bandera extranjera que tuvo que modificar sus artes y métodos de pesca, debido a que hubieron roturas y pérdidas de las líneas por el peso de los individuos. Se cambió la estructura de las líneas con poteras más grandes, llegando a utilizar poteras tipo piña, variando de poteras flexibles de una línea de coronas, a poteras rígidas de varias líneas de coronas (Fig. 1).

En 1997, se evidenciaron las primeras adaptaciones de la flota artesanal de Máncora (04°06'S), Talara (04°34'S) y Paita (05°S) para capturar calamar gigante, utilizando las poteras de la flota industrial pero modificándolas de flexibles a rígidas para la operación manual (Figs. 2, 3, 4) (SALAZAR 1997).

También se utilizaron redes de enmalle superficiales de monofilamento de 90 mm de tamaño de malla (Fig. 5).

Desde el 2001, la flota artesanal exclusivamente explotó la pota, ya que se limitó el ingreso de embarcaciones extranjeras, para lo cual se tuvo que hacer una adaptación importante, tanto en el diseño de las poteras, como en los sistemas de iluminación y estabilización (ARELLANO y SWARTZMAN 2010). Estos diseños individuales de las poteras reflejan la experiencia práctica de los pescadores con respecto a la reacción de la especie objetivo y también las diferencias regionales en las condiciones de pesca y la disponibilidad de materiales, llegando a tener poteras manuales ("hechiza") básicamente rígidas y de mayores dimensiones, elaboradas en Paita (05°S) Matarani (17°S) e Ilo (17°38'S) (SALAZAR 1997).

Por ejemplo, al inicio de esta pesquería a fines de los años 1980, la flota artesanal actuó en zonas cercanas a la costa, utilizando un sistema de iluminación con focos de 10 a 50 watts, algunos usaron de 100 watts, ubicados en el mástil y/o emplearon un "buzo", foco inmerso en el agua como sistema de atracción. A partir del 2009, se trabaja en zonas más distantes de la costa y se utilizan lámparas tipo pantallas de 1.000 watts.

et al. 2008) became vulnerable to the foreign-flagged industrial fleet that had to modify their fishing gear and methods, due to breaks and line losses due to the weight of the individuals. The structure of the lines with larger squid jigs was changed, with the use of pineapple squid jigs, varying from flexible jigs of one line of crowns to rigid jigs of several lines of crowns (Fig. 1).

In 1997, the first adaptations of the artisanal fleet of Mancora (04°06'S), Talara (04°34'S) and Paita (05°S) to catch jumbo flying squid were evident, using the jiggers of the industrial fleet but modifying them from flexible into rigid for manual operation (Figs. 2, 3, 4) (SALAZAR 1997).

Surface monofilament gillnets of 90 mm mesh size were also used (Fig. 5).

Since 2001, the artisanal fleet exclusively exploited the squid, since the entry of foreign vessels was limited. For this purpose an important adaptation had to be made, both in the design of the jiggers boats, the lighting and the stabilization system (ARELLANO & SWARTZMAN 2010). These individual designs of the squid jigs reflect the practical experience of the fishermen with respect to the reaction of the target species and also the regional differences in the fishing conditions and the availability of materials, resulting in basically rigid and larger manual squid jigs ("hechiza" in Spanish), made in Paita (05°S) Matarani (17°S) and Ilo (17°38'S) (SALAZAR 1997).

For example, at the beginning of this fishery in the late 1980s, the artisanal fleet operated in areas close to the coast, using a lighting system with 10 to 50 watts, generally, and some used 100 watts, located on the mast and/or used a "diver", a focus immersed in water as an attraction system. Since 2009, work has been carried out in more remote areas of the coast and 1000 watt screen lamps have been used.

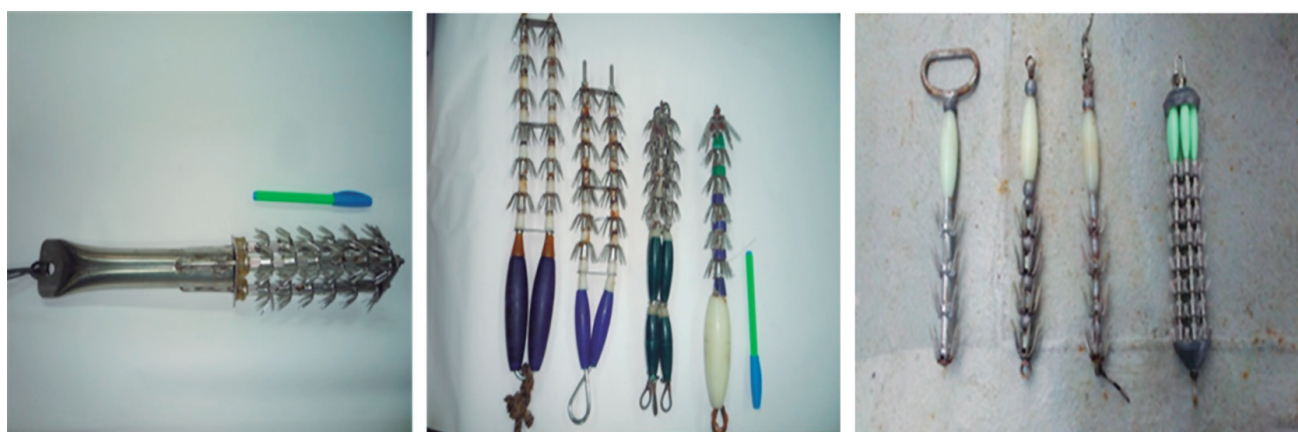


Figura 1.- Poteras para la captura de pota de gran tamaño  
 Figure 1. Squid jigs for the catch of large jumbo flying squid

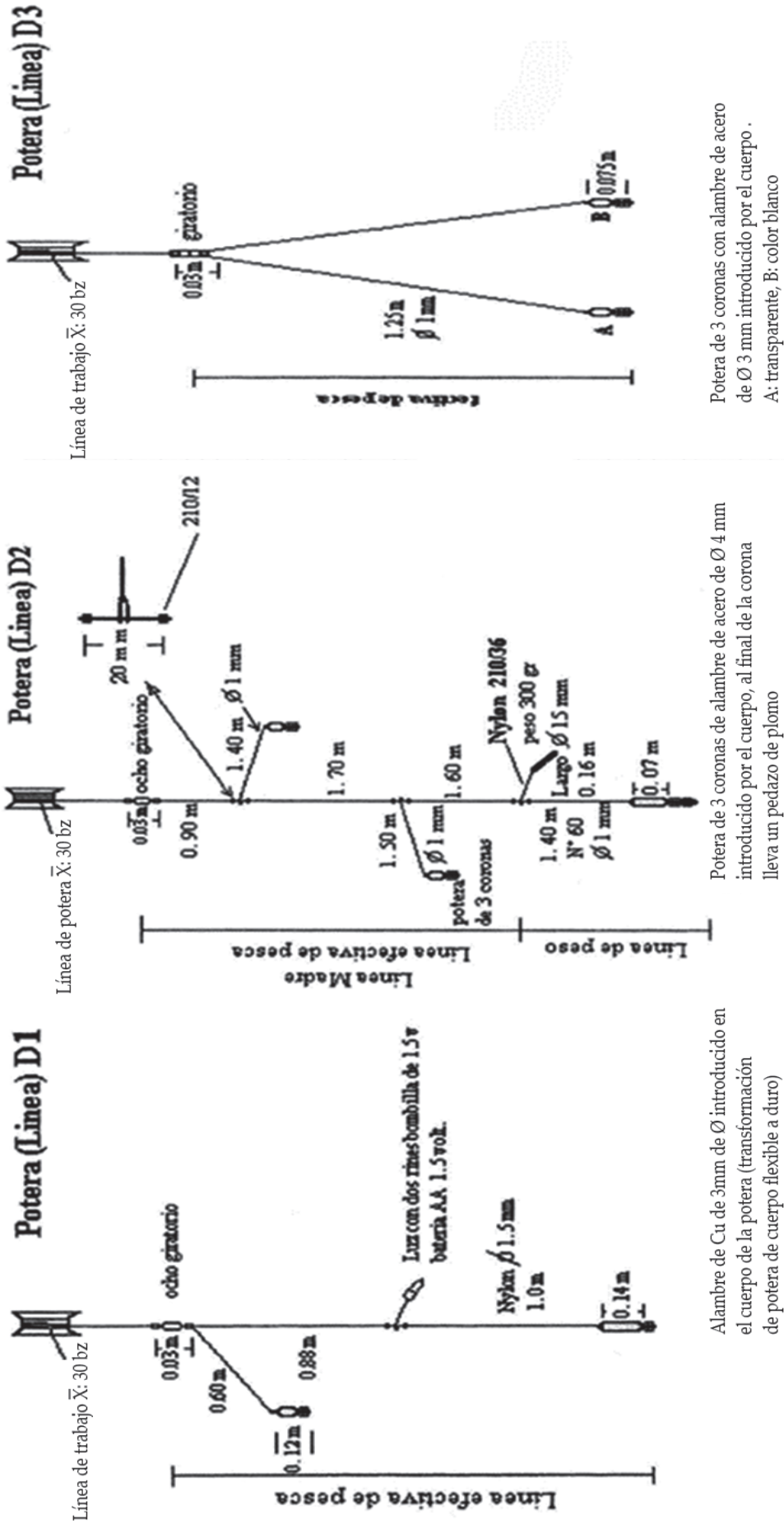


Figura 2.- Líneas poteras rígidas adaptadas flota artesanal Máncora 1997

Figure 2. Rigid jigging lines adapted to the Mancora artisanal fleet - 1997

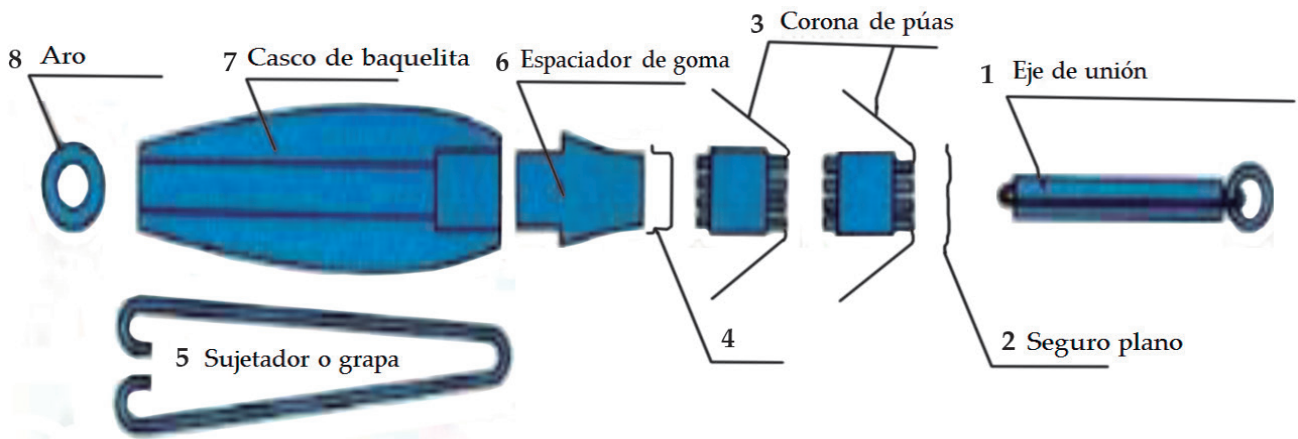


Figura 3.- Potera jigging flexible para máquinas poteras

Figure 3. Flexible squid jig for squid machines

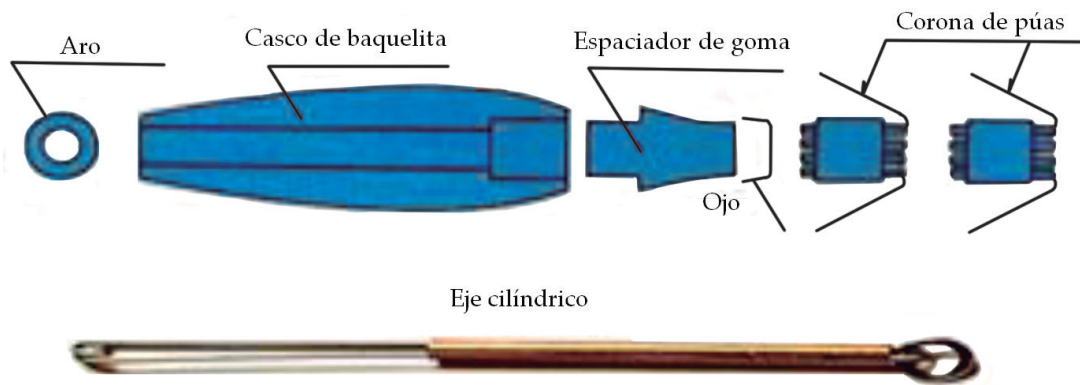
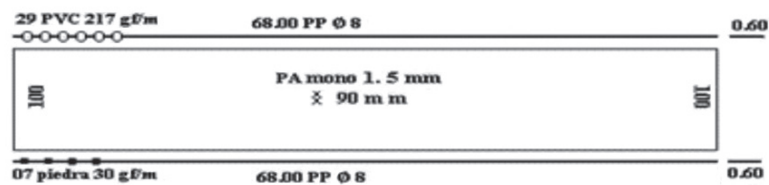


Figura 4.- Potera rígida adaptada para línea de mano artesanal

Figure 4. Rigid squid jig adapted for artisanal hand line

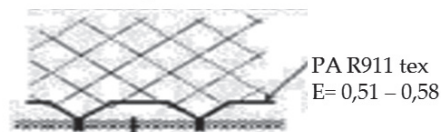
Características técnicas de una red de deriva superficial de monofilamento



29 PVC 217 gf/m (1/4 de flotador mediano)



PA mono 1,5 mm



07 ST 30 g

Figura 5.- Red de enmalle de superficie. Flota artesanal de Máncora 1997

Figure 5. Surface gillnet. Artisanal fleet of Mancora 1997



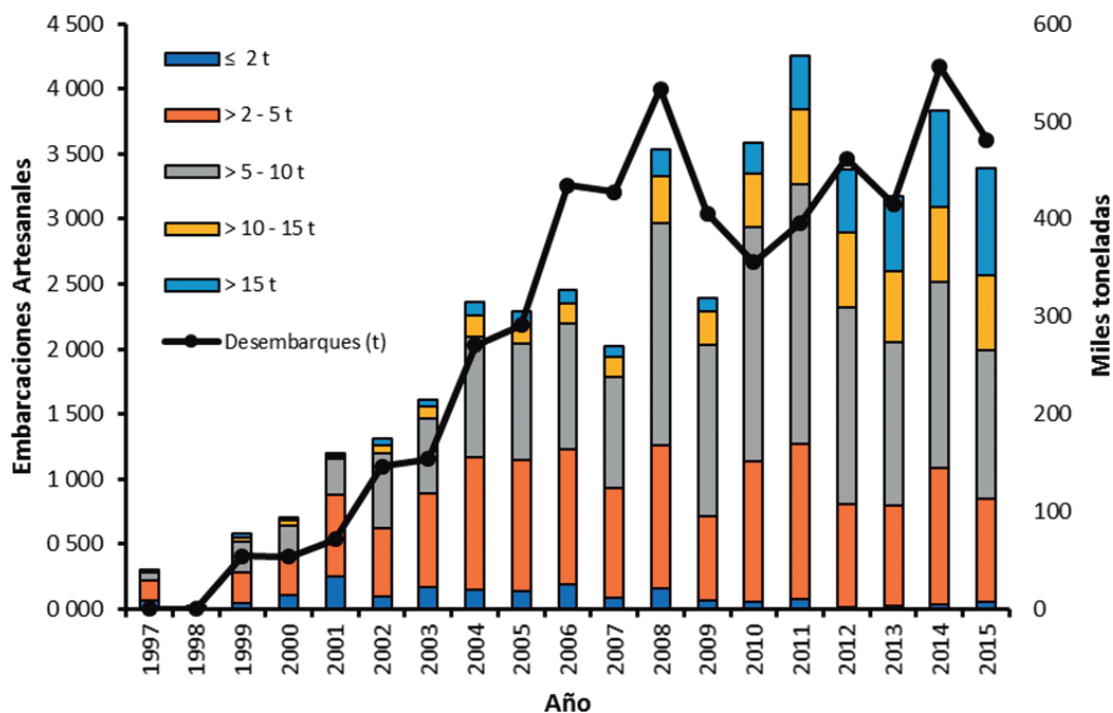


Figura 6.- COBD entre mayores de 5 y 15 t son protagonistas de la captura de la pota en Perú. Grafico modificado al 2015-ESPINO (2014)

Figure 6. Hold capacity between 5 and 15 t are the main protagonists of the capture of jumbo flying squid in Peru. Chart modified to 2015-Espino (2014)

El comportamiento de la flota artesanal es singular, a partir de su participación en la pesquería desde 1997 al 2006, las embarcaciones mayores de 2 hasta 5 toneladas de capacidad de bodega (CBOD) eran las de mayor prevalencia; en los últimos años, ampliaron el rango a más de 5 toneladas de CBOD con presencia importante de embarcaciones mayores a 15 toneladas (de 30 toneladas a más). Embarcaciones con CBOD entre 5 y 15 t son las protagonistas de la captura de pota en Perú (Fig. 6).

### Justificación

En las zonas del litoral donde se concentra la fuerte presión de captura hacia la pota, prima la competencia de la pesca sin límites o cuotas. El pescador peruano se acostumbró a la renta por volumen.

Esta estrategia extractiva de grandes volúmenes de desembarque, generalmente va en desmedro del precio de mercado por la saturación de producto y la baja calidad. La distancia de los caladeros, el uso insuficiente de hielo, un mal manipuleo y conservación a bordo y en muelles, hace que en los mercados internacionales la materia prima del producto (pota peruana) sea considerada como de baja calidad si la comparamos con los productos de otros países (MIRANDA 2014).

The behavior of the artisanal fleet is unique, since its participation in the fishery from 1997 to 2006, the vessels over 2 to 5 tons of holding capacity were the most prevalent, and then in recent years, expand the range to over 5 tons of holding capacity and significant presence of vessels over 15 tons (from 30 tons to more). Vessels with holding capacity between 5 and 15 t are the protagonists of the capture of jumbo flying squid in Peru (Fig. 6).

### Rationale

In coastal areas where the strong pressure to catch jumbo flying squid is concentrated, competition from fishing without limits or quotas prevails. The Peruvian fisherman got used to the volume rent.

This strategy of extracting large volumes of landings is generally at the expense of the market price due to product saturation and poor quality. The distance from the fishing grounds, the insufficient use of ice, poor handling and storage on board and in docks, means that in international markets the raw material of the product (Peruvian squid) is considered to be of low quality when compared to products from other countries (MIRANDA 2014).

Además, en los últimos años, la pota está cambiando su distribución al alejarse de la costa y se hace menos accesible para la flota artesanal costera, pero beneficia a una flota extranjera con embarcaciones especializadas fuera de las 200 millas jurisdiccionales del Perú, que está capturando alrededor de 300 mil toneladas al año. La creación de una flota industrial calamarera de bandera nacional transformando embarcaciones que antes se dedicaban a la anchoveta (GIAMPIETRI 2015) o a través de cualquier modalidad de inclusión de una flota especializada de ultramar que no afecte la actual actividad de las embarcaciones artesanales en la zona costera, podría generar un registro de pesca de pota en altamar, que sería muy útil cuando se defina la cuota internacional de pesca de este recurso.

Asimismo, el Consumo Humano Directo (CHD) genera al año aproximadamente 20 mil puestos de trabajo de manera directa y le da empleo a 57 mil pescadores artesanales (SOCIEDAD NACIONAL DE PESQUERÍA 2012). Las exportaciones peruanas superan los 3.160 millones de dólares, de los cuales 1.028 millones provienen del consumo humano directo, lo que representa 24% de crecimiento en los últimos cinco años (SOCIEDAD NACIONAL DE PESQUERÍA 2014).

#### **PROPUESTAS BÁSICAS PARA UNA FLOTA POTERA ARTESANAL**

Del análisis del arte y método de pesca utilizado en el Perú por la flota artesanal potera en relación con las características de un arte de pesca ideal (COCHRANE 2005) y las matrices de impacto al ecosistema (Tablas 1, 2, 3, 4) (SALAZAR *et al.* 2015) se puede colegir que si bien es un arte de pesca de muy buena selectividad (casi el 100% es la especie objetivo) trae consigo varios impactos al medio ambiente marino: aún se emplean materiales oxidables, y durante el proceso de manipuleo se arrojan al mar vísceras, plumas, pieles y pico, muchas veces muy cerca de la costa o en los puertos.

Asimismo, la seguridad de la vida humana en el mar y los problemas ergonómicos de los tripulantes hacen que este trabajo sea muy riesgoso, trayendo como consecuencia muchos accidentes ocupacionales.

Furthermore, in recent years, jumbo flying squid has been changing its distribution as it has moved away from the coast and has become less accessible to the coastal artisanal fleet, but it benefits a foreign fleet with specialized vessels outside Peru's 200 jurisdictional miles, which is catching around 300,000 tons per year (VELA *et al.* 2014). The creation of an industrial squid fleet with a national flag, transforming vessels previously dedicated to anchoveta (GIAMPIETRI 2015) or through any form of inclusion of a specialized overseas fleet that does not affect the current activity of artisanal vessels in the coastal zone, could generate a record of fishing for jumbo flying squid at sea, which would be very useful when defining the international quota of fishing for this resource.

Likewise, Direct Human Consumption (DHC) generates approximately 20,000 direct jobs per year and employs 57,000 artisanal fishermen (SOCIEDAD NACIONAL DE PESQUERÍA 2012). Peruvian exports exceed 3,160 million dollars, of which 1,028 million dollars come from direct human consumption, which represents 24% growth in the last five years (SOCIEDAD NACIONAL DE PESQUERÍA 2014).

#### **BASIC PROPOSALS FOR AN ARTISANAL JIGGER FLEET**

From the analysis of the fishing gear and method used in Peru by the artisanal fishing fleet in relation to the characteristics of an ideal fishing gear (COCHRANE 2005) and the ecosystem impact matrices (Tables 1, 2, 3, 4) (SALAZAR *et al.* 2015) it can be concluded that although it is a very selective fishing gear (almost 100% is the target species) it has several impacts on the marine environment: oxidizable materials are still used, and during the handling process, viscera, feathers, skin and beak are thrown into the sea to eliminate them, often very close to the coast or in ports.

Also, the safety of human life at sea and the ergonomic problems of crew members make this work very risky, resulting in many occupational accidents.

Tabla 1.- Matriz de operacionalidad de los artes de pesca

Table 1. Operationality matrix of fishing gears

Variables	Descripción Description	Líneas de mano o pinta potera/ Squid jig hand line
Seguridad	El riesgo de utilizar el arte de pesca línea de mano o poteras	El riesgo aumenta en el proceso de virado, sobre todo cuando se izan a bordo ejemplares de mayor tamaño y peso, por eso se opta por utilizar un gancho. Existen problemas de seguridad e implicancias ergonómicas.
Costo del arte de pesca	Costo de material y armado	60,00 soles cada potera, emplean en promedio siete unidades por faena de pesca. Renovación de poteras cada cuatro meses.
Facilidad de uso	Facilidad en su operación	Los pescadores identifican las zonas de pesca utilizando las cartas satelitales TSM IMARPE para ubicar zonas probables de captura de pota. La captura se realiza indistintamente de día o de noche, utilizando carnada y atracción luminosa, respectivamente.
Aplicabilidad	Se pueden realizar las operaciones de pesca según distribución del recurso	La aplicabilidad de este arte de pesca depende de la distribución y concentración del recurso objetivo en función a las condiciones ambientales y disponibilidad del recurso
Diseño	Complejidad en el diseño	Es un arte de pesca muy sencillo conformado por una línea de mano que al final tiene la potera, es operado por un pescador en forma manual. Las poteras son de diversos tamaños y formas (CABANELLAS-REBOREDO <i>et al.</i> 2011) se está investigando si existe relación con la talla de los ejemplares. Es de confección sencilla. La potera (30 cm de largo), se une a un reinal de nylon (0,8 a 1,7 m de largo) y éste con la línea madre (driza). La iluminación es con focos de poca intensidad de luz, el sistema de anclaje es un parachute de mar que sirve como ancla.
Material	Material de pesca utilizado	La línea de mano es de poliamida o polietileno tipo driza. Las poteras tienen un peso de 0,5 kg de diferentes tamaños de 13 a 33 cm de largo, conformada por coronas de clavos (fierro), los topes son de plomo fundido y el cuerpo de plástico duro tipo bakelita o acrílico fosforescente. Focos de 10 a 30 watts y/o fluorescentes tipo bombilla, ahorradores. Parachute de sacos de polietileno de (4x4 m) 16 m <sup>2</sup> .
Cobertura espacial	El área efectiva de captura	Su área de acción está en función de la atracción luminosa (aprox. 6 m de radio y 10 m profundidad).

Tabla 2.- Matriz de operacionalidad de las embarcaciones

Table 2. Vessel operationality matrix

Variabes	Descripción Description	Líneas de mano o pinta potera/ Squid jig hand line
Distancia de la costa	Distancia recorrida para las faenas	De 15 a 180 mn de costa, mayor frecuencia de uso en las áreas entre 30 y 50 mn entre 03 horas y 36 horas desde puerto hasta zona de pesca, con una velocidad promedio de 5 nudos.
Costos por marea	Gasto de una salida	Para cuatro días de pesca. Combustible: S/. 1000,00; hielo: S/. 950,00; víveres: S/. 400,00, aproximadamente.
Ayudas tecnológicas	Tipo de ayudas tecnológicas y mecánicas, pesca y navegación	Pocas embarcaciones cuentan con ecosonda, GPS manual portátil, bodega con acondicionamiento térmico; con aislante térmico de baja calidad. No cuentan con ayudas mecánicas ni hidráulicas.
Seguridad en mar	Sistemas de seguridad EPIRB, SISESAT, comunicaciones, etc.	Seguridad mínima: teléfono celular para comunicación, Radio HF.

Tabla 3-. Matriz de control de captura

Table 3. Catch control matrix

VARIABLES	DESCRIPCIÓN Description	LÍNEAS DE MANO O A LA PINTA POTERA/ Squid jig hand line
Selectividad por especies	Selectividad interespecífica	Muy buena selectividad interespecífica casi al 100 % de pota
Selectividad por tallas	Selectividad intraespecífica	Se evidencia que existe relación entre la talla de captura y las características de la potera (tamaño, número de ejes y coronas). Desarrollar experimentos de selectividad para determinar el área de contacto de la potera y el desprendimiento de la pota.
Calidad de captura	Estado de la captura	Por lo general salen vivas y presentan calidad intermedia, debido al mal manipuleo y conservación a bordo. Además los ejemplares de gran tamaño (mayores a 20 kg) los suben con el gancho produciendo lesiones por lo que posteriormente muchos son rechazados en las plantas para el proceso de filete o laminado.

Tabla 4.- Matriz de impacto al medio ambiente

Table 4. Environmental impact matrix

VARIABLES	DESCRIPCIÓN Description	LÍNEAS DE MANO O A LA PINTA POTERA/ Squid jig hand line
Efecto sobre el hábitat	Impactos negativos al medio marino Remoción de sustrato marino Alteración de la zona costera	El arte de pesca no tiene contacto con los fondos marinos; sin embargo, durante el proceso de manipulación de la captura de pota se eliminan las vísceras, pluma, piel y pico que son arrojados al mar, muchas veces muy cerca de la zona costera. Fuerte presión de pesca (3.500 embarcaciones) en dos zonas del litoral Paita, Matarani y algunas estacionales como Pucusana y otra localidades
Captura incidental	Descartes	Insignificantes los descartes
Costo de energía	Gasto de combustible en las operaciones de pesca	La flota se desplaza a las zonas de mayor frecuencia de uso entre 30 y 50 mn. Al ser un sistema pasivo de captura, se genera menor consumo de combustible.
Estrés del recurso	Estrés al que es sometido el recurso en la operación de captura	El estrés del calamar es menor. La pota es una especie resistente. En estudios realizados en el Perú se han recuperado ejemplares vivos a los que se le han instalado dispositivos de monitoreo (marcaje) y se han devuelto al mar para evaluar su comportamiento.

Tabla 5.- Propuesta básica para una embarcación potera artesanal y de menor escala

Table 5. Basic proposal for a jigger artisanal vessel and of smaller scale

Variable	Indicador Indicator	Propuesta Proposal
Seguridad y maniobrabilidad del arte de pesca	Riesgo de trabajo en el mar	Embarcaciones seguras y estables mayores de 20 toneladas de CBOD, de acuerdo con los estándares técnicos de la autoridad marítima peruana.
Aplicabilidad	La distribución y concentración del calamar gigante en el mar peruano y fuera de la Zona económica exclusiva	Embarcaciones con autonomía que cubren áreas distantes de la costa cuando la distribución y concentración del recurso así lo ameriten.
Cobertura espacial	Área efectiva de atracción luminosa	Ampliar la cobertura de atracción luminosa para asegurar las mayores concentraciones de pota.
Diseño del sistema de pesca	Diseño y construcción prácticos y amigables al tipo de captura desarrollada en Perú	ADAPTACIÓN: Aplicación de máquinas calamareras automáticas, semiautomáticas y manuales, complementariamente líneas de mano poteras, sistema de iluminación y anclaje, teniendo como referencia las embarcaciones de pesca calamareras costera asiática. ADQUISICIÓN: Compra de embarcaciones de pesca costeras asiáticas especializadas en la captura de pota.
Material	Utilización de diversos materiales en la confección de las poteras	Las poteras deben ser de acero inoxidable que asegure la inocuidad y calidad del producto.
Calidad de captura	Preservación y manipuleo a bordo y en muelles	Contar con bodegas con acondicionamiento térmico idóneo según normas sanitarias. Cadena de frío en todo proceso, extracción, transporte y procesamiento. Embarcaciones de material (fibra de vidrio u otra) que asegure un óptimo manipuleo conservación en bodegas.
Ayudas tecnológicas	Ayudas tecnológicas y mecánicas de pesca y navegación	Ecosonda, GPS manual portátil, ayudas hidráulicas o mecánicas, utilización de cartas satelitales.
Seguridad en mar	Seguridad en el mar	Sistemas de seguridad EPIRB, SISESAT u otro sistema, comunicaciones, etc.

Tabla 6.- Embarcaciones adaptadas para estudios del calamar gigante

Table 6. Vessels adapted for the study of jumbo flying squid

Embarcación Vessel	Año Year	Tipo* Type*	CBOD Holding capacity (m <sup>3</sup> )	Eslora Length (m)	Focos Lamps (n)	Máq Machines (n)	Marca Maquinas Brand of machines
IKA 1	1973	C	20	15	10	4	HAMADE
Jimena	1979	C	350	35	18	10	HAMADE
IMARPE V	1997	C	30	16,5	6	4	HAMADE
YUTTA XIII	1998	C	180	25,4	12	4	HAMADE
SNP- 2	1999	A	25	21,5	8	4	HAMADE
PELIKAN	2000	Cal	30	25,7	43	10	SANMEI
PISCIS V	2013	C	77	22,2	20	6	HAMADE

\*C: cerco; A: arrastrero; Cal: Calamarero

\*C: purse seiner, A: traveler, Cal: jigging

Para mitigar los problemas antes mencionados se debe tomar en cuenta la adaptación de embarcaciones que cumplan las condiciones de habitabilidad y la tecnología adecuada que asegure buenas capturas en óptimas condiciones de calidad (Tabla 5).

### 1) Utilización de embarcaciones de fibra de vidrio

El cambio de material de construcción de las embarcaciones de la actual flota artesanal dedicada a la pesca de pota, debe considerarse una innovación tecnológica importante como es la sustitución de las embarcaciones de madera por las de fibra reforzada o fibra de vidrio debido a las ventajas comparativas.

Las ventajas radican en que: la fabricación se realiza en serie mediante una matriz, con disminución de costos de construcción y de mantenimiento comparado con la flota de madera y acero; las embarcaciones son más ligeras, diseños más marineros, de mayor vida útil, resistente a los golpes con el consiguiente menor gasto de combustible (mayor coeficiencia energética); cumple con los aspectos sanitarios demandados por SANIPES y existen astilleros en los principales puertos de cobertura de la actividad pesquera artesanal.

### 2) Aplicación de máquinas calamareras manuales, semiautomáticas o automáticas

El desarrollo y empleo de la máquina calamarera en embarcaciones pesqueras está en función a la mayor eficacia de captura y en la reducción de los problemas ergonómicos a los tripulantes. Una máquina calamarera consta de un tambor donde va adujada la línea de poteras y posibilita el acceso a mayores profundidades, facilitando el uso de líneas más largas.

Los carretes manuales podrían ser fabricados en los talleres locales, aplicables a pequeñas embarcaciones y a embarcaciones clasificadas como de menor escala. Las máquinas calamareras semiautomáticas y automáticas podrían ser instaladas en embarcaciones de menor escala (Fig. 7).

La máquina jigging automatizada opera dos tambores uno en cada lado de la unidad de potencia y la dirección central que enrollan y desenrollan la línea madre. Los tambores tienen una sección transversal elíptica u ovalada con el objeto de simular el movimiento de una presa mediante sacudidas y movimientos de la línea madre y la potera.

La demanda eléctrica de una máquina jigging es alrededor de ½ CV (0,4 kW) con el uso de un motor eléctrico de 220 voltios, pero también se utiliza con sistema hidráulico. La máquina disminuye y recupera las líneas desde una profundidad deseada a una velocidad predeterminada.

In order to mitigate the problems mentioned above, the adaptation of vessels that meet the conditions of habitability and the appropriate technology that ensures good catches in optimal quality conditions must be taken into account (Table 5).

### 1) Use of fiberglass vessels

The change of construction material of the vessels of the current artisanal fleet dedicated to fishing for jumbo flying squid, must be considered an important technological innovation that is the replacement of wooden vessels by those of reinforced fiber or fiberglass due to the comparative advantages.

The advantages are that: the production is carried out in series using a matrix, construction and maintenance costs are reduced compared to the wood and steel fleet; the boats are lighter, the designs are more marine, longer-lasting, resistant to impact and therefore less fuel consumption (higher energy coefficient); it meets the health aspects demanded by SANIPES and there are shipyards in the main ports of coverage of the artisanal fishing activity.

### 2) Application of manual, semi-automatic or automatic squid jig machines

The development and use of the squid jig machine in fishing vessels is a function of the greater efficiency of capture and the reduction of ergonomic problems for the crew. A squid jig machine consists of a drum where the line of jigs is attached and allows access to greater depths, facilitating the use of longer lines.

The hand reels could be manufactured in local workshops, applicable to small vessels and also to vessels classified as smaller scale. Semi-automatic and automatic squid jig machines could be installed on smaller scale vessels (Fig. 7).

The automated jigging machine operates two drums one on each side of the power unit and the central steering that wind and unroll the mother line. The drums have an elliptical or oval cross-section to simulate the movement of a prey by shaking and movement of the mother line and squid jigger.

The electrical demand for a jigging machine is around ½ HP (0.4 kW), by using an electric motor with 220 volts but also used with hydraulic system. The machine decreases and retrieves lines from a desired depth to a predetermined speed.

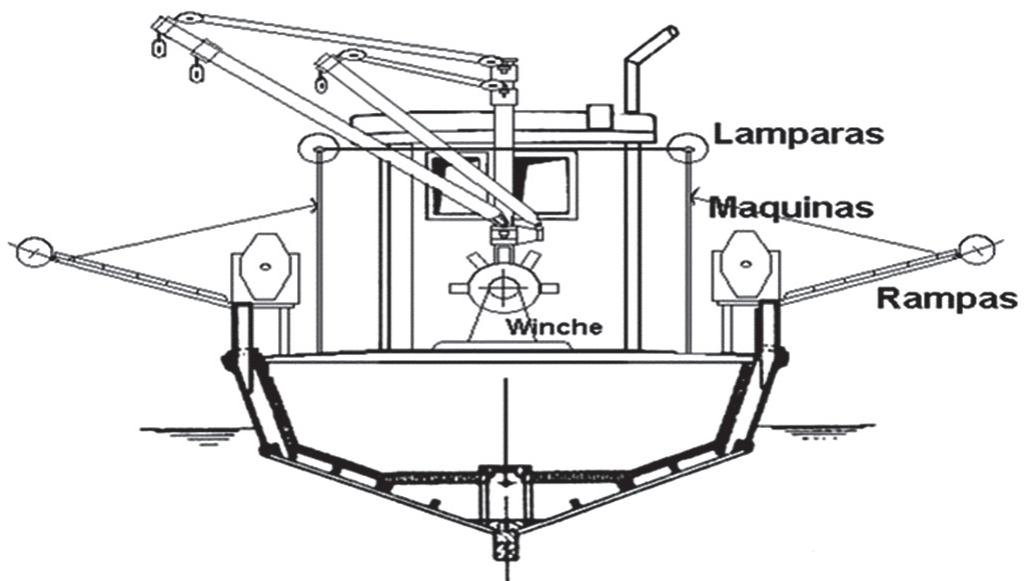


Figura 7.- Vista de ubicación de las máquinas calamareras

Figure 7. Location view of the squid machines

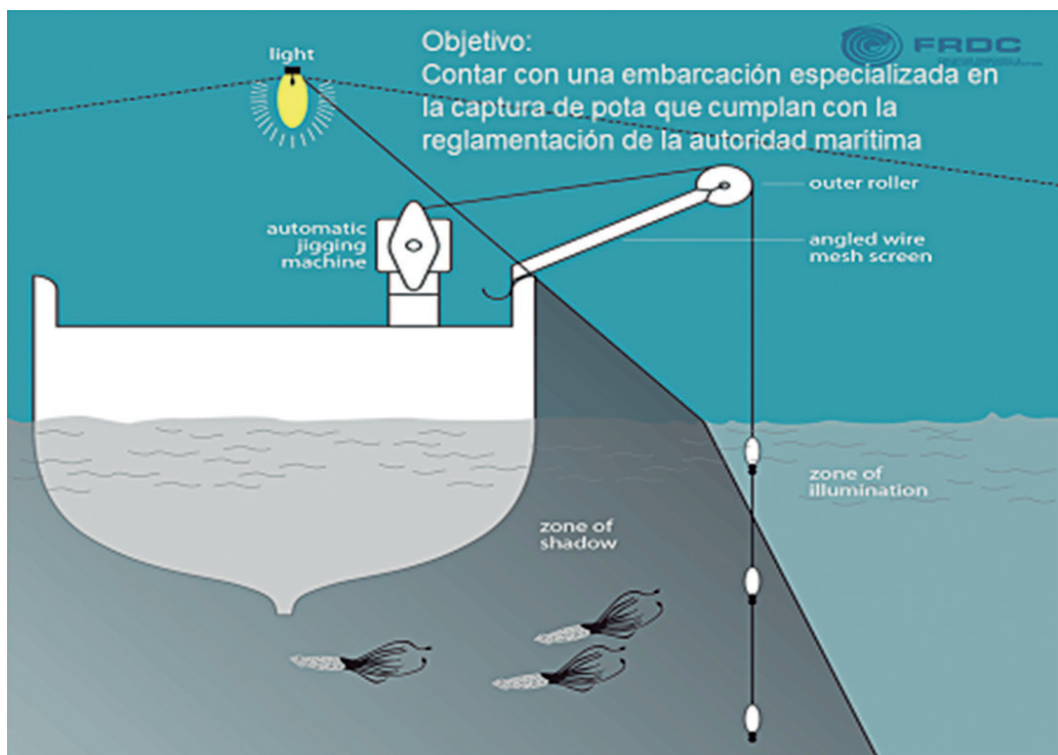


Figura 8.- Sistema de iluminación y máquinas calamareras (Adaptado de Australian Government 2011)

Figure 8. Lighting system and squid machines (Adapted of AUSTRALIAN GOVERNMENT 2011)

### Adecuación de la flota industrial para la captura de calamar gigante

Desde los años 70, se realizaron adaptaciones de embarcaciones de cerco a calamareras con sistema de máquinas automáticas (BENITES y VALDIVIESO 1986, MUNAYLLA 2014). IMARPE adaptó también sus buques arrastreros y cerqueros a calamareros y en convenio con la empresa privada adaptó una cerquera (Tabla 6). Hubo problemas en las adaptaciones debido a diversas causas, la más recurrente fue la estabilidad de los buques, la fuente de energía para el sistema de iluminación, máquinas calamareras, ruido del generador auxiliar, entre otros.

Entre los años 2000 y 2013 la empresa privada realizó inversiones en torno a la actividad extractiva de la pota, adquirieron una embarcación calamarera artesanal japonesa y además transformaron una embarcación de cerco para la captura de calamar con máquinas automáticas.

En el sistema automático de máquinas calamareras un factor preponderante es la estabilidad de la embarcación (menor abatimiento y deriva), para que la iluminación (haz de luz) y el área de penumbra sean lo más estables posible, que permitan una agregación constante de la pota y captura exitosa (RUBIO y SALAZAR 1989) (Fig. 8).

Normalmente las embarcaciones de cerco (pesca activa) tienen cascos con línea "fina" que les permite tener la velocidad adecuada cuando se realizan las operaciones de pesca. Actualmente la flota excedente cuenta con una cantidad de cascos PÍCSA, REMESA, NAVINSA, FABRIMET, con capacidad de bodega (CBOD) de entre 150 a 200 toneladas, que podrían considerarse para aplicar a la adaptación. Sin embargo, la operación de un sistema de captura pasivo como el de la pota, requiere que la embarcación este lo más estable posible durante la pesca.

En este sentido existen varias condiciones previas que se deben considerar en la adecuación de una embarcación de cerco a calamarera:

- 1° Análisis de las líneas de forma del casco
- 2° Definir los periodos de "rolido" (balance)
- 3° Determinar el material del casco más factible de adecuar

Los términos de referencia generales a considerar para cumplir con el principio de seguridad-estabilidad es bajar el centro de gravedad lastrado, doble quilla y alerones de estabilidad, los que se observan en la tabla A.

Para las adaptaciones de doble quilla y alerones de estabilidad se debe tener en cuenta el material de construcción del casco, del cual va a depender la facilidad de la adaptación; los cascos de acero tendrían una ventaja al respecto, ver la tabla B.

### Adaptation of the industrial fleet to catch jumbo flying squid

Since the 1970s, adaptations of purse-seiners to squid vessels have been carried out using an automatic machine system (BENITES & VALDIVIESO 1986, MUNAYLLA 2014). IMARPE also adapted its trawlers and seiners to jigger vessels and, in agreement with the private company, adapted a purse-seiner (Table 6). There were problems in the adaptations due to various causes, the most recurrent was the stability of the vessels, the power source for the lighting system, squid machines, noise from the auxiliary generator, among others.

Between 2000 and 2013, the private company invested in the extractive activity of jumbo flying squid, acquiring a Japanese artisanal jigger ship and also transforming a purse-seiner vessel for the capture of squid with automatic machines.

In the automatic system of squid jig machines, the stability of the boat is a preponderant factor (less abatement and drift), so that the lighting (beam of light) and the area of darkness are as stable as possible, allowing a constant aggregation of squid and successful capture (RUBIO & SALAZAR 1989) (Fig. 8).

Purse-seiner vessels (active fishing) usually have hulls with "thin" lines that allow them to have the proper speed when fishing operations are carried out. Currently the surplus fleet has a quantity of PÍCSA, REMESA, NAVINSA, FABRIMET hulls, with a holding capacity of between 150 and 200 tons, which could be considered to apply to the adaptation. Nonetheless, the operation of a passive capture system as in jumbo squid catches, requires the vessel to be as stable as possible during the fishing.

In this sense, there are several preconditions that must be considered when adapting a purse-seiner vessel to a jigger:

- 1° Analysis of hull shape lines
- 2° Defining the periods of "rolling" (balance)
- 3° Determine the hull material most likely to be suitable

The general terms of reference to consider in order to comply with the safety-stability principle is to lower the ballasted center of gravity, double keel and stability flaps (table A).



Tabla A: Términos de referencia generales de acuerdo a la reglamentación  
General terms of reference according to the regulation

Principio Principle	Adaptación Adaptation
Seguridad Estabilidad Security Stability	Bajar el centro de gravedad lastrado, doble quilla y alerones de estabilidad Lower the ballasted center of gravity, double keel and stability flaps
Habitabilidad Habitability	Reacondicionar mayor área por tripulante Overhaul more area per crew member
Autonomía Autonomy	Aumento de número de tanques para combustible Increase in the number of fuel tanks
Insulación Insulation	Bajar capacidad de bodega 30 a 40% Lower holding capacity 30 to 40%
Instalación de equipos Equipment installation	Sistema de luces, máquinas calamareras, estabilidad, frío Lighting system, squid machines, stability, cooling

Tabla B: Ventajas y desventajas de la adaptación de la flota de madera y de acero naval  
Advantages and disadvantages of the wooden and steel fleets

	Flota de madera Wooden fleet	Flota de acero Steel fleet
VENTAJAS ADVANTAGES	Periodo de rolido (balance) menor Shorter roll period (rolling)	Las adaptaciones son más fáciles de aplicar mediante proceso de soldadura Adaptations are easier to apply by welding process
	Adaptación del sistema automático calamarero sin dificultades Adaptation of the automatic jigging system without difficulties	Adaptación del sistema automático calamarero sin dificultades Adaptation of the automatic jigging system without difficulties
DESVENTAJAS DISAVANTAGES	Líneas de forma GRUESAS, más pesadas por lo tanto más consumo de combustible THICKER, heavier shape lines, therefore it generates more fuel consumption	Periodo de rolido mayor, debido a que tienen línea de forma FINA Longer roll period, because they have FINE shape lines
	Adaptación del casco más difícil More difficult adaptation of the hull	

Por otro lado, es posible la adaptación tecnológica de embarcaciones industriales. En el Perú existen ejemplos que datan de los años 1970 cuando se adaptó la embarcación cerquera IKA 1, además de los esfuerzos posteriores del IMARPE para demostrar la factibilidad técnica de embarcaciones de cerco y arrastre a poteras.

Del mismo modo pero con esfuerzos aislados los industriales pesqueros en el año 2000 probaron una embarcación artesanal potera *ad hoc* (máquinas calamareras automáticas, luces y sistema de frío) y luego adecuaron una embarcación cerquera a potera con máquinas automáticas en el 2014 e incluso hay embarcaciones poteras de fibra de vidrio operando en el norte del Perú.

## 2. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

La propuesta de una embarcación potera artesanal y de considerárselas de menor escala (Reglamento pesquero peruano) es una opción para el mejoramiento tecnológico, ya que, de esta manera, se estaría ordenando y presentando una diferenciación entre la misma flota artesanal puesta a discusión por PAREDES y DE LA PUENTE (2014), quienes explican las deficiencias de la actual flota ante una evidente necesidad de fomentar el desarrollo y la modernización de la flota con una escala adecuada.

Del análisis de la flota potera con relación a las características de un arte de pesca ideal (COCHRANE 2005) y las matrices de impacto al ecosistema -que fueron los insumos de la propuesta del mejoramiento tecnológico-, existe una tendencia coincidente con TRILLO (2012) y PAREDES y DE LA PUENTE (2014) quienes plantean a futuro la flota potera con embarcaciones de mayor tamaño que la flota artesanal actual (más de 15 metros de eslora), que cuenten con bodegas debidamente insuladas, con mayor capacidad de almacenamiento, mínimo de 20 m<sup>3</sup> de capacidad de bodega refrigerada, y mejorar los espacios de habitabilidad del pescador, espacios para la captura, manipuleo y conservación a bordo de acuerdo a normas sanitarias internacionales. Teniendo como objeto la aplicación de la tecnología en la flota artesanal propendiendo a realizar una actividad económica competitiva y altamente rentable (SALAZAR y ALARCÓN 2015).

La reglamentación actual de la pota, promueve la actuación de una flota industrial nacional, sin embargo, la limitante de la ejecución de este desarrollo es la misma comunidad pesquera artesanal, que ve en la creación de esta flota un competidor más eficiente, con mayor acceso al mercado por la calidad del producto y el lógico temor de ser desplazados.

For double keel and stability flaps adaptations, the hull construction material must be taken into account, on which the ease of adaptation will depend. Steel hulls would have an advantage in this respect (see the table B).

On the other hand, technological adaptation to industrial vessels is possible. In Peru, there are examples dating back to the 1970s when the purse-seiner vessel IKA 1 was adapted, in addition to the subsequent efforts of IMARPE to demonstrate the technical feasibility of purse-seiner and trawler vessels into jigger.

In the same way, but with isolated efforts, the fishing industry in the year 2000 tested an *ad hoc* artisanal jigger (automatic jigger machines, lights and cold system) and then adapted a purse-seiner to a jigger with automatic machines in 2014 and there are even fiberglass jigger vessels operating in northern Peru.

## 2. CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

The proposal of an artisanal jigger and to consider it as a smaller scale vessel (Peruvian fishing regulations) is an option for technological improvement, since, in this way, a differentiation between the same artisanal fleet put to discussion by PAREDES & DE LA PUENTE (2014) would be ordered and presented. They explain the shortcomings of the current fleet in the face of a clear need to encourage the development and modernization of the fleet on an appropriate scale.

From the analysis of the jigger fleet in relation to the characteristics of an ideal fishing gear (COCHRANE 2005) and the matrices of impact on the ecosystem - which were the inputs to the proposal for technological improvement - there is a tendency that coincides with TRILLO (2012) and PAREDES & DE LA PUENTE (2014) who propose the jigger fleet with larger vessels in the future than the current artisanal fleet (more than 15 meters in length), that have duly insulated holds, with a larger holding capacity, a minimum of 20 m<sup>3</sup> of refrigerated holding capacity, and to improve the fisherman's living spaces, spaces for catching, handling and keeping on board in accordance with international health standards. Aiming at the application of technology in the artisanal fleet in order to carry out a competitive and highly profitable economic activity (SALAZAR & ALARCÓN 2015).

The current regulation of the jumbo flying squid, promotes the performance of a national industrial fleet, however, the limitation of the implementation of this development is the same artisanal fishing community, which sees in the creation of this fleet a more efficient competitor with greater access to the market for the quality of the product and the logical fear of being displaced.

Sin ser este tema parte medular del presente trabajo es importante preguntarse ¿Cómo equilibrar la operación actual de flotas artesanales técnica y financieramente inestables frente a una posible flota industrial, bien capitalizada y eficaz, con exigencias de acceso? La respuesta pasa por la modernización de la flota artesanal con los elementos técnicos propuestos. Además, con la aplicación de un sistema de captura **no tradicional** donde la flota industrial potera podría actuar como embarcación madrina complementada con las embarcaciones artesanales, las capturas de ambas flotas pueden alcanzar alta calidad dadas las características de preservación, manipuleo y transformación de la embarcación madrina.

La incorporación de una flota industrial nacional potera, es parte de la diversificación de las actividades productivas, generando más productos con valor añadido y aumento de empleos en el sector, contribuyendo a consolidar nuestra presencia en alta mar.

El Instituto del Mar del Perú, dentro de sus funciones de investigación aplicada en pesquerías para el desarrollo nacional y la inclusión social, está en condiciones de liderar un proyecto de innovación tecnológica de la pesquería del *D. gigas* y validar la propuesta de un nueva embarcación calamarera y un sistema de captura no tradicional como el de las embarcaciones industriales mdrinas complementados por la flota artesanal tecnificada en el marco de los lineamientos técnicos aquí formulados para ponerla a disposición de la comunidad pesquera nacional.

El mejoramiento tecnológico de la flota potera artesanal y de las embarcaciones clasificadas como de menor escala con cascos de fibra de vidrio y la aplicación de sistemas de máquinas calamareras manuales, automáticas y líneas de mano, resultará en la participación activa del colectivo artesanal en condiciones competitivas, que les permita acceder y mantenerse en mercados nacionales y extranjeros con productos de buena calidad.

La implementación de una flota industrial con los términos de referencia de mejoramiento tecnológico en captura, conservación, seguridad y estabilidad, es conveniente porque favorecerá el incremento de los registros nacionales de captura en alta mar y asimismo, las exportaciones de pota, con el consecuente beneficio por la generación de fuentes de trabajo y divisas para el país.

While this issue is not at the heart of this paper, it is important to ask how to balance the current operation of artisanal fleets that are technically and financially unstable against a potential industrial fleet, well capitalized and efficient, with access requirements. The answer lies in modernizing the artisanal fleet with the proposed technical elements. In addition, with the application of a non-traditional catching system, where the industrial jigger fleet could act as a godmother vessel complemented by the artisanal vessels, the catches of both fleets can reach high quality given the characteristics of preservation, handling and transformation of the godmother vessel.

The incorporation of a national industrial jiggering fleet is part of the diversification of production activities, generating more value-added products and increasing employment in the sector, helping to consolidate our presence on the high seas.

The Peruvian Marine Research Institute within its functions of applied research in fisheries for national development and social inclusion is in a position to lead a project of technological innovation in the *D. gigas* fishery and validate the proposal for a new jigger and a non-traditional catching system such as that of industrial godmothers complemented by the technical artisanal fleet within the framework of the technical guidelines formulated here to make it available to the national fishing community.

The technological improvement of the artisanal jigger fleet and of the vessels classified as small scale with fiberglass hulls and the application of systems of manual and automatic squid jigger machines and hand lines, will result in the active participation of the artisanal group in competitive conditions that will allow them to access and maintain themselves in national and foreign markets with good quality products.

The implementation of an industrial fleet with the terms of reference of technological improvement in catch, conservation, security and stability, is convenient because it will favor the increase of national records of catch on the high seas and also, the exports of jumbo flying squid with the consequent benefit for the generation of jobs and foreign exchange for the country.

### 3. REFERENCIAS/REFERENCES

- ARGÜELLES J, TAFUR R, TAÍPE A, VILLEGAS P, KEYL F, DOMÍNGUEZ N, *et al.* 2008. Size increment of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* mature females in Peruvian waters 1989-2004. *Progress in Oceanography*. 308-312.
- ARELLANO E, SWARTZMAN G. 2010. The Peruvian artisanal fishery: Changes in patterns and distribution over time. *Fisheries Research*. (101): 133-145.
- AUSTRALIAN GOVERNMENT. 2011. Improving the efficiency of Southern Squid Jig Fisheries. The Fisheries Research and Development Corporation. Obtenido de <http://www.afma.gov.au/wp-content/uploads/2010/06/draftassessmay04.pdf>.
- AVENDAÑO P. 2006. Soberanía alimentaria: Contribución de los recursos pesqueros a la alimentación de América Latina y el Caribe. WWF.
- BENITES C, VALDIVIESO V. 1986. Resultados de la Pesca Exploratoria de 1979/80 y desembarque de cefalópodos pelágicos en el litoral peruano. Callao: Inst. Mar Perú. *Bol Inst Mar Perú*. Vol. 10 (5): 107-139.
- CABANELLAS-REBOREDO M, ALÓS J, PALMER M, GRÄDEL M, MORALES-NIN B. 2011. Simulating the indirect handline jigging effects on the European squid *Loligo vulgaris* in captivity. (Elsevier Ed.) *Fisheries Research*. 110: 435-440.
- COCHRANE K L. (Ed.). 2005. Guía del administrador pesquero Medidas de ordenación y su aplicación. FAO, Roma. Documento Técnico de Pesca. 424: 231.
- DIARIO GESTIÓN. 2014. Adex: Tailandia se perfila como destino estrella de exportaciones peruanas de pota. El diario de economía y negocios de Perú. Extraído de: <http://gestion.pe/economia/adex-tailandia-se-perfila-como-destino-estrella-exportaciones-peruanas-pota-2111027> (3/20/2017)
- ESPINO M. 2014. La pesquería de Pota en el Perú: Situación actual y Perspectivas. Fórum Nacional "Pesquería de la Pota en el Perú: Diagnostico y Propuestas de Solución". Lima Peru.
- FAO. 2006. Seguridad alimentaria. Informe de políticas. Obtenido de [ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb\\_02\\_es.pdf](ftp://ftp.fao.org/es/ESA/policybriefs/pb_02_es.pdf).
- FAO. 2010. Visión General del sector Pesquero Nacional del Perú. Obtenido de [ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/fcp/es/FI\\_CP\\_PE.pdf](ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/fcp/es/FI_CP_PE.pdf).
- FAO. 2014. The state of world fisheries and aquaculture. Obtenido de <http://www.fao.org/3/a-i3720e.pdf>.
- GIAMPIETRI L. 2015. Conferencia: "El Niño: Prevención y aprovechamiento de recursos de oportunidad a través de embarcaciones multipropósito". Lima: Sociedad Nacional de Pesquería.
- MIRANDA F. 2014. Los mercados de la pota en el mundo: Situación actual y perspectivas. Fórum Nacional Pesquería de la Pota en el Perú: Diagnostico y Propuestas de Solución.
- MUNAYLLA U. 2014. Propuestas para el fortalecimiento de la pesca artesanal de la pota y el desarrollo de la flota industrial calamarera. Fórum Nacional "Pesquería de la Pota en el Perú: Diagnostico y propuestas de solución". Lima Peru.
- PAREDES C E, DE LA PUENTE S. 2014. Situación actual de la pesquería de la pota (*Dosidicus gigas*) en el Perú y recomendaciones para su mejora. Obtenido de [http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4\\_uibd.nsf/AF579F67269CB59505257D8E004DCB6F/\\$FILE/1\\_doc\\_final\\_cies.pdf](http://www2.congreso.gob.pe/sicr/cendocbib/con4_uibd.nsf/AF579F67269CB59505257D8E004DCB6F/$FILE/1_doc_final_cies.pdf).
- PEÑA C. 2010. Reconstrucción de la población de anchoveta peruana *Engraulis ringens* Jenyns, 1842, en el periodo marzo 1953 a marzo 2007.
- PERÚ 21. 2015. ADEX: Exportación de pota del Perú alcanzó récord histórico. Redacción Perú 21. 25 enero 2015, 15:34 horas.
- PRODUCE. 2011. Decreto N° 014-2011. Reglamento del Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante o Pota (*Dosidicus gigas*). Extraído de: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/per106458.pdf>
- PRODUCE. 2015. Anuario Estadístico de Pesca y Acuicultura 2014. Estadísticas pesqueras Ministerio de la Producción. Obtenido de <http://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2014.pdf>
- RUBIO J, SALAZAR C. 1989. Prospección pesquera del calamar gigante *Dosidicus gigas* a bordo del buque Japonés Shiko Maru 2. Callao Perú. *Inf Inst Mar Perú*. 103.
- SALAZAR C M. 1997. Informe Interno. Programa de Cooperación Técnica para la pesca C.E.E. VECEP ALA 92/43. Callao Lima Perú.
- SALAZAR C M, ALARCÓN J. 2015. Informe Interno. Propuesta de embarcaciones Poteras. Lima. Imarpe.
- SALAZAR C M, ALARCÓN J, CHACÓN G. 2015. Informe Ejecutivo sobre el Taller de clasificación de artes de pesca de la pesquería artesanal peruana. Obtenido de [http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/res\\_ejec\\_talle\\_a\\_rpesca.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/res_ejec_talle_a_rpesca.pdf)
- SOCIEDAD NACIONAL DE PESQUERÍA. 2012. <http://www.snp.org.pe/la-snp-presento-los-lineamientos-para-la-competitividad-y-sostenibilidad-del-sector-pesquero-peruano/> Agosto.
- SOCIEDAD NACIONAL DE PESQUERÍA. 2014. <http://www.snp.org.pe/media/pdf/agenda/agenda-y-propuestas-de-la-sociedad-nacional-de-pesqueria-final.pdf>. (S. N. Pesquería, Editor) Obtenido de Agenda y Propuestas de la Sociedad Nacional de Pesquería. Setiembre.
- SUEIRO J, LOPEZ DE LA LAMA R. 2013. La pesca artesanal en el Perú: Diagnóstico de la actividad pesquera artesanal peruana. Lima, Perú: TCP/PER/3041.
- TFO C. 2009. <http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/calidad/FDA-%20Guia-de-Etiquetado-Canada-2009.pdf>. Obtenido de Guía para la Exportación a Canadá. Estudio para la identificación de requisitos para el acceso a mercado y regulaciones para el ingreso de productos alimenticios a Canadá.
- TRILLO P. 2012. El futuro de la pesquería peruana en el nuevo contexto internacional: el desafío de la OROP. Taller Nacional "Estrategias para un plan nacional de desarrollo y ordenamiento de las pesquerías de consumo humano directo y maricultura. Lima.
- VELA L, ÁLVAREZ G, COSSIO J, HELGUERO B, MARTÍNEZ M, SANTA CRUZ R. 2014. Diagnóstico Estratégico del Sector Pesquero Peruano. Obtenido de <https://web.ua.es/es/giecryal/documentos/pesca-peru.pdf?noCache=1396567782720>.

# ASPECTOS DE LA ORDENACIÓN PESQUERA DEL CALAMAR GIGANTE O POTA (*Dosidicus gigas*) Y LA VARIABILIDAD CLIMÁTICA EN EL PERÚ

## ASPECTS OF JUMBO FLYING SQUID (*Dosidicus gigas*) FISHERIES MANAGEMENT AND CLIMATE VARIABILITY IN PERU

Renato Guevara-Carrasco<sup>1</sup>

Luis Mariátegui

Carmen Yamashiro

### RESUMEN

GUEVARA-CARRASCO R, MARIÁTEGUI L, YAMASHIRO C. 2018. Aspectos de la ordenación pesquera del calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*) y la variabilidad climática en el Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 285-301.- Se presenta un breve recuento cronológico de las principales medidas de ordenación de la pesquería del calamar gigante o pota en el Perú, a lo largo de casi 30 años. Con una perspectiva biológica, se comenta cómo la evolución del sistema de ordenación pesquera de esta especie en el país, ha sido fuertemente condicionada por el comportamiento de este recurso, en respuesta a la variabilidad climática característica del mar peruano, principalmente el ENOS. PALABRAS CLAVE: ordenación pesquera, calamar gigante, *Dosidicus gigas*, clima, Perú

### ABSTRACT

GUEVARA-CARRASCO R, MARIÁTEGUI L, YAMASHIRO C. 2018. Aspects of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) fisheries management and climate variability in Peru. 33(2): 285-301.- A brief chronology of the main fisheries management rules of jumbo flying squid fishery is described, for the last 30 years. From a biological point of view, comments are made on how the behavior response of this species, to the characteristic climate variability of the Perú's Current system, mainly ENSO, has marked the evolution of the fisheries management system of this Peruvian fishery.

KEYWORDS: fisheries management, jumbo flying squid, *Dosidicus gigas*, climate, Peru

## 1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante o pota *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) es un recurso pesquero que habita solamente en el océano Pacífico oriental, desde las costas de Chile a las de Estados Unidos. Desde los años 1970 presenta niveles de extracción significativos, pero con mayores volúmenes desde los años 1990, realizados tanto en zonas jurisdiccionales como en la altamar adyacente de los países ribereños, por flotas de diversos países. En la última década, el Perú ha sido el país con mayores niveles de extracción de esta especie, con aproximadamente el 50%, seguido por Chile, China y México (Fig. 1).

En el ámbito nacional, esta especie es la segunda en extracción desde 2004 con un crecimiento de la captura casi exponencial que alcanzó el orden de medio millón de toneladas anuales. Cabe destacar que en los últimos años, su pesquería cobra particular importancia socio-económica debido a que su explotación la realiza únicamente la pesquería artesanal. Se estima que aproximadamente el 20% de toda la flota artesanal está dedicado a su extracción. Por ello, es necesario fortalecer el sistema de ordenación para esta pesquería.

## 1. INTRODUCTION

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) is a fishery resource that inhabits only the Eastern Pacific Ocean, from the coasts of Chile to the United States. Since the 1970s it has had significant levels of extraction, but with higher volumes since the 1990s, carried out both in jurisdictional areas and in the adjacent high seas of the coastal countries by fleets of various countries. In the last decade, Peru has been the country with the highest levels of extraction of this species, with approximately 50%, followed by Chile, China and Mexico (Fig. 1).

At the national level, this species is the second in extraction since 2004 with an almost exponential growth in catch that reached the order of half a million tons annually. It should be noted that in recent years, its fishery has gained particular socio-economic importance due to the fact that it is exploited only by the artisanal fishery. It is estimated that approximately 20% of the entire artisanal fleet is dedicated to its extraction. It is therefore necessary to strengthen the management system for this fishery.

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú. Esquina Gamarra y Gral. Valle s/n  
Email: rguevara@imarpe.gob.pe

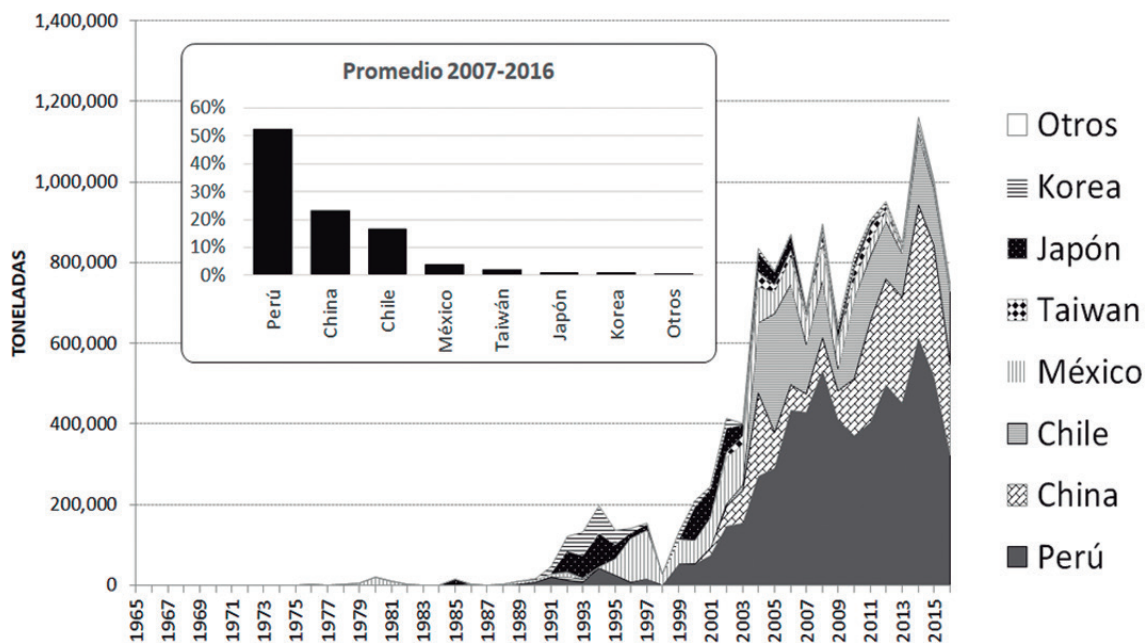


Figura 1.- Desembarques anuales del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) entre 1965 y 2016 (Fuente: FAO, 2018). En “Otros” están Ecuador, Ucrania y EE.UU.

Figure 1. Annual landings of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) between 1965 and 2016 (Source: FAO, 2018). “Others” includes Ecuador, Ukraine and USA

La ordenación pesquera está definida en la Ley General de Pesca del Perú (Art. 10) como: “... el conjunto de normas y acciones que permiten administrar una pesquería, sobre la base del conocimiento actualizado de sus componentes biológicos-pesqueros, económicos y sociales”. En términos más generales, la FAO (1999) la define como “El proceso integrado de recogida de información, análisis, planificación, consulta, adopción de decisiones, asignación de recursos, formulación y ejecución, así como imposición, cuando sea necesario, de reglamentos o normas que rijan las actividades pesqueras para asegurar la productividad de los recursos y la consecución de otros objetivos”.

De ahí que la ordenación pesquera debe entenderse como un proceso complejo y adaptativo (MAHON *et al.* 2008), con factores y mecanismos de retroalimentación que la convierten en un proceso muy dinámico a lo largo del tiempo. Para el caso de la ordenación de la pesquería del calamar gigante o pota, esta complejidad y dinamismo es aún mayor, por cuanto se trata de un recurso pesquero con un ciclo de vida corto aún poco entendido, que habita, además, en un ambiente muy variable y poco predecible como el del mar peruano.

En este trabajo se aborda el tema de la ordenación pesquera del calamar gigante o pota, desde la perspectiva de cómo los factores de la variabilidad climática y las respuestas biológicas de esta especie, han influido en las características del

Fisheries management is defined in the General Law of Fisheries of Peru (Art. 10) as: “...the set of rules and actions that make it possible to manage a fishery, on the basis of updated knowledge of its biological-fishing, economic and social components”. More generally, FAO (1999) defines it as “The integrated process of information gathering, analysis, planning, consultation, decision-making, allocation of resources and formulation and implementation, with enforcement as necessary, of regulations or rules which govern fisheries activities in order to ensure the continued productivity of the resources and the accomplishment of other fisheries objectives”.

Hence, fisheries management should be understood as a complex and adaptive process (MAHON *et al.* 2008), with factors and feedback mechanisms that make it a very dynamic process over time. In the case of the jumbo flying squid fishery management, this complexity and dynamism is even greater, since it is a fishing resource with a short life cycle that is still poorly understood and inhabits a highly variable and unpredictable environment such as that of the Peruvian sea.

This paper addresses the issue of the jumbo flying squid fisheries management, from the perspective of how the factors of climate variability and biological responses of this species have influenced the characteristics of the management

sistema de manejo, principalmente relacionado al acceso a esta pesquería. No se abordan aspectos socio-económicos, que en determinadas etapas han desempeñado un rol muy importante. Se pone en evidencia la naturaleza compleja, dinámica y adaptativa de la ordenación pesquera de este recurso.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

En la elaboración de este trabajo se ha revisado una parte significativa de las publicaciones científicas más importantes sobre el calamar gigante o pota, para poder entender su ciclo biológico y las implicancias para la ordenación. También se han revisado informes técnicos del IMARPE no publicados, de asesoría al gobierno nacional, que constan en los archivos del Área de Invertebrados Marinos de la Dirección General de Investigaciones de Recursos Demersales y Litorales del Instituto del Mar del Perú (IMARPE).

Asimismo, del portal del Ministerio de la Producción se ha obtenido el contenido actualizado de la Ley General de Pesca y su Reglamento, así como la última versión del Reglamento de Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante. Hay que señalar que el Área de Invertebrados Marinos conserva un repositorio bastante completo de las Resoluciones Ministeriales (R.M.) relacionadas con este recurso, desde 1989 hasta la fecha. Una fuente importante de información ha provenido de entrevistas a algunos de los actores (autoridades y científicos) que desempeñaron un rol clave durante los inicios de esta pesquería.

## 3. RESULTADOS

### **SOBRE EL MARCO LEGAL DE LA ORDENACIÓN DE LA PESQUERÍA**

El marco legal de la ordenación pesquera del calamar gigante o pota en el Perú se caracteriza por la concurrencia de una serie de normas emitidas por diversas instancias de gobierno, entre las que se encuentran, por un lado, aquellas del Ministerio de la Producción (subsector Pesquería) que tiene competencia directa en los temas de pesca y acuicultura, y por otro lado normas generales emitidas por el Ministerio del Ambiente que contribuyen a definir los principios generales para el uso de los recursos naturales y la biodiversidad, en el entorno de la Política Nacional del Ambiente. Esta configuración de normas (Fig. 2) permite contar con un marco legal bastante completo y moderno, acorde con diversos lineamientos internacionales de utilización de los recursos naturales que el Perú ha respaldado.

system, mainly related to access to this fishery. Socio-economic aspects, which have played a very important role at certain stages, are not addressed. It highlights the complex, dynamic and adaptive nature of fisheries management of this resource.

## 2. MATERIAL AND METHODS

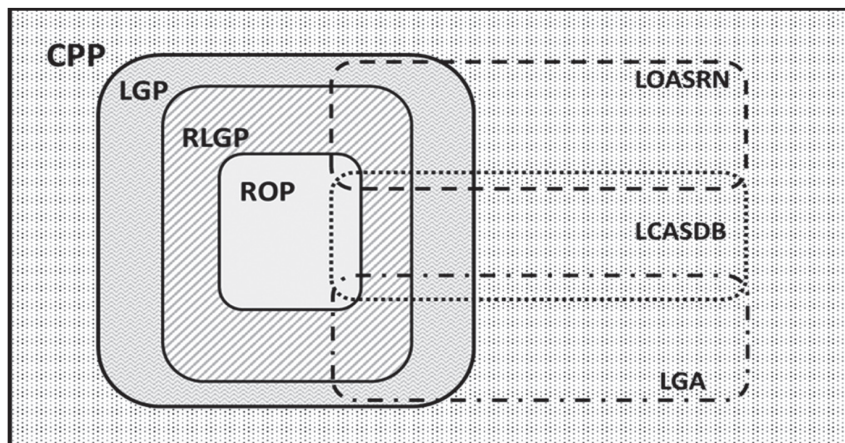
A significant part of the most important scientific publications on jumbo flying squid have been reviewed in order to understand their life cycle and the implications for management. Unpublished IMARPE technical reports have also been reviewed, from advice to the national government, which are included in the files of the Marine Invertebrates Area of the Directorate General for Research on Demersal and Littoral Resources of the Peruvian Marine Research Institute (IMARPE).

Likewise, the updated content of the General Law of Fisheries and its Regulations, as well as the latest version of the Regulation on the Management of the Jumbo Flying Squid Fishery, have been obtained from the Ministry of Production's website. It should be noted that the Marine Invertebrates Area maintains a fairly complete repository of the Ministerial Resolutions (M.R.) related to this resource, from 1989 to date. An important source of information has come from interviews with some of the stakeholders (authorities and scientists) who played a key role during the early days of this fishery.

## 3. RESULTS

### **REGARDING THE LEGAL FRAMEWORK FOR FISHERY MANAGEMENT**

The legal framework for fisheries management of jumbo flying squid in Peru is characterized by the concurrence of a series of rules issued by various government agencies, including, on the one hand, those of the Ministry of Production (Fisheries subsector) which has direct jurisdiction over fishing and aquaculture issues, and on the other hand, general rules issued by the Ministry of the Environment that contribute to defining the general principles for the use of natural resources and biodiversity, in the context of the National Environmental Policy. This set of rules (Fig. 2) provides a fairly complete and modern legal framework, in line with the various international guidelines for the use of natural resources that Peru has endorsed.



CPP: Constitución Política del Perú/Political Constitution of Peru, LGP: Ley General de Pesca/General Law of Fisheries, RLGP: Reglamento de la Ley General de Pesca/Regulation of the General Law of Fisheries, ROP: Reglamento de Ordenación Pesquera del calamar gigante o Pota/Regulations of Fisheries Management of Jumbo Flying Squid, LOASRN: Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales/Organic Law for the Sustainable Use of Natural Resources, LCASDB: Ley sobre la Conservación y Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica/Law on the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity, LGA: Ley General del Ambiente/ General Law of the Environment

Figura 2.- Esquema del marco legal para la pesquería del calamar gigante o pota

Figure 2. Scheme of the legal framework for the jumbo flying squid fisheries

Entre los instrumentos legales más importantes se destacan los siguientes:

- a. **La Constitución Política del Perú.** Esta norma de primer nivel establece los lineamientos básicos para la utilización de los recursos naturales. Indica que *“Los recursos naturales, renovables y no renovables, son patrimonio de la Nación. El Estado es soberano en su aprovechamiento. Por ley orgánica se fijan las condiciones de su utilización y de su otorgamiento a particulares. La concesión otorga a su titular un derecho real, sujeto a dicha norma legal”*.

Luego se encuentran los instrumentos legales sectoriales:

- b. **La Ley General de Pesca, Decreto Ley N° 25977, publicado el 26 de diciembre de 1992.** Esta es la norma central de la actividad pesquera en el Perú, en la cual se definen los objetivos de la gestión de las pesquerías nacionales. Según su Artículo 1 *“tiene por objeto normar la actividad pesquera con el fin de promover su desarrollo sostenido como fuente de alimentación, empleo e ingresos y de asegurar un aprovechamiento responsable de los recursos hidrobiológicos, optimizando los beneficios económicos, en armonía con la preservación del medio ambiente y la conservación de la biodiversidad”*.

Cabe destacar también que en ella se recoge la incertidumbre que generan las respuestas de los recursos pesqueros ante la variabilidad climática del mar peruano, al establecer en su Artículo 5 que: *“reconoce a la actividad pesquera como un quehacer permanente de carácter discontinuo, en razón de la naturaleza aleatoria de los recursos hidrobiológicos”*.

Among the most important legal instruments are the following:

- a. **The Political Constitution of Peru.** This first level standard establishes the basic guidelines for the use of natural resources. It states that *“Natural resources, renewable and non-renewable, are the patrimony of the Nation. The State is sovereign in its use. The conditions for its use and granting to private individuals are laid down in an organic law. The concession grants its holder a right in rem, subject to this legal rule”*.

Then there are the sector specific legal instruments:

- b. **The General Law of Fisheries, Decree-Law N° 25977, published on December 26, 1992.** This is the central rule of fishing activity in Peru, in which the objectives of the national fisheries management are defined. According to Article 1, its purpose is *“to regulate fishing activity in order to promote its sustainable development as a source of food, employment and income and to ensure the responsible use of hydrobiological resources, optimizing economic benefits, in harmony with the preservation of the environment and the conservation of biodiversity”*.

It should also be noted that it reflects the uncertainty generated by the responses of fishery resources to the climate variability of the Peruvian sea, by stating in Article 5 that: *“recognizes fishing activity as a permanent activity of a discontinuous nature, due to the random nature of hydrobiological resources”*.



Respecto de los recursos transzonales como el calamar gigante o pota, esta norma en el Artículo 7º señala que las regulaciones "... adoptadas por el Estado para asegurar la conservación y racional explotación de los recursos hidrobiológicos en aguas jurisdiccionales, podrán aplicarse más allá de las 200 millas marinas, a aquellos recursos multizonales que migran hacia aguas adyacentes o que proceden de éstas hacia el litoral por su asociación alimentaria con otros recursos marinos o por corresponder a hábitats de reproducción o crianza. El Perú propiciará la adopción de acuerdos y mecanismos internacionales a fin de procurar el cumplimiento de tales normas por otros Estados, con sujeción a los principios de la pesca responsable."

- a. **El Reglamento de la Ley General de Pesca, Decreto Supremo N° 012-2001-PE, publicado el 14 de marzo del 2001.** Señala que la ordenación de las distintas pesquerías se canaliza mediante los Reglamentos de Ordenación Pesquera que contienen las medidas específicas para el manejo de cada unidad de pesquería diferenciada, incluyendo los mecanismos de acceso. Asimismo, hace una clasificación de los recursos según su distinto nivel de explotación y se definen los principios para la recuperación de los recursos, entre otras acciones. El actual Reglamento de Ordenación Pesquera del calamar gigante o pota se promulgó en octubre del 2011 mediante Decreto Supremo (D.S. N° 014-2011-PRODUCE).

Complementando el marco legal cabe mencionar otros instrumentos legales más generales (MINAM 2011a, 2011b) como son:

- a. La Ley Orgánica para el Aprovechamiento Sostenible de los Recursos Naturales, Ley N° 26821, publicada el 26 de junio de 1997.
- b. La Ley sobre la Conservación y el Aprovechamiento Sostenible de la Diversidad Biológica, Ley N° 26839, publicada el 16 de julio de 1997 y su Reglamento el Decreto Supremo N° 068-2001-PCM, publicado el 21 de junio de 2001.
- c. La Ley General del Ambiente, Ley N° 28611, publicada el 15 de octubre de 2005.

Estos dan una definición de recursos naturales, las condiciones de su aprovechamiento, asignan la categoría de estratégicos a los recursos naturales, determinan la necesidad de su conservación y gestión integrada, en concordancia con lineamientos modernos, de amplia aceptación internacional.

#### **Evolución del Proceso de Ordenación Pesquera del Calamar Gigante en el Perú:**

##### **a) Periodo previo a 1990**

Durante los años previos a la década de los años noventa, la demanda mundial de calamares y jibias

Regarding straddling resources such as jumbo flying squid, this rule in Article 7 states that the regulations "...adopted by the State to ensure the conservation and rational exploitation of hydrobiological resources in jurisdictional waters may be applied beyond 200 nautical miles to those multizonal resources that migrate towards adjacent waters or that come from them towards the coast because of their food association with other marine resources or because they correspond to breeding or nursery habitats. Peru shall encourage the adoption of international agreements and mechanisms to ensure compliance with such rules by other States, subject to the principles of responsible fishing".

- a. **The Regulations of the General Law of Fisheries, Supreme Decree N° 012 -2001-PE, published on March 14, 2001.** It points out that the management of the different fisheries is channeled through the Regulations on the Management of Fisheries that contain the specific measures for the management of each separate fishery unit, including access mechanisms. It also classifies resources according to their different level of exploitation and defines the principles for the recovery of resources, among other actions. The current Regulation on the Management of Jumbo flying squid fishery was promulgated in October 2011 by Supreme Decree (D.S. N° 014-2011-PRODUCE).

Complementing the legal framework are other more general legal instruments (MINAM 2011a, 2011b) such as:

- a. The Organic Law for the Sustainable Use of Natural Resources, Law N° 26821, published on June 26, 1997.
- b. The Law on the Conservation and Sustainable Use of Biological Diversity, Law N° 26839, published on July 16, 1997, and its Regulations, Supreme Decree N° 068-2001-PCM, published on June 21, 2001.
- c. The General Law of the Environment N° 28611, published on October 15, 2005.

These give a definition of natural resources, the conditions of their use, assign the category of strategic to natural resources, determine the need for their conservation and integrated management, in accordance with modern guidelines, widely accepted internationally.

#### **Evolution of the Regulations on Management of Jumbo Flying Squid Fisheries Process in Peru:**

##### **a) Pre-1990 Period**

During the years prior to the 1990s, world demand for squid and cuttlefish increased steadily,

se incrementó sostenidamente, alentando la búsqueda de nuevas zonas de pesca. En ese contexto, el mar peruano se convirtió en una importante zona de atracción para flotas foráneas, especialmente de Japón y Corea, debido a que la presencia significativa de calamares ya había sido detectada.

Considerado entonces como un recurso potencial, a fines de los años 1970 se desarrollaron exploraciones preliminares de calamar gigante o pota, utilizando tanto embarcaciones de pesca local, como buques de exploración científica foráneos (BENITES 1984, BENITES y VALDIVIESO 1986). A fines de la década de 1980 los estudios continuaron con prospecciones desarrolladas en el marco de convenios de cooperación de IMARPE con JAMARC (Japan Marine Research Center) en 1989, y con una empresa coreana en 1990 para realizar una pesca exploratoria, obteniendo resultados muy alentadores con altas tasas de captura. En ese contexto se comenzaron a abrir mercados para la exportación de este recurso, como el mercado español en 1989 en circunstancias de escasez del calamar patagónico (Pedro Trillo, comunicación personal).

#### **b) Periodo 1990 – 1998**

Como ocurre con toda nueva pesquería, el limitado conocimiento sobre la biología y ecología del calamar gigante no fue impedimento para el desarrollo de la extracción de este recurso, adoptándose con cautela medidas pragmáticas en los primeros años de 1990. Una de las primeras hipótesis de trabajo fue la caracterización del calamar gigante o pota como “recurso de oportunidad”, bajo el supuesto de ser un recurso de naturaleza temporalmente muy abundante, además de ser considerado como un depredador agresivo que podría afectar a otros recursos pesqueros. Asimismo, los resultados positivos de los estudios sobre la abundancia de esta especie alentaron la hipótesis de la existencia de un buen potencial de captura. Por otro lado, aunque había estudios que estimaban la talla mínima de captura en 320 mm de longitud de manto, con tolerancias de hasta el 20% de incidencia, esta no se llegó a adoptar debido a que en la experiencia internacional tal medida no se usaba en este tipo de recursos.

Ante la demanda de permisos de pesca o concesiones de la flota extranjera especializada, estas se atendieron inicialmente en 1991 por asignación directa, aplicando los alcances del Reglamento para la Operación de Buques Atuneros Frigoríficos (D.S. N° 008-84-PE modificado por el D.S. N° 014-87-PE).

Asimismo, ante la imposibilidad de asignar cuotas de pesca se aplicó el sistema de regulación del esfuerzo de pesca otorgando licencias por empresa en términos de Tonelaje de Registro Neto (TRN), para un número limitado de buques. Para esto se tomaron como referencia

encouraging the search for new fishing grounds. In this context, the Peruvian sea became an important area of attraction for foreign fleets, especially from Japan and Korea, because the significant presence of squid had already been detected.

Considered then as a potential resource, in the late 1970s, preliminary surveys of jumbo flying squid were developed, using both local fishing vessels and foreign scientific exploration vessels (BENITES 1984, BENITES & VALDIVIESO 1986). At the end of the 1980s, the studies continued with surveys developed under IMARPE cooperation agreements with JAMARC (Japan Marine Research Center) in 1989, and with a Korean company in 1990 to carry out exploratory fishing, obtaining very encouraging results with high catch rates. In this context, markets began to open up for the export of this resource, such as the Spanish market in 1989 in circumstances of shortage of Patagonian squid (Pedro Trillo, personal communication).

#### **b) 1990 – 1998 Period**

As with any new fishery, limited knowledge of the biology and ecology of the jumbo flying squid was not an impediment to the development of the extraction of this resource, and pragmatic measures were taken cautiously in the early 1990s. One of the first working hypotheses was the characterization of this species as an “opportunity resource”, under the assumption that it is a resource of a temporarily abundant nature, in addition to being considered as an aggressive predator that could affect other fishery resources. Also, the positive results of the abundance surveys of this species encouraged the hypothesis of good catch potential. On the other hand, although there were studies that estimated the minimum catch size at 320 mm of mantle length, with tolerances of up to 20% of incidence, this was not adopted because in international experience such a measure was not used in this type of resource.

Faced with the demand for fishing permits or concessions from the specialized foreign fleet, these were initially met in 1991 by direct allocation, applying the scope of the Regulations for the Operation of Refrigerator Tuna Vessels (D.S. N° 008-84-PE modified by D.S. N° 014-87-PE).

Also, due to the impossibility of allocating fishing quotas, the system of regulating fishing effort was applied by granting licenses per company in terms of Net Register Tonnage (NRT) for a limited number of vessels. For this purpose, catch rates (tons per NRT) from international experience were taken as

tasas de captura (toneladas por TRN) de la experiencia internacional, las mismas que se fueron modificando conforme se ganaba conocimiento sobre las existencias locales de calamar gigante. Como mecanismo de seguridad los permisos se otorgaron solo por periodos cortos de 180 días, en el cual los buques podían extraer como máximo un determinado volumen de pesca. El pago de derechos por concesión, inicialmente se hizo por cada TRN de buque, pero luego, dado el crecimiento de las capturas, se pasó a un pago por tonelada métrica (TM) de captura nominal de calamar gigante.

A fines de 1991 se publicó el Reglamento de Operaciones de Buques Calamareros (D.S. N° 005-91-PE) que estableció un sistema de acceso libre con pago de derechos, definió la zona de pesca fuera de las 30 millas de la costa y un tamaño de buque menor de 500 TRN, entre otras medidas. Previsoramente y por la naturaleza del mar peruano, se introdujo el concepto de manejo excepcional ante condiciones ambientales variables. Esto no era otra cosa que incorporar en la práctica los principios de lo que se denomina "manejo adaptativo" para enfrentar los efectos de los eventos El Niño.

En febrero de 1992 se emitió preliminarmente un Reglamento de Otorgamiento de Concesiones de Extracción de Calamar gigante (D.S. N° 004-92-PE) por la necesidad de contar con embarcaciones especializadas para la pesca de calamar cuya abundancia (se entendía entonces) podría ser de corto a mediano plazo, y se estableció que una de las formas de lograrlo era mediante la convocatoria a concurso público de ofertas para el otorgamiento de concesiones. Se fijaron valores máximos para cada concesión: 10 meses de plazo, 10 mil toneladas de captura y 700 TRN de esfuerzo (en número de barcos de pesca). La versión definitiva de este reglamento se emitió en mayo de ese año (D.S. N° 008-92-PE).

Entre 1992 y 1994 la normatividad evolucionó rápidamente asociada a un periodo de incertidumbre por efecto de la variabilidad climática, con el desarrollo de un evento El Niño de baja intensidad, pero de larga duración (Fig. 3). Si bien cada evento El Niño tiene características comunes con otros, también tiene manifestaciones particulares sobre todo con la dinámica de masas de agua en la costa peruana, y sus efectos en la accesibilidad, disponibilidad y abundancia de corto plazo de las especies.

En 1992 el desarrollo de El Niño provocó la migración del recurso y la reducción de las tasas de captura (disminución de la disponibilidad) en los caladeros explotados hasta ese momento. Ante ello, la administración pesquera impulsó la adopción de medidas de ordenación como el ampliar la duración de las concesiones de 10 a 12 meses, e incrementar el esfuerzo de pesca por concesión de 700 TRN a 1500

a reference and modified as knowledge was gained about local stocks of jumbo flying squid. As a safety mechanism, permits were granted only for short periods of 180 days, during which vessels could extract a maximum of a certain volume of fish. The payment of concession fees was initially made for each NRT of vessel, but then, given the growth in catches, it was changed to a payment per metric ton (MT) of nominal catch of jumbo squid.

At the end of 1991, the Regulations of Jiggers Operations (D.S. N° 005-91-PE) were published, establishing a system of free access with payment of fees, defining the fishing zone outside the 30 miles from the coast and a vessel size of less than 500 NRT, among other measures. Due to the nature of the Peruvian sea, the concept of exceptional management in variable environmental conditions was introduced. This was nothing more than incorporating into practice the principles of what is called "adaptive management" to deal with the effects of El Niño events.

In February 1992, a Preliminary Regulation for the Granting of Concessions for the Extraction of Jumbo Flying Squid (D.S. N° 004-92-PE) was issued due to the need for specialized vessels for squid fishing, whose abundance (understood at the time) could be short to medium term, and it was established that one of the ways to achieve this was by means of public bidding for the granting of concessions. Maximum values were set for each concession: 10 months term, 10 thousand tons catch and 700 NRT of effort (in number of fishing vessels). The final version of this regulation was issued in May of that year (D.S. N° 008-92-PE).

Between 1992 and 1994, the normativity evolved rapidly associated with a period of uncertainty due to the effect of climate variability, with the development of a low-intensity, but long-lasting El Niño event (Fig. 3). Although each El Niño event has characteristics in common with others, it also has particular manifestations, especially with the water masses dynamics on the Peruvian coast, and its effects on the accessibility, availability and short-term abundance of the species.

In 1992, the development of El Niño led to the migration of the resource and the reduction of catch rates (reduced availability) in the fishing grounds exploited up to that point. As a result, the fisheries administration promoted the adoption of management measures such as extending the duration of the concessions from 10 to 12 months and increasing the fishing effort per concession from 700 to 1,500 NRT in order to maintain the viability of

TRN, para mantener la viabilidad de la actividad pesquera. En ese contexto de incertidumbre ambiental, a mediados de 1993, se amplió también el área de pesca desde 30 a 20 millas náuticas de distancia de la costa, temporalmente.

En 1994 se publicó el primer Plan de Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante (R.M. N° 155-94-PE), que integró los alcances de las normas emitidas hasta ese momento, con el objeto de aprovechar las condiciones de abundancia, así como maximizar los beneficios económicos derivados de su explotación. Cabe resaltar que en este plan de ordenamiento se incorporó la obligación de los buques de pesca de contar con un sistema de control automatizado que venía rigiendo desde 1991, y posteriormente se adicionó la obligatoriedad de no arrojar al mar cualquier recurso hidrobiológico capturado (R.M. N° 207-94-PE).

Desde mediados de 1995 las condiciones del mar comenzaron a enfriar rápidamente (Fig. 3) configurando condiciones ambientales tipo La Niña y en 1996 la disponibilidad de calamar gigante había disminuido significativamente. Los resultados de las investigaciones indujeron a la hipótesis de una emigración del recurso hacia zonas fuera de las aguas jurisdiccionales (MARIÁTEGUI 2009), y la administración pesquera tuvo que adoptar medidas de ordenación complementarias.

En 1995 se incrementó el esfuerzo de pesca por concesión de 1500 hasta 2500 TRN por cada 10 mil toneladas de captura nominal y también se alargó la duración de la concesión por la escasa disponibilidad del recurso en las zonas usuales de pesca. En 1996, debido a la muy baja disponibilidad (y probablemente abundancia) de calamar gigante en aguas nacionales, el volumen de pesca por concesión pasó de 10 mil a 2500 toneladas y el esfuerzo de pesca de 2500 a 650 TRN, pero se mantuvo la zona de pesca hasta 20 millas náuticas de la costa.

Entre 1997 y 1998 se desarrolló el evento El Niño de naturaleza extraordinaria que provocó cambios dramáticos en el ecosistema de la corriente del Perú (Fig. 3). Continuaron los trabajos de investigación para conocer la redistribución y concentración del calamar, que se venían realizando desde 1996, mediante operaciones de pesca exploratoria con embarcaciones comerciales y científicas, y se exploraron zonas de altamar llegando hasta el Domo de Costa Rica (MARIÁTEGUI *et al.* 1997), corroborándose que la baja disponibilidad y abundancia del calamar en aguas nacionales era consecuencia de la emigración de este recurso. Durante 1997 se ampliaron los plazos de las concesiones vigentes y se redujo el volumen de pesca de 2500 a 1500 toneladas, aunque se mantuvo el esfuerzo de 650 TRN por concesión, para mantener algún nivel de actividad extractiva.

the fishing activity. In this context of environmental uncertainty, in mid-1993, the fishing area was also extended from 30 to 20 nautical miles from the coast, temporarily.

In 1994, the first Management Plan for Jumbo Flying Squid Fishery (R.M. N° 155-94-PE), was published, which integrated the scope of the regulations issued up to that time, with the aim of taking advantage of the conditions of abundance, as well as maximizing the economic benefits derived from its exploitation. It should be noted that this management plan incorporated the obligation for fishing vessels to have an automated control system that had been in place since 1991, and subsequently added the obligation of not throwing into the sea any hydrobiological resources caught (R.M. N° 207-94-PE).

Since mid-1995, sea conditions began to cool rapidly (Fig. 3) creating La Niña-like environmental conditions and by 1996 the availability of jumbo squid had decreased significantly. The results of the investigations led to the hypothesis that the resource was migrating to areas outside the jurisdictional waters (MARIÁTEGUI 2009), and the fisheries administration had to adopt complementary management measures.

In 1995, the fishing effort per concession was increased from 1,500 to 2,500 NRT per 10,000 tons of nominal catch and the duration of the concession was also extended due to the scarce availability of the resource in the usual fishing areas. In 1996, due to the very low availability (and probably abundance) of jumbo squid in national waters, the volume of fishing per concession increased from 10,000 to 2,500 tons and the fishing effort from 2,500 to 650 NRT, but the fishing zone was maintained up to 20 nautical miles from the coast.

Between 1997 and 1998, an extraordinary El Niño event took place that brought dramatic changes to Peru's Current ecosystem (Fig. 3). Research work continued to determine the redistribution and concentration of squid, which had been carried out since 1996, through exploratory fishing operations with commercial and scientific vessels, and areas of high seas were explored, reaching the Dome of Costa Rica (MARIÁTEGUI *et al.* 1997), confirming that the low availability and abundance of squid in national waters was the result of the emigration of this resource. During 1997, the terms of the concessions in force were extended and the volume of fishing was reduced from 2,500 to 1,500 tons, although the effort of 650 NRT per concession was maintained in order to maintain some level of extractive activity.

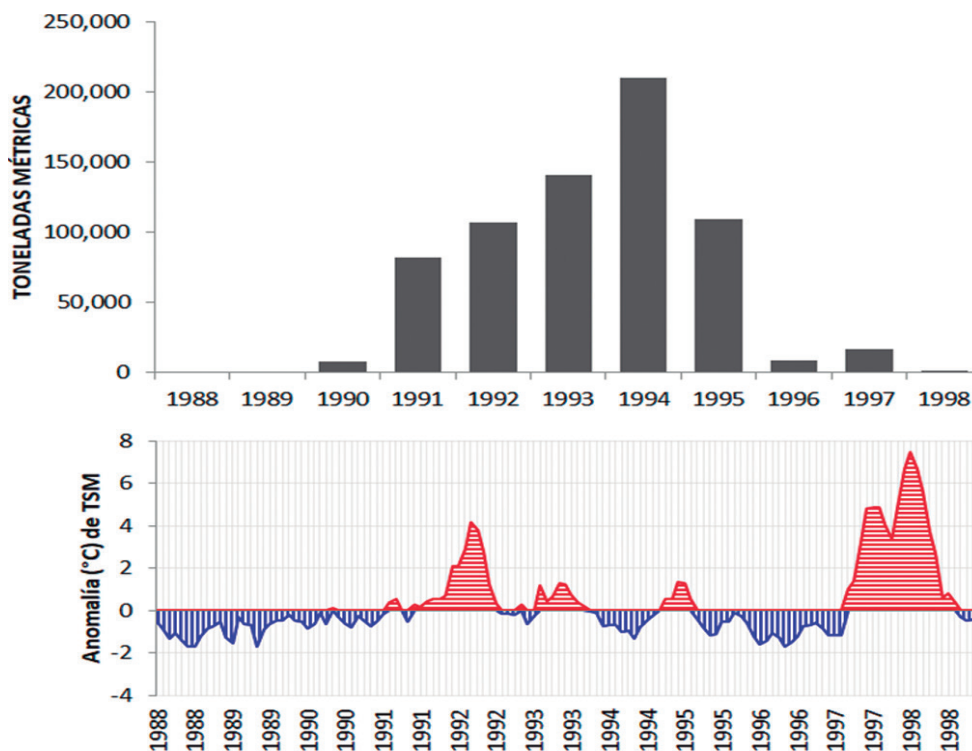


Figura 3.- Desembarques anuales de calamar gigante o pota en el Perú y anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar peruano (promedio de 5 lugares), para el periodo 1988 – 1998. Obsérvese periodo cálido desde 1991-1993 y El Niño extraordinario 1997-1998. Fuente: IMARPE

Figure 3. Annual landings of jumbo flying squid in Peru and monthly anomalies of the surface temperature of the Peruvian waters (average of 5 places), for the period 1988 - 1998. Note warm period from 1991-1993 and extraordinary El Niño 1997-1998. Source: IMARPE

El efecto de la variabilidad ambiental sobre la disponibilidad de calamar gigante en aguas nacionales, generó la escasez de postores en los concursos públicos, obligando a la administración pesquera a seguir adoptando nuevas medidas. A comienzos de 1998 se publicó el segundo Plan de Ordenamiento Pesquero del Calamar gigante o Pota (R.M. N° 047-98-PE) que incorporó el mecanismo de otorgamiento directo de las concesiones, en caso los concursos públicos sean declarados desiertos, entre otras modificaciones. Un aspecto a tener en cuenta, es que las flotas internacionales que venían a pescar al Perú también lo hacían en otros mares, como el área entre la Patagonia y las Malvinas, donde la flota japonesa pescaba la especie *Illex argentinus* desde fines de los años 1970.

En 1998 las convocatorias a concurso público de ofertas quedaron desiertas, y en febrero de 1998 se modificó el Plan de Ordenamiento Pesquero (R. M. N° 047-98-PE), para incorporar mecanismos que permitan un margen de flexibilidad en el manejo, que responda a las características de la interacción entre el recurso y su ambiente. Entre otras medidas, se regresó al sistema inicial de asignación directa de los permisos de pesca, mediante pago por TRN (a precios promocionales) por periodos de 6 meses. A este instrumento de emergencia se le denominó Régimen Provisional o

The effect of environmental variability on the availability of jumbo squid in national waters generated a shortage of bidders in public tenders, forcing the fisheries administration to continue adopting new measures. At the beginning of 1998, the Management Plan for Jumbo Flying Squid Fishery (R.M. N° 047-98-PE) was published, which incorporated the mechanism for the direct granting of concessions, in the event of public tenders being declared void, among other modifications. One aspect to take into account is that the international fleets that came to fish in Peru also fished in other seas, such as the area between Patagonia and the Malvinas, where the Japanese fleet had been fishing for *Illex argentinus* species since the late 1970s.

In 1998, the calls for public bids were abandoned, and in February 1998 the Fisheries Management Plan (R. M. N° 047-98-PE) was modified to incorporate mechanisms that allow for a margin of flexibility in management that responds to the characteristics of the interaction between the resource and its environment. Among other measures, the initial system of direct allocation of fishing permits by means of payment by NRT (at promotional prices) for 6-month periods was returned. This emergency instrument was called

Especial. Con ello las empresas nacionales podían contratar buques nacionales o extranjeros de pesca de calamar, para abastecer a la industria procesadora local, temporalmente.

**c) Periodo 1998 a 2010**

Desde mediados de 1998, las condiciones térmicas del mar habían retornado a la condición neutral pero no se estabilizaron, sino que continuaron descendiendo rápidamente configurándose condiciones frías de La Niña hacia comienzos de 1999 (Fig. 4). La recuperación de las condiciones de productividad en el ecosistema fue casi inmediata, y un crucero de investigación, cuyo objetivo era la merluza, realizado en enero de 1999 detectaba la abundante presencia de paralarvas y de múltiples cohortes de calamares muy pequeños y juveniles en amplias zonas de la costa norte (Guevara-Carrasco, observación personal). A fines de ese año, la distribución del calamar gigante ya comenzaba a abarcar otra vez todo el litoral (CASTILLO *et al.* 2000). Ello puso en evidencia que la recuperación de este stock se produjo a partir de la fracción de la población de calamares muy dispersos en aguas nacionales, que no emigró y que sobrevivió al extraordinario evento El Niño 1997/1998.

the Provisional or Special Regime. In this way, national companies could hire domestic or foreign jiggers to supply the local processing industry on a temporary basis.

**c) 1998 to 2010 Period**

Since mid-1998, the thermal conditions of the sea had returned to neutral but did not stabilize, and continued to fall rapidly, with cold La Niña conditions forming by early 1999 (Fig. 4). The recovery of productivity conditions in the ecosystem was almost immediate, and a survey cruise, aimed at Peruvian hake, carried out in January 1999, detected the abundant presence of paralarvae and multiple cohorts of very small and juvenile squid in large areas of the northern coast (Guevara-Carrasco, personal observation). By the end of that year, the distribution of the jumbo flying squid was already beginning to cover the entire coastline again (CASTILLO *et al.* 2000). This showed that the recovery of this stock occurred from the fraction of the squid population that was widely dispersed in national waters, that did not migrate and that survived the extraordinary El Niño event 1997/1998.

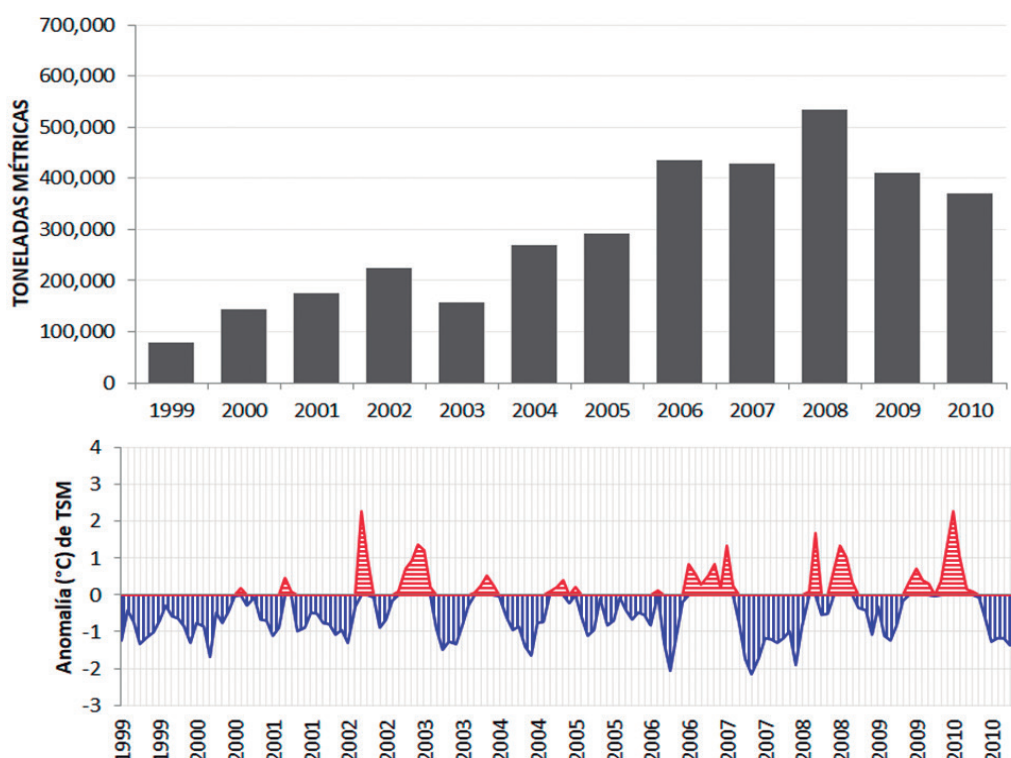


Figura 4.- Desembarques anuales de calamar gigante o pota en Perú y anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar peruano (promedio de 5 lugares), para el periodo 1999 – 2010. Obsérvese periodos cálidos (anomalías positivas) intermitentes, que corresponden a eventos El Niño tipo Modoki, y predominio de condiciones neutras a ligeramente frías. Fuente: IMARPE

Figure 4. Annual landings of jumbo flying squid in Peru and monthly anomalies of the Peruvian sea surface temperature (average of 5 places), for the period 1999 - 2010. Note intermittent warm periods (positive anomalies), corresponding to El Niño Modoki type events, and predominance of neutral to slightly cold conditions. Source: IMARPE

En el año 1999 las todavía bajas densidades de calamar gigante o pota en las aguas nacionales no eran atractivas, y no se presentaban postores a las licitaciones de concesiones de pesca. Para poder contar con información sobre indicadores de estado de la población de calamar, se desarrollaron operaciones de pesca exploratoria con embarcaciones comerciales y se permitió además el acceso a los armadores nacionales con permiso de pesca para otras especies, para la extracción de calamar gigante por periodos cortos. Esto se realizó con instrumentos de ordenación pesquera denominados "Regímenes Provisionales o Especiales".

En mayo del año 2000 el concepto de "Régimen Especial" es introducido explícitamente por primera vez, en el Plan de Ordenamiento del Calamar gigante o pota como modalidad de acceso a esta pesquería, complementario al sistema de concurso público. Este régimen solo procedía siempre que existiese suficiente disponibilidad del recurso en el mar y hubiese perspectivas de naturaleza económica que sustenten el aprovechamiento.

En marzo de 2001 se aprueba un nuevo Reglamento de Ordenación Pesquero (antes Plan de Ordenación Pesquero), mediante el Decreto Supremo N° 013-2001-PE, en el cual el Régimen Provisional (ya no Régimen Especial) aparece como una modalidad alternativa de acceso a la pesquería. Se caracteriza el recurso como subexplotado y de oportunidad, pudiendo pescarse desde las 20 millas de la costa. Cabe destacar que aquí se vuelve a introducir un criterio de adaptabilidad ante condiciones ambientales anómalas, permitiéndose la pesca incluso entre las 5 y 20 millas de distancia a la costa en esas circunstancias.

Entre 2002 y 2003 se convocaron hasta 3 concursos públicos de ofertas para el acceso a esta pesquería sin mayor éxito; por ello hasta el 2011 la ordenación pesquera se basó en la utilización de Regímenes Provisionales para poder atraer a la flota extranjera especializada. En aquel periodo, esta flota desarrollaba actividades de pesca en las zonas de la altamar adyacente a las aguas nacionales, donde las existencias significativas de calamar gigante generaban la pérdida de interés por participar en el sistema público de ofertas para acceder a la pesca de este recurso en aguas nacionales.

Durante ese periodo, las investigaciones efectuadas por el IMARPE dentro de las primeras 100 millas del mar jurisdiccional, indicaban que la población de calamar se estaba expandiendo significativamente, estimándose una biomasa disponible de más de un millón de toneladas con el método acústico. Esa expansión se estaba produciendo incluso en las aguas adyacentes al mar jurisdiccional, a donde la flota internacional que

In 1999, the still low densities of jumbo flying squid in national waters were not attractive, and there were no bidders for fishing concessions. In order to have information on indicators of the status of the squid population, exploratory fishing operations were carried out with commercial vessels and access was also granted to national ship-owners with fishing permits for other species, for the extraction of jumbo squid for short periods. This was done with fisheries management instruments called "Interim or Special Regimes".

In May 2000, the concept of the "Special Regime" was explicitly introduced for the first time in the Management Plan for Jumbo Flying Squid as a way of accessing this fishery, complementary to the public tender system. This regime was only appropriate provided that there was sufficient availability of the resource at sea and that there were prospects of an economic nature to support the use of the resource.

In March 2001, a new Regulation on Fisheries Management (formerly the Management Plan for Fishery) was approved by Supreme Decree N° 013-2001-PE, in which the Provisional Regime (no longer the Special Regime) appears as an alternative modality of access to the fishery. The resource is characterized as under-exploited and of opportunity, and can be fished from 20 miles from the coast. It should be noted that a criterion of adaptability to abnormal environmental conditions is reintroduced here, allowing fishing even between 5 and 20 miles from the coast in such circumstances.

Between 2002 and 2003, up to three public tenders were issued for access to this fishery without any major success; therefore, until 2011, fisheries management was based on the use of Provisional Schemes to attract the specialized foreign fleet. At that time, this fleet was engaged in fishing activities in the offshore areas adjacent to national waters, where significant stocks of jumbo squid generated a loss of interest in participating in the public tender system for access to fishing for this resource in national waters.

During that period, IMARPE surveys within the first 100 miles of the jurisdictional sea indicated that the squid population was expanding significantly, with an estimated available biomass of more than one million tons using the acoustic method. That expansion was even taking place in the waters adjacent to the jurisdictional sea, where the international fleet that had previously fished in national waters had been displaced. At the level of

antes pescaba en aguas nacionales se había desplazado. A nivel del Pacífico Oriental, esta especie había experimentado en esos años una gran expansión hasta el sur de Alaska – EE.UU por el norte (FIELD *et al.* 2007) y más de los 45°S – Chile por el sur (KEYL *et al.* 2008).

Un ejercicio preliminar de evaluación de este recurso que IMARPE realizó en el 2010, utilizando un modelo dinámico de biomasa, estimó existencias de calamar gigante para las aguas jurisdiccionales del Perú, del orden de 2-3 millones de toneladas (IMARPE 2010). En ese periodo, aparece la flota artesanal que se desarrolla rápidamente para abastecer parte de la capacidad nacional de producción de productos congelados.

#### d) Periodo 2010 a la actualidad

La falta de una flota nacional especializada y la alta disponibilidad y abundancia de este recurso, sumado a la existencia de una creciente demanda internacional, alentó un mayor crecimiento de la flota nacional artesanal, que hacia el 2015 representaba más de 3000 embarcaciones (IMARPE 2017). En octubre del 2011 se promulgó el Decreto Supremo (D.S. N° 014-2011-PRODUCE) que contenía un nuevo Reglamento de Ordenación Pesquera del Calamar gigante o pota. Según los considerandos de esa norma, el objetivo era el de construir una flota nacional, para lo cual la modalidad de acceso es por concurso público, orientado principalmente al ingreso de barcos industriales con bandera nacional. El concurso público para el acceso a la flota extranjera está sujeto a la existencia de disponibilidad (excedente) del recurso y a la ausencia de interferencias socio-económicas con la flota nacional, pudiendo pescar sólo más allá de las 80 millas de la costa. La flota artesanal tiene acceso sin restricciones, según esta norma, y en la práctica esta es la única flota que se encuentra extrayendo este recurso.

Sin embargo, el efecto de la variabilidad climática, tiene un mayor impacto sobre la disponibilidad de calamar gigante para esta flota de poca autonomía, como se observa en la disminución de los desembarques desde 2014 asociado a un periodo cálido (Fig. 5), lo que ha generado algunos conflictos por escasez de pota en la zona principal de pesca.

En el año 2012 se publicó la R.M. N° 036-2012-PRODUCE, en la que se estableció un volumen de 500 mil toneladas para todo el año y desde entonces recién en 2018 se ha vuelto a emitir otra norma, la RM N° 115-2018-PRODUCE que establece la cuota anual de este recurso en 609 mil toneladas, en base a un informe técnico de IMARPE, que continúa caracterizando este recurso como sub-explotado.

Finalmente, cabe señalar que por considerarse a esta especie como transzonal, y ser el Perú miembro de la

the Eastern Pacific, this species had experienced in those years a great expansion to the south of Alaska – USA, in the north (FIELD *et al.* 2007) and more than 45°S – Chile, in the south (KEYL *et al.* 2008).

A preliminary assessment exercise of this resource conducted by IMARPE in 2010, using a dynamic biomass model, estimated stocks of jumbo flying squid for Peruvian jurisdictional waters in the order of 2-3 million tons (IMARPE 2010). During this period, the artisanal fleet appeared and developed rapidly to supply part of the national production capacity of frozen products.

#### d) Period 2010 to present

The lack of a specialized national fleet and the high availability and abundance of this resource, along with the existence of a growing international demand, encouraged a greater growth of the national artisanal fleet, which by 2015 represented more than 3,000 vessels (IMARPE 2017). In October 2011, the Supreme Decree (D.S. N° 014-2011-PRODUCE) was promulgated, containing a new Regulation on the Management of Jumbo Flying Squid Fisheries. According to the recitals of this standard, the objective was to build a national fleet, for which the modality of access is by public tender, mainly oriented to the entry of industrial ships with national flag. The public tender for access to the foreign fleet is subject to the existence of availability (surplus) of the resource and the absence of socio-economic interference with the national fleet, and may fish only beyond 80 miles from the coast. The artisanal fleet has unrestricted access, according to this rule, and in practice this is the only fleet that is extracting this resource.

However, the effect of climate variability has a greater impact on the availability of jumbo flying squid for this fleet with little autonomy, as can be seen in the decrease in landings since 2014 associated with a warm period (Fig. 5), which has generated some conflicts due to a shortage of jumbo squid in the main fishing area.

In 2012, R.M. N° 036-2012-PRODUCE was published, establishing a volume of 500,000 tons for the entire year, and since then another regulation has been issued in 2018, RM N° 115-2018-PRODUCE, which establishes the annual quota of this resource at 609,000 tons, based on a technical report by IMARPE, which continues to characterize this resource as under-exploited.

Finally, it should be noted that since this species is considered a straddling species and Peru is a member



Organización Regional de Ordenación Pesquera del Pacífico Sur (OROP-PS) las medidas de ordenación que se implementen soberanamente en las aguas jurisdiccionales, deben ser informadas periódicamente a esta organización. Al mismo tiempo, debido que este organismo regional puede recomendar medidas de ordenación para la altamar adyacente con implicancias para las aguas jurisdiccionales nacionales, se deben hacer todos los esfuerzos por mantener una permanente y activa presencia y participación en las reuniones y decisiones de esta organización, a fin de asegurar que tanto el Perú en sus propias aguas jurisdiccionales como la OROP-PS en el área de aplicación de la Convención de la OROP-PS (alta mar) puedan contar con la mejor y más actualizada información disponible para la adecuada ordenación de este complejo y ampliamente distribuido recurso pesquero.

of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO), management measures that are sovereignly implemented in waters under its jurisdiction must be reported periodically to this organization. At the same time, since this regional body can recommend management measures for the adjacent high seas with implications for national jurisdictional waters, every effort should be made to maintain a permanent and active presence and participation in the meetings and decisions of this organization, in order to ensure that both Peru in its own jurisdictional waters and the SPRFMO in the area of application of the SPRFMO Convention (high seas) can have the best and most up-to-date information available for the proper management of this complex and widely distributed fisheries resource.

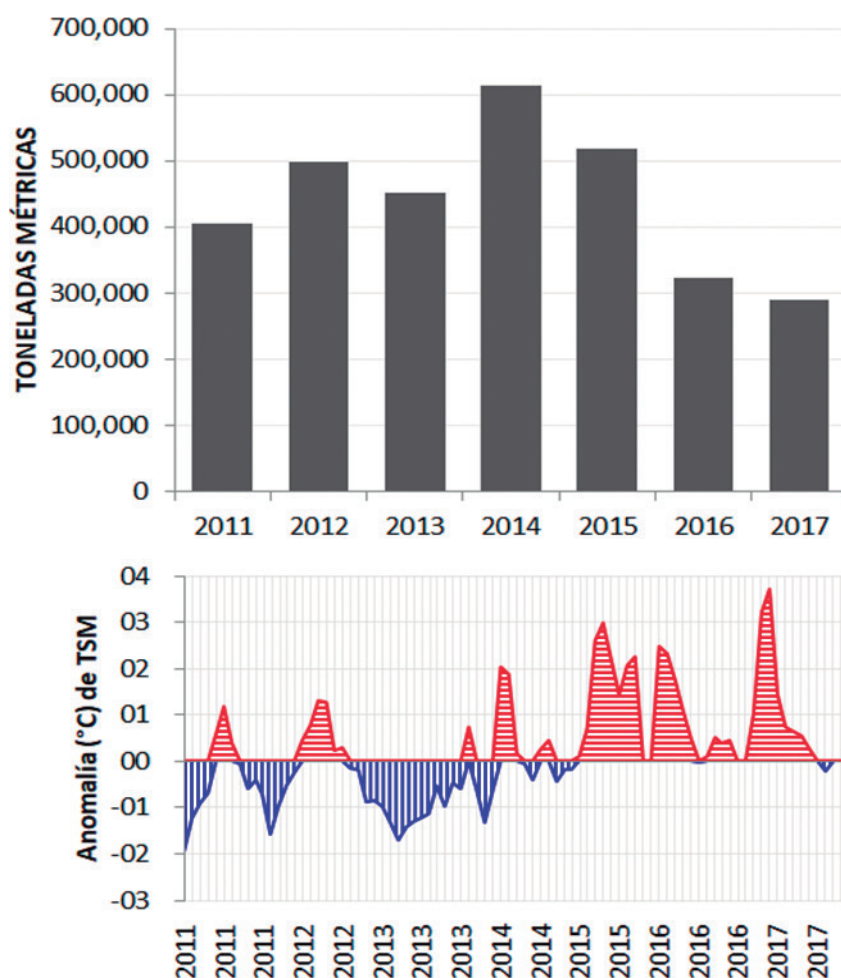


Figura 5.- Desembarques anuales de calamar gigante o pota en el Perú y anomalías mensuales de la temperatura superficial del mar peruano (promedio de 5 lugares), para el periodo 2011 – 2017. Obsérvese el periodo cálido (anomalías positivas) desde el 2014, que incluye “El Niño Costero” de 2017. Fuente: IMARPE

Figure 5. Annual landings of jumbo flying squid in Peru and monthly anomalies of the Peruvian sea surface temperature (average of 5 places), for the period 2011 - 2017. Note the warm period (positive anomalies) since 2014, which includes “El Niño Costero” in 2017. Source: IMARPE

#### 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

- La ordenación pesquera del calamar gigante o pota es un proceso en construcción. Desde los inicios de la pesquería de esta especie a gran escala, los distintos actores involucrados en la administración pesquera han tenido que ir resolviendo, con un mínimo conocimiento de la biología de este recurso, situaciones imprevisibles generadas por la variabilidad climática a gran escala, principalmente el ENOS, y por otros procesos climáticos regionales y locales. Si bien observando en retrospectiva, las medidas adoptadas podrían haber sido distintas, se entiende que en su momento se consideraron como las alternativas más adecuadas y/o más viables de aplicar, bajo una visión que consideraba a esta especie como "recurso de oportunidad". De ahí que la aplicación temporal de "regímenes especiales" (Provisional, Pesca Exploratoria, etc.) no es más que la respuesta de la administración pesquera nacional, ante la incertidumbre que generan los procesos de la variabilidad climática.
- El conocimiento del ciclo biológico de una especie es la base de una ordenación pesquera óptima y, en el caso del calamar gigante, el conocimiento de su biología y ecología ha crecido significativamente en los últimos 20 años como se documenta en CSIRKE *et al.* (2018). Se evidencia la complejidad de este recurso cuyas características como el corto ciclo de vida (monocíclico), una estructura demográfica con tres manifestaciones fenotípicas espacio-temporales en el tamaño de madurez, la reproducción iterópara (en el sentido de ROCHA *et al.* 2001) de diversos fenotipos espacialmente dispersos y probablemente asincrónica, y una rápida capacidad migratoria ante variaciones ambientales de corto plazo, constituyen un reto para la ordenación pesquera nacional en todos sus aspectos.
- Algunas de estas características biológicas limitan la aplicación directa de algunos instrumentos de ordenación, comúnmente utilizados en la mayoría de los recursos pesqueros (v.g. talla mínima) o hacen que sean más difíciles de aplicar (e.g. veda de una época de desove). Hay también aspectos fundamentales que requieren más investigación, como por ejemplo la determinación de la o las unidades poblacionales que habitan el sistema de la corriente del Perú y la altamar adyacente, ya que la caracterización de la unidad poblacional es la materia prima que permite moldear la ordenación pesquera (GULLAND 1971, HILBORN y WALTERS 1992). Mientras tanto se tendrá que adoptar enfoques más flexibles, considerando que según la experiencia internacional es posible definir la unidad de stock,

#### 4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

- The management of jumbo flying squid fishery is an ongoing process. Since the beginning of the large-scale fishery for this species, the different actors involved in fisheries management have had to resolve, with a minimum knowledge of the biology of this resource, unpredictable situations generated by large-scale climate variability, mainly ENSO, and by other regional and local climate processes. While noting in retrospect that the measures taken might have been different, it is understood that at the time they were considered to be the most suitable and/or feasible alternatives to be applied, under a vision that considered this species as a "resource of opportunity". Hence, the temporary application of "special regimes" (Provisional, Exploratory Fisheries, etc.) is only the response of the national fisheries administration to the uncertainty generated by the processes of climate variability.
- Knowledge of the life cycle of a species is the basis for optimal fisheries management and, in the case of jumbo squid, knowledge of its biology and ecology has grown significantly over the last 20 years as documented by CSIRKE *et al.* (2018). The complexity of this resource is evident, whose characteristics such as the short life cycle (monocyclic), a demographic structure with three phenotypic spatio-temporal manifestations in the size at maturity, the iteroparous reproduction (in the sense of ROCHA *et al.* 2001) of diverse spatially dispersed and probably asynchronous phenotypes, and a rapid migratory capacity in the face of short-term environmental variations, constitute a challenge for national fisheries management in all its aspects.
- Some of these biological characteristics limit the direct application of some of the management instruments commonly used in most fisheries resources (e.g., minimum size) or make them more difficult to apply (e.g., spawning season closure). There are also fundamental aspects that require further research, such as the determination of the population unit(s) that inhabit the Peruvian Current system and the adjacent high seas, since the characterization of the population unit is the raw material that allows fisheries management to be shaped (GULLAND 1971, HILBORN & WALTERS 1992). In the meantime, more flexible approaches will have to be adopted, considering that according to international experience it is possible to define the unit of stock in an operational way, using different points of view: ecological, technical, recreational, economic or fishery attributes (SECOR 2014).

- de manera operacional, utilizando distintos puntos de vista: ecológicos, técnicos, recreacionales, económicos o atributos de la pesquería (SECOR 2014).
- Por otro lado, la dificultad de identificar el o los factores ambientales clave de las relaciones recurso-ambiente, por la característica eurioica de este recurso, impiden entender y explicar tanto la variabilidad de su estructura demográfica, como su accesibilidad, disponibilidad y vulnerabilidad a la flota pesquera, que son insumos importantes para la ordenación. Esto ha generado en más de una oportunidad, confusiones que conducen a conflictos entre pescadores y administradores, que complican la tarea de ordenación. Así, por ejemplo, una baja disponibilidad de pota como respuesta a la dinámica climática, se confunde con una baja abundancia y con la posibilidad de estar en una situación de sobrepesca. Asimismo, la presencia predominante de ejemplares de pota de menor tamaño en las capturas de una temporada, se puede confundir también con indicios de sobrepesca, siendo una manifestación de la plasticidad fenotípica de este recurso, debido a la variabilidad ambiental.
  - La caracterización del calamar gigante como “recurso de oportunidad”, en los inicios de esta pesquería, se debió a que se le percibía como un recurso que no era común en las aguas nacionales y que, por alguna circunstancia ambiental, presentaba una alta disponibilidad de corto plazo, en esos años. Esta percepción, sumada a la característica de potencial depredadora (por su voracidad) de otros recursos pesqueros, generó la idea que había que explotarlo sin mayores restricciones. A pesar que en el campo científico esa percepción ha cambiado ya desde varios años atrás, esta caracterización continua en el actual Reglamento de Ordenación Pesquera, y debe modificarse. Hay suficientes evidencias que el calamar gigante o pota ha sido y es un miembro conspicuo de la biodiversidad del sistema de la corriente del Perú. Entre 1908 y 1910 se citaban la presencia de calamar gigante en las capturas en el Callao (COKER 2008). SCHWEIGGER (1964) describió variados aspectos del comportamiento del calamar gigante como especie característica del sistema de la corriente del Perú y cita a varios autores que refieren a esta especie en estudios hechos en décadas previas. SÁNCHEZ (1974) señaló al calamar gigante como un recurso pesquero potencial por sus densas poblaciones. Finalmente, en los diversos cruceros científicos realizados por el IMARPE en los años 1960 y 1970 se registró la presencia frecuente de esta especie en todo el litoral (Manuela Esquerre, comunicación personal), a partir de observaciones de individuos que salían abrazados de las botellas de muestreo oceanográfico.
  - On the other hand, the difficulty of identifying the key environmental factor(s) of the resource-environment relationship, due to the eurioic nature of this resource, makes it difficult to understand and explain both the variability of its demographic structure and its accessibility, availability and vulnerability to the fishing fleet, which are important inputs for management. This has generated in more than one occasion, confusions that lead to conflicts between fishermen and managers, which complicate the task of management. Thus, for example, low availability of jumbo squid as a response to climatic dynamics is confused with low abundance and the possibility of being in a situation of overfishing. Likewise, the predominant presence of smaller jumbo squids in the catches of a season can also be confused with signs of overfishing, being a manifestation of the phenotypic plasticity of this resource, due to the environmental variability.
  - The characterization of the jumbo flying squid as an “opportunity resource”, at the beginning of this fishery, was due to the fact that it was perceived as a resource that was not common in national waters and that, due to some environmental circumstances, presented a high availability in the short term, in those years. This perception, coupled with the predatory potential (due to its voraciousness) of other fishery resources, led to the idea that it should be exploited without further restrictions. Although in the scientific field this perception has already changed several years ago, this characterization continues in the current Regulations of Fisheries Management and needs to be modified. There is sufficient evidence that the jumbo flying squid has been and is a conspicuous member of the biodiversity of the Peruvian Current system. Between 1908 and 1910, the presence of this species was mentioned in the catches in Callao (COKER 2008). SCHWEIGGER (1964) described various aspects of the behavior of the jumbo flying squid as a characteristic species of the Peruvian Current system and cites several authors who refer to this species in studies conducted in previous decades. SÁNCHEZ (1974) pointed to the jumbo flying squid as a potential fishery resource because of its dense populations. Finally, in the various scientific cruises carried out by the IMARPE in the 1960s and 1970s, the frequent presence of this species along the coast was recorded (Manuela Esquerre, personal communication), based on observations of individuals that emerged embraced from the oceanographic sampling bottles.

- Por tanto, su explotación debe ser prudentemente administrada para que sea sostenible, identificando los pulsos de alta y baja abundancia, así como las distintas manifestaciones fenotípicas, en las apropiadas escalas espacio-temporales. Ello permitirá dosificar mejor el esfuerzo de pesca que se aplica.
- La evolución de la ordenación pesquera del calamar gigante o la pota en el Perú, debido a la baja capacidad de pronosticar la alta variabilidad climática de la región, ha sido y continúa siendo un largo y complejo proceso de aprendizaje de acción y reacción. En este, la capacidad de reaccionar oportunamente implementando y seleccionando diversas medidas de manejo, ha ido de la mano con el incremento del esfuerzo de observación científica del mar y la pesquería, conforme la incertidumbre ambiental (o de otra naturaleza) es mayor. Ese ha sido el derrotero de todas las pesquerías nacionales, proceso que bien podría caracterizarse como reactivo - adaptativo (Pierre Freón, comunicación personal).
- Therefore, its exploitation must be prudently managed in order to be sustainable, identifying the high and low abundance pulses, as well as the different phenotypic manifestations, at the appropriate spatio-temporal scales. This will make it possible to better dose the fishing effort applied.
- The evolution of the management of jumbo flying squid fishery in Peru, due to the low capacity to predict the high climate variability of the region, has been and continues to be a long and complex process of learning to act and react. In this, the ability to react in a timely manner by implementing and selecting various management measures has gone hand in hand with increased scientific observation of the sea and the fishery, as environmental (or other) uncertainty becomes greater. This has been the course of all national fisheries, a process that could well be characterized as reactive - adaptive (Pierre Freón, personal communication).

## 5. REFERENCIAS/REFERENCES

- BENITES C. 1984. Resultados 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. Tresierra (ed) Anales I Congreso Nac. Biol. Pesq. 10-16 pp.
- BENITES C, VALDIVIESO V. 1986. Resultados de la Pesca Exploratoria de 1979/80 y Desembarques de Cefalópodos Pelágicos en el Litoral Peruano. Bol Inst Mar Perú. 2(5): 105-139.
- CASTILLO P R, PERALTILLA S, HERRERA N, MARÍN D. 2000. Distribución de los recursos pelágicos de mayor abundancia en la primavera de 1999. Crucero BIC José Olaya Balandra y SNP-2 9911-12, de Punta Aguja a Punta Caballas. Inf Inst Mar Perú. N° 156: 23-36.
- COKER R. 2008. Primer Diagnóstico de la Pesquería Peruana. Informes publicados entre 1907 a 1910. (Homenaje al centenario de su contribución al Perú). H. Peralta (Editor). 555p.
- CSIRKE J, ARGUELLES J, ALEGRE A, AYÓN P, BOUCHÓN M, CASTILLO G, CASTILLO R, CISNEROS R, GUEVARA-CARRASCO R, LAU L, MARIÁTEGUI L, SALAZAR C, TAFUR R, TORREJÓN J, YAMASHIRO C. 2018. Biología, estructura poblacional y pesquería de la pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 302-364.
- FAO. 1999. La Ordenación Pesquera. FAO Orientaciones Técnicas para la Pesca Responsable. No. 4. Roma, FAO. 81 p.
- FAO. 2018. Fisheries and aquaculture software. FishStatJ - software for fishery statistical time series. In: FAO Fisheries and Aquaculture Department [online]. Rome. Updated 21 July 2016. <http://www.fao.org/fishery/>
- FIELD J C, BALTZ K, PHILLIPS A J, WALKER W A. 2007. Range expansion and trophic interactions of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California Current. Calif. Coop. Ocean. Fish. Invest. Rep. 48: 131-146.
- GULLAND J. 1971. Ecological aspects of fisheries research. Adv. Ecol. Res. 7: 115-176.
- HILBORN R, WALTERS C. 1992. Quantitative Fisheries Stock Assessment. Choice, Dynamics and Uncertainty. Chapman & Hall, New York. 570 pp.
- IMARPE. 2010. Situación actual del calamar gigante y perspectivas de pesca para el periodo setiembre-diciembre 2010. Informe interno de asesoría al Ministerio de la Producción (manuscrito), setiembre de 2010. 10 p.
- IMARPE. 2017. Resultados Generales de la III Encuesta Nacional de la Pesca Artesanal (ENEPa III - 2015). Documento interno. Inf Inst Mar Perú (en preparación).
- KEYL F, WOLFF M, ARGUELLES J, MARIÁTEGUI L, TAFUR R, YAMASHIRO C. 2008. A hypothesis on range expansion and spatio-temporal shifts in size-at-maturity of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Eastern Pacific ocean. Cal. Coop. Ocean. Fish. Inv. Rep. 49: 119- 128.
- MAHON R, MCCONNEY P, ROY R N. 2008. Governing fisheries as complex adaptive systems. January 2008 Marine Policy. Volume 32, Issue 1: 104-112 pp.
- MARIÁTEGUI L. 2009. Pesquería sostenible del calamar gigante *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) en el mar peruano. Tesis para optar el grado de Doctor en medio ambiente y Desarrollo Sostenible, Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima, Perú. 195 pp.
- MARIÁTEGUI L, TAFUR R, MORÓN O, AYÓN P. 1997. Distribución y captura del calamar gigante *Dosidicus gigas* a bordo de buques calamareros en aguas del Pacífico centro-oriental y en aguas nacionales adyacentes. Inf Inst Mar Perú. 63: 3-36.
- MINAM. 2011a. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. Volumen I: Marco Normativo General. Actualizado al 30 de junio de 2010. Editor: Dirección

- General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del MINAM. 1ª ed. 281p.
- MINAM 2011b. Compendio de la Legislación Ambiental Peruana. Volumen IX: Diversidad Biológica y Áreas Naturales Protegidas. Actualizado al 01 de junio de 2010. Editor: Dirección General de Políticas, Normas e Instrumentos de Gestión Ambiental del MINAM. 1ª ed. 284p.
- ROCHA F, GUERRA A, GONZÁLEZ A. 2001. A review of reproductive strategies in cephalopods. *Biol. Rev.* 76: 291–304.
- SÁNCHEZ J. 1974. Aspectos Biológicos y Pesqueros del Mar Peruano. En: *Historia Marítima del Perú*. Lima, Perú. Tomo I, Volumen 2. 567 p.
- SECOR D H. 2014. The unit stock concept: bounded fish and fisheries. In: S.X. Cadrin, L.A. Kerr and S. Mariani (Eds). 2014. *Stock Identification Methods: Applications in Fishery Science*. London, Academic Press. 2nd Ed. 566 p.
- SCHWEIGGER E. 1964. *El Litoral Peruano*. Segunda edición. Auspiciada por la Universidad Nacional Federico Villarreal. 414p + Anexos.

# BIOLOGÍA, ESTRUCTURA POBLACIONAL Y PESQUERÍA DE POTA O CALAMAR GIGANTE (*Dosidicus gigas*) EN EL PERÚ

## BIOLOGY, POPULATION STRUCTURE AND FISHERY OF JUMBO FLYING SQUID (*Dosidicus gigas*) IN PERU

Jorge Csirke<sup>1</sup>                      Juan Argüelles<sup>1</sup>                      Ana Alegre<sup>1</sup>                      Patricia Ayón<sup>1</sup>  
 Marilú Bouchon<sup>1</sup>                      Gladis Castillo<sup>1</sup>                      Ramiro Castillo<sup>1</sup>                      Rosario Cisneros<sup>1</sup>  
 Renato Guevara-Carrasco<sup>1</sup>                      Luis Lau<sup>1</sup>                      Luis Mariátegui<sup>1</sup>                      Carlos Salazar<sup>1</sup>  
 Ricardo Tafur<sup>1</sup>                      Josymar Torrejón<sup>1</sup>                      Carmen Yamashiro<sup>1</sup>

### RESUMEN

CSIRKE J, ARGÜELLES J, ALEGRE A, AYÓN P, BOUCHON M, CASTILLO G, CASTILLO R, CISNEROS R, GUEVARA-CARRASCO R, LAU L, MARIÁTEGUI L, SALAZAR C, TAFUR R, TORREJÓN J, YAMASHIRO C. 2018. *Biología, estructura poblacional y pesquería de pota o calamar gigante (Dosidicus gigas) en el Perú*. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 302-364. - El calamar gigante (*Dosidicus gigas*) se encuentra en gran abundancia a lo largo de toda la costa peruana desde 10 hasta más de 500 millas náuticas de la costa. Realiza migraciones verticales de 0 a 1200 m de profundidad, con migraciones ontogénicas regulares hacia la costa y mar adentro y migraciones latitudinales menos regulares de varios cientos de millas náuticas. Es un predador muy agresivo con un amplio espectro alimentario, y en los últimos 14 años entre sus presas han predominado cefalópodos (42,33% en peso) y peces mesopelágicos *Vinciguerria lucetia* (13,05%) y Myctophidae (12,38%). Diferencias observadas en sus tamaños de madurez sexual, crecimiento y áreas de distribución sugieren que hay al menos tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales frente al Perú. La distribución de frecuencia de tallas en las capturas de flotas artesanales e industriales en aguas peruanas ha sido muy variable, con un cambio significativo a tallas mucho más grandes que se inicia el año 2000 y se hace más evidente a partir del año 2001. Desde entonces, los calamares capturados en la alta mar adyacente. La pesquería peruana de calamar se desarrolló rápidamente a principios de la década de los años 1990, con aumentos en las capturas por una flota potera industrial extranjera operando bajo licencia peruana y una pesquería artesanal local en rápida expansión, que sustituyó gradualmente a la pesquería industrial. Las capturas totales de calamar gigante de Perú alcanzaron un máximo de 556 mil toneladas en 2014, todas capturadas por flotas artesanales locales. El stock, o stocks, de calamar gigante en aguas peruanas se consideran sub-explotado o moderadamente explotado, y las evaluaciones se basan en estimaciones de biomasa de cruceros acústicos combinados con modelos de producción excedente. Se discute la idoneidad de estos y otros métodos de evaluación de stocks, dando particular atención a la estructura de la población, la presencia de tres grupos fenotípicos o posibles subunidades poblacionales, así como otras características observadas en el calamar gigante frente a Perú y sus implicancias para la evaluación y ordenación de su pesquería.

**PALABRAS CLAVE:** *Dosidicus gigas*, calamar gigante, biología, estructura poblacional, pesquería, Perú

### ABSTRACT

CSIRKE J, ARGÜELLES J, ALEGRE A, AYÓN P, BOUCHON M, CASTILLO G, CASTILLO R, CISNEROS R, GUEVARA-CARRASCO R, LAU L, MARIÁTEGUI L, SALAZAR C, TAFUR R, TORREJÓN J, YAMASHIRO C. 2018. *Biology, population structure and fishery of jumbo flying squid (Dosidicus gigas) in Peru*. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 302-364. - Jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) is found in high abundance along the whole Peruvian coast from 10 to more than 500 nautical miles from the coast. It performs diel vertical migrations from 0 to more than 650 m of depth, with regular inshore-offshore ontogenetic migrations and less regular latitudinal migrations of several hundred nautical miles. It is a very aggressive predator, having a wide food spectrum with predominance, in the last 14 years, of cephalopods (42.33%, by weight) and the mesopelagic fishes *Vinciguerria lucetia* (13.05%) and Myctophidae (12.38%). Observed differences in their size at sexual maturity, growth and distribution areas suggests that there are at least three phenotypic groups or population subunits off Peru. Their size frequency distribution in catches by both artisanal and industrial fleets in Peruvian waters has been highly variable, with a significant shift to much larger sizes that started in 2000 and became evident in 2001. Since then, squids caught in Peruvian waters have generally been much larger than those caught in the adjacent high seas. The Peruvian squid fishery developed rapidly during the early 1990s with increased catches by a licensed foreign industrial jigger fleet and a rapidly expanding local artisanal fishery that gradually phased out the industrial fishery. Total Peruvian catches of jumbo flying squid peaked at 556 thousand tons in 2014, all taken by local artisanal fleets. The stock or stocks of jumbo flying squid in Peruvian waters are considered to be underexploited or moderately exploited, and the assessments are based on biomass estimates from acoustic surveys combined with surplus production modelling. The suitability of these and other stock assessment methods is discussed giving particular attention to the observed population structure, the presence of three phenotypic groups or possible stock subunits, as well as other characteristics of jumbo flying squid off Peru and what they may imply for the assessment and management of this fishery.

**KEYWORDS:** *Dosidicus gigas*, jumbo flying squid, biology, population subunits, fishery, Peru

<sup>1</sup> Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Chucuito, Callao, Perú.  
 Email: jorge.csirke@gmail.com

## 1. INTRODUCCIÓN

La pota o calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) es una de las especies de cefalópodos más grandes y abundantes del mundo. Según NIGMATULLIN *et al.* (2001) el calamar gigante podría alcanzar una longitud de manto (LM) de hasta 120 cm y un peso total de hasta 65 kg. Pero en los estudios realizados por el IMARPE se ha reportado 133 cm LM como talla máxima en los muestreos de tallas efectuados en las capturas de la flota artesanal en 2002 (ARGÜELLES y TAIPE 2018) y en los muestreos biológicos se registró 128 cm LM como talla máxima en una hembra madura capturada en octubre 2011. *D. gigas* es además la especie de cefalópodos que soporta las mayores capturas a nivel mundial, habiéndose registrado una captura media anual de 866 mil toneladas en los últimos diez años (2007-2016) y un máximo de 1,16 millones de toneladas en 2014. Se encuentra solo en el Océano Pacífico oriental, donde tiene una amplia distribución nerítico-oceánica a lo largo de los bordes de las zonas de surgencia costera de alta productividad desde 40°N hasta 47°S (NIGMATULLIN *et al.* 2001) aunque se ha reportado la presencia ocasional de calamar gigante en latitudes más altas, desde 56°57'N frente al cabo Edgecumbe, Alaska (COSGROVE y SENDALL 2005) hasta 50°00'S frente a Tierra del Fuego, Chile.

Es abundante cuando la saturación de oxígeno superficial es relativamente alta y hay concentraciones de especies mesopelágicas que forman parte importante de su dieta (NESIS 1970, 1983; ROPER *et al.* 1984, NIGMATULLIN *et al.* 2001, EHRHARDT *et al.* 1983, KREUZER 1984, MARKAIDA 2006, 2006a; ROSAS 2007, ROSAS *et al.* 2011, SEIBEL 2011, 2013; ALEGRE *et al.* 2014). Las áreas con las concentraciones más altas de calamar gigante se asocian con los sistemas de surgencia de la zona centro-norte de Perú y el Golfo de California (ANDERSON y RODHOUSE 2001, MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI 2003, NIGMATULLIN *et al.* 2001) que son también las áreas que sostienen las mayores pesquerías de esta especie.

Al igual que otras especies de calamar, la pota tiene un crecimiento somático rápido, vida de corta duración y su población generalmente está compuesta por individuos de una sola clase anual. Esto hace que sus patrones de abundancia y distribución sean muy sensibles a los cambios de las condiciones ambientales y sus efectos en la abundancia de sus presas (BAZZINO 2001), particularmente sobre el ciclo de producción del zooplancton, que constituye la principal fuente de alimento de sus estadios juveniles.

Sin embargo, como se discute líneas abajo, la sensibilidad a los cambios ambientales podría estar algo atenuada en el caso del calamar gigante, ya que en varios años se ha observado que la sola clase anual que conforma la población puede estar compuesta por dos o más cohortes o grupos con tallas modales diferentes y tallas

## 1. INTRODUCTION

The jumbo flying squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) is one of the largest and most abundant cephalopod species in the world. According to NIGMATULLIN *et al.* (2001), this squid could reach a mantle length (ML) of up to 120 cm and a total weight of up to 65 kg. However, IMARPE's studies have reported 133 cm ML as the maximum size in the size samples of the catches of the artisanal fleet in 2002 (ARGÜELLES & TAIPE 2018) and, in biological samplings, 128 cm ML was recorded as the maximum size in a mature female caught in October 2011. *D. gigas* is also the species of cephalopods that supports the highest catches worldwide, with an average annual catch of 866,000 tons in the last ten years (2007-2016) and a maximum of 1.16 million tons in 2014. It is found only in the Eastern Pacific Ocean, where it has a wide neritic-oceanic distribution along the edges of the high productivity coastal upwelling areas from 40°N to 47°S (NIGMATULLIN *et al.* 2001), although the occasional presence of jumbo flying squid has been reported in higher latitudes, from 56°57'N off Cape Edgecumbe, Alaska (COSGROVE & SENDALL 2005) to 50°00'S off Tierra del Fuego, Chile.

They are abundant when surface oxygen saturation is relatively high and there are concentrations of mesopelagic species, which are an important part of their diet (NESIS 1970, 1983; ROPER *et al.* 1984, NIGMATULLIN *et al.* 2001, EHRHARDT *et al.* 1983, KREUZER 1984, MARKAIDA 2006, 2006a; ROSAS 2007, ROSAS *et al.* 2011, SEIBEL 2011, 2013; ALEGRE *et al.* 2014). The areas with the highest concentrations of jumbo flying squid are associated with the upwelling systems of Central-Northern Peru and the Gulf of California (ANDERSON & RODHOUSE 2001, MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003, NIGMATULLIN *et al.* 2001), which are also the areas that support the largest fisheries for this species.

Like other squid species, *D. gigas* has a fast somatic growth, short life span and its population is generally composed of individuals of a single annual class. This makes the abundance and distribution patterns of these species very sensitive to changes in environmental conditions and its effects on prey abundance (BAZZINO 2001), where the effects on the production cycle of zooplankton, the main source of food for the juvenile stages, would be particularly impactful.

Nonetheless, as discussed below, the sensitivity to environmental changes may be somewhat attenuated in the case of jumbo flying squid since, in several years, it has been observed that the single annual class that makes up the population may be composed of two or more cohorts or groups with different

máximas de crecimiento y tallas de madurez sexual también diferentes, los que seguramente proceden de grupos de desovantes y/o tiempos de desove diferentes y, por la gran diferenciación en sus tallas de máximo crecimiento y otras características fenotípicas, podrían representar sub-unidades o sub-grupos poblacionales diferentes, lo que podría denotar una cierta adaptación de la especie a las condiciones ambientales cambiantes, típicas del mar peruano y áreas adyacentes.

Antes de 1989, los desembarques de calamar gigante en el Perú no llegaban a las mil toneladas (t) por año, todas provenientes de capturas incidentales (FLORES *et al.* 1994). Recién entre 1990 y 1991 se comienza a desarrollar una pesquería dirigida a esta especie, con un rápido aumento del esfuerzo de pesca, por las capturas de la flota artesanal local y la concesión de licencias de pesca a flotas extranjeras. Es así que la flota artesanal peruana llega a capturar casi 21 mil t del recurso en 1991 y 43 mil t en 1994. En abril de 1991 el gobierno peruano otorgó licencias de pesca a un número limitado de buques poteros industriales extranjeros que capturaron casi 61 mil t ese año, llegando a 170 mil t en 1994. El desarrollo de estas pesquerías se apoyó en la información proveniente de diversos cruceros de investigación científica y pescas exploratorias realizadas directamente por IMARPE o a través de convenios de cooperación técnica desde 1979 (MARIÁTEGUI *et al.* 2018) que han continuado hasta la fecha y que han detectado y confirmado la presencia de grandes concentraciones en aguas peruanas y en la alta mar adyacente.

Como parte de las primeras medidas de ordenación de esta pesquería en desarrollo, se estableció un programa de investigación y monitoreo que incluyó la colocación de observadores a bordo y en los principales lugares de desembarque, así como la ejecución de cruceros de investigación científica en aguas jurisdiccionales peruanas y la alta mar adyacente. Este programa continúa hasta la fecha, aunque con algunos ajustes, mejoras y modificaciones. Con el tiempo se fue limitando gradualmente la pesquería industrial del recurso en aguas jurisdiccionales peruanas hasta que cesó por completo a fines del 2011, mientras que se expandía la pesca artesanal local, que a la fecha cuenta con unas 4622 embarcaciones, incluyendo 2269 poteras puras, 789 poteras-espineleras, 159 poteras-cortineras de altura y 1405 poteras combinadas con otras artes (CASTILLO *et al.* en preparación). Se estima que esas embarcaciones tienen una capacidad de bodega promedio de 9,8 t y han llegado a capturar más de medio millón de toneladas de calamar gigante en algunos años.

Como señalan ARGÜELLES *et al.* (2008) y ARGÜELLES y TAFUR (2010) los patrones de comportamiento y distribución, así como los niveles de biomasa,

modal sizes, and also different maximum growth sizes and sexual maturity sizes, which surely come from different spawning groups and/or spawning times, and because of the great differentiation in their maximum growth sizes and other phenotypic characteristics, could represent different subunits or population subgroups, which, in any case, could denote a certain adaptation of the species to the changing environmental conditions that are typical of the Peruvian waters and adjacent areas.

Before 1989, the landings of jumbo flying squid in Peru did not reach 1,000 tons per year, all of which came from bycatch (FLORES *et al.* 1994). It was only between 1990 and 1991 that a targeted fishery for this species began to develop, with a rapid increase in the fishing effort and catches of the local artisanal fleet and the granting of fishing licenses to foreign fleets. Thus, the Peruvian artisanal fleet caught almost 21,000 t of jumbo flying squid in 1991 and 43,000 t in 1994. In April 1991, the Peruvian government granted fishing licenses to a limited number of foreign industrial jigger vessels that caught almost 61,000 t of jumbo flying squid that year, reaching 170,000 t in 1994. The development of this local artisanal fishery and the licensing of foreign fleets was supported by information from various scientific research cruises and exploratory fisheries conducted directly by IMARPE or through technical cooperation agreements since 1979 (MARIÁTEGUI *et al.* 2018) and which have continued to date, and have detected and confirmed the presence of large concentrations of jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters and the adjacent high seas.

As part of the first management measures for this developing fishery, a research and monitoring program was established that included the placement of observers aboard and at the main landing sites, as well as the execution of scientific research cruises in Peruvian jurisdictional waters and the adjacent high seas. This program continues to date, although with some adjustments, improvements and modifications. Over time, the industrial fishery for this resource in Peruvian jurisdictional waters was gradually limited until it ceased completely at the end of 2011, while local artisanal fishing was expanded, which to date has some 4,622 vessels, including 2,269 using only jiggers, 789 using jiggers and longlines, 159 using jiggers and high-sea gillnets and 1,405 using jiggers and other fishing gears (CASTILLO *et al.* in preparation). It is estimated that these vessels have an average holding capacity of 9.8 t and have caught more than half a million tons of jumbo flying squid in some years.

As pointed out by ARGÜELLES *et al.* (2008) and ARGÜELLES & TAFUR (2010), the behavior and distribution patterns, as well as biomass levels,



crecimiento y tamaño corporal, y el tiempo, talla y edad de madurez sexual de esta especie pueden modificarse durante eventos intensos de El Niño o La Niña, produciendo cambios y fluctuaciones interanuales que desde la perspectiva pesquera se perciben como mayor dispersión y reducción temporal de su disponibilidad a las flotas pesqueras.

Estos y otros aspectos de la biología, ecología y pesca del calamar gigante en aguas jurisdiccionales peruanas y en la alta mar adyacente fueron examinados haciendo énfasis en las necesidades y desafíos asociados con el monitoreo, la evaluación y la eventual ordenación de su pesquería en alta mar, en el área de aplicación de la Convención sobre la Conservación y Ordenación de los Recursos Pesqueros de Alta Mar en el Océano Pacífico Sur (SPRFMO 2015), en tres informes técnicos del Instituto del Mar del Perú (IMARPE) preparados por CSIRKE *et al.* (2015) y ARGÜELLES *et al.* (2016, 2017). En este artículo se revisa y actualiza la información disponible en esos tres informes, así como aquella presentada en los otros artículos incluidos en este mismo volumen a fin de examinar los diversos aspectos biológico-pesqueros y sus implicancias para el desarrollo de la pesca de calamar gigante en el Perú y los enfoques de evaluación y ordenación pesquera necesarios para asegurar la sostenibilidad y posible expansión de esta importante pesquería nacional. Pero también se observan cambios y fluctuaciones de más larga duración que en muchos aspectos podrían interpretarse como cambios de régimen a escala decadal, semejantes a los descritos para esta misma área por CSIRKE (1989), LLUCH-BELDA *et al.* (1992), CSIRKE *et al.* (1996), CHAVEZ *et al.* (2008) y otros en el caso de la anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns y para el caso del jurel *Trachurus murphyi* Nichols por CSIRKE (2013), FLORES *et al.* (2013), ESPINO (2013) y ALEGRE *et al.* (2013).

## 2. HÁBITAT

El calamar gigante adulto tiene alta tolerancia a cambios en la presión del agua, la temperatura, la salinidad, el oxígeno disuelto y otros factores ambientales, lo que le permite habitar y migrar a profundidades de 0 hasta 1200 m en hábitats neríticos, epi y mesopelágicos tropicales y templados en el Pacífico oriental (ANDERSON y RODHOUSE 2001, NIGMATULLIN *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2001, GILLY *et al.* 2006). Es capaz de migraciones verticales y horizontales extensas y tiene un complejo patrón de reproducción y reclutamiento (BOYLE y BOLETZKY 1996). Es una especie nectónica que forma grandes cardúmenes de individuos de tamaño similar, está ampliamente distribuida en la vertiente continental y en las aguas costeras y oceánicas adyacentes en el Pacífico oriental y sus mayores concentraciones se encuentran generalmente en áreas donde la productividad primaria es alta pero no máxima, y donde la biomasa del zooplancton

growth and body size, and time, size and age of sexual maturity of this species can be modified during intense El Niño or La Niña events, producing inter-annual changes and fluctuations that, from a fisheries perspective, are perceived as greater dispersion and temporary reduction of their availability to fishing fleets.

These, and other aspects of the biology, ecology and fisheries of jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters and the adjacent high seas, were examined with emphasis on the needs and challenges associated with the monitoring, assessment and eventual management of their fishery on the high seas, in the area of application of the Convention on the Conservation and Management of High Seas Fishery Resources in the South Pacific Ocean (SPRFMO 2015), in three technical reports by the Peruvian Marine Research Institute (IMARPE) prepared by CSIRKE *et al.* (2015) and ARGÜELLES *et al.* (2016, 2017). This article reviews and updates the information available in these three reports, as well as that presented in the other articles included in this volume, in order to examine the various biological and fishery aspects, and their implications for the development of the jumbo flying squid fishery in Peru, and the approaches to fisheries assessment and management necessary to ensure the sustainability and possible expansion of this important national fishery. But longer-term changes and fluctuations are also observed, which in many respects could be interpreted as regime changes on a decadal scale, similar to those described for this same area by CSIRKE (1989), LLUCH-BELDA *et al.* (1992), CSIRKE *et al.* (1996), CHAVEZ *et al.* (2008) and others in the case of anchoveta *Engraulis ringens* Jenyns and for jack mackerel *Trachurus murphyi* Nichols by CSIRKE (2013), FLORES *et al.* (2013), ESPINO (2013) and ALEGRE *et al.* (2013).

## 2. HABITAT

The adult jumbo flying squid has high tolerance to changes in water pressure, temperature, salinity, dissolved oxygen and other environmental factors, allowing it to inhabit and migrate to depths from 0 to 1200 m in neritic, epipelagic and mesopelagic tropical and temperate habitats in the Eastern Pacific Ocean (ANDERSON & RODHOUSE 2001, NIGMATULLIN *et al.* 2001, TAFUR *et al.* 2001, GILLY *et al.* 2006). It is capable of extensive vertical and horizontal migrations and has a complex pattern of reproduction and recruitment (BOYLE & BOLETZKY 1996). It is a nektonic species that forms large schools of similarly sized individuals, which is widely distributed on the continental slope and in adjacent coastal and oceanic waters in the Eastern Pacific and its highest concentrations are generally

es relativamente alta y el número de peces meso y batipelágicos es máximo (NESIS 1970, 1983).

Es un depredador muy agresivo y la disponibilidad de presas es un factor más importante que la temperatura u otros parámetros ambientales en la configuración de su distribución geográfica. Los calamares más jóvenes y/o más pequeños, con LM de hasta 30 cm predominan en aguas oceánicas, mientras que los más grandes tienden a estar más cerca a la costa para alimentarse, y aparearse, para posteriormente migrar hacia aguas oceánicas para desovar (NESIS 1970, SAKAI y YAMASHIRO 2013).

Al ser una especie euriterma, habita masas de agua con temperaturas superficiales que van desde 15 a 28 °C (NESIS 1983) e incluso tan altas como 32 °C en aguas ecuatoriales (NIGMATULLIN *et al.* 2001). Sin embargo, en el hemisferio sur, las mayores concentraciones se encuentran generalmente en áreas con temperaturas superficiales del mar entre 17 y 23 °C, con un máximo entre 18 y 20 °C.

Frente a Perú, el calamar gigante ha sido capturado en áreas con temperaturas superficiales del mar que van de 17,5 a 27,5 °C (BENITES 1985, BENITES y VALDIVIESO 1986, SEGURA *et al.* 1996, YAMASHIRO *et al.* 1997) y las mejores concentraciones usualmente se han encontrado en el rango de temperaturas típicas del frente entre las aguas oceánicas superficiales algo cálidas (20,0 °C) y las aguas costeras frías (17,8-19,6 °C) con máximas donde la temperatura superficial del mar ha estado por encima de 18 °C y en, o ligeramente por encima de 14 °C a 50 m de profundidad (RUBIO y SALAZAR 1992, YAMASHIRO *et al.* 1997). Para un área oceánica frente a Perú y Ecuador KUROIWA (1998) da cuenta de una caída en los índices de captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de calamar gigante cuando las temperaturas superficiales del mar superaban los 23 °C, mientras que no encontró correlación entre la CPUE y la temperatura superficial del mar a temperaturas entre 16 y 23 °C. También encontró que en esa área, las capturas de calamar gigante eran más altas cuando la termoclina estaba entre 10 y 50 m de profundidad con temperaturas entre 15,0 y 15,9 °C y las capturas eran más pobres cuando las masas de agua cálida alcanzaban profundidades de 30-40 m o cuando las masas de agua fría prevalecían en la superficie.

En general, las concentraciones más altas de calamar gigante se encuentran a lo largo del borde externo de las principales áreas de surgencia, en asociación con el talud continental y el frente de confluencia entre las aguas oceánicas superficiales cálidas y las aguas costeras frías, donde peces mesopelágicos y otras posibles presas son lo suficientemente abundantes como para soportar las altas tasas de crecimiento de esta especie.

found in areas where primary productivity is high but not the maximum, and where the biomass of zooplankton is relatively high and the number of mesopelagic and bathypelagic fish is highest (NESIS 1970, 1983).

It is a very aggressive predator, and the availability of prey is a more important factor than temperature or other environmental parameters in the configuration of its geographical distribution. Younger and/or smaller squid, with a ML of up to 30 cm, predominate in oceanic waters, while larger squids tend to be closer to the coast to feed, and mate, to later migrate to oceanic waters to spawn (NESIS 1970, SAKAI & YAMASHIRO 2013).

As a eurythermal species, it inhabits water masses with surface temperatures ranging from 15 to 28 °C (NESIS 1983) and even as high as 32 °C in equatorial waters (NIGMATULLIN *et al.* 2001). However, in the southern hemisphere, the highest concentrations are generally found in areas with sea surface temperatures between 17 and 23 °C, with a maximum between 18 and 20 °C.

Off Peru, the jumbo flying squid has been caught in areas with sea surface temperatures ranging from 17.5 to 27.5 °C (BENITES 1985, BENITES & VALDIVIESO 1986, SEGURA *et al.* 1996, YAMASHIRO *et al.* 1997). The best concentrations have usually been found in the temperature range typical of the front between the somewhat warm surface oceanic waters (20.0 °C) and the cold coastal waters (17.8-19.6 °C), with maximums where the sea surface temperature has been above 18 °C, and 14 °C or slightly above at 50 m depth (RUBIO & SALAZAR 1992, YAMASHIRO *et al.* 1997). For an oceanic area off Peru and Ecuador, KUROIWA (1998) reports a drop in the catch per unit of effort (CPUE) indices of jumbo flying squid when sea surface temperatures exceeded 23 °C, while it found no correlation between CPUE and sea surface temperature at temperatures between 16 and 23 °C. It also found that in that area, the catches of jumbo flying squid were highest when the thermocline was between 10 and 50 m deep with temperatures between 15.0 and 15.9 °C, and the catches were poorer when the warm water masses reached depths of 30-40 m or when the cold-water masses prevailed at the surface.

In general, the highest concentrations of jumbo flying squid are found along the outer edge of the main upwelling areas, in association with the continental slope and the confluence front between warm surface oceanic waters and cold coastal waters, where mesopelagic fish and other potential prey are abundant enough to support the high growth rates of this species.

Se ha observado que frente al Perú existen grupos de calamares gigantes que alcanzan la madurez sexual a diferentes tallas (ARGÜELLES *et al.* 2008) y edades (ARKHIPKIN *et al.* 2015) que por lo general se encuentran a distancias de la costa y en hábitats algo diferentes. Como se discute más en detalle en las secciones que siguen, estas diferencias en las tallas y edades de maduración sexual y su relativa segregación espacial, podrían estar relacionadas de alguna manera con la alta variabilidad anual e interanual en las condiciones oceanográficas típicas del sistema norte de la Corriente de Perú (también conocida como Corriente Peruana, Corriente Peruana de Humboldt, Corriente de Perú-Humboldt y Corriente de Humboldt)<sup>2</sup>, que podría determinar cambios en la tasa de crecimiento por la mayor o menor disponibilidad de alimento para juveniles y otras etapas tempranas de la vida. Sin embargo, cabe también anotar que, aunque las mayores concentraciones de estos grupos de tallas y edades suelen estar segregadas espacialmente, también se pueden observar simultáneamente, aunque en proporciones diversas en el mismo tiempo y áreas generales de pesca.

It has been observed that off Peru there are groups of jumbo flying squid that reach sexual maturity at different sizes (ARGÜELLES *et al.* 2008) and ages (ARKHIPKIN *et al.* 2015) that are generally found at slightly different distances from the coast and in slightly different habitats. As discussed in more detail in the following sections, these differences in sizes and ages of sexual maturity and their relative spatial segregation may be related in some way to the high annual and interannual variability in oceanographic conditions typical of the northern system of the Peruvian Current (also known as the Humboldt Peruvian Current, the Peru-Humboldt Current and the Humboldt Current)<sup>2</sup>, that could determine changes in the growth rate due to the greater or lesser availability of food for juveniles and other early life-history stages. But it should also be noted that, although the highest concentrations of these size and age groups are often spatially segregated, they can also be observed simultaneously, although in varying proportions at the same time and in different general fishing areas.

2 El propio Alexander von Humboldt, en una carta dirigida a su colega el geógrafo Heinrich Berghaus, se opuso a que esta corriente llevara su nombre sosteniendo que a él sólo le correspondía el mérito de haber sido el primero en medir su temperatura (y velocidad) (SCHMIEDER 1964, citado en KOHLHEPP 2005, POPOVICI y CHACON DE POPOVICI 2003). Al respecto, SCHWEIGER (1964) cita textualmente un pasaje de esta carta de Humboldt a Berghaus del 21 de febrero de 1840, en la que le escribe "Protesto (también públicamente si fuera necesario) contra cualquiera denominación como 'Corriente de Humboldt' - imitando la designación 'Corriente de Rennel' ridiculizada en Inglaterra por los marinos británicos. - La Corriente es conocida desde hace 300 años por todos los muchachos pescadores desde Chili hasta Payta; el único mérito mío es el de haber medido como primero la temperatura de esta corriente de agua". En efecto, como se señala en CSIRKE (2013) los antiguos peruanos practicaban la navegación y la pesca en estas aguas miles de años antes del inicio del imperio incaico y seguramente ya desde ese entonces conocían en parte de las características y bondades de esta corriente, aunque no dejaran evidencias citables de ello. Y en realidad, los primeros testimonios escritos sobre la existencia, dirección, fuerza, anchura y largura de esta corriente provienen de los relatos del cronista PEDRO DE CIEZA DE LEÓN, quien en 1553 en el Capítulo III de su obra 'La Crónica del Perú' describe que "...el navegar de Panamá para el Perú es por el mes de enero, febrero y marzo, porque en este tiempo hay siempre grandes brisas, y no reinan los vendavales, y las naos con brevedad allegan adonde van, antes que reine otro viento que es el Sur, el cual gran parte del año corre en la costa del Perú [...] El viento sur y no otro reina mucho tiempo, como dicho he, en las provincias del Perú desde Chile hasta cerca de Tumbes, el cual es provechoso para venir del Perú a la Tierra Firme, Nicaragua y otras partes, mas para ir es dificultoso" (CIEZA DE LEÓN 1553). Así, también, pocos años más tarde, en 1609, el Inca GARCILASO DE LA VEGA en el Capítulo VII de su obra 'Comentarios Reales' escribe que "...es de saber que desde Panamá a la Ciudad de los Reyes se navegaba con grande trabajo, por las muchas corrientes de la mar y por el viento sur que corre siempre en aquella costa, por lo cual los navios, en aquel viaje, eran forzados a salir del puerto con un bordo de treinta o cuarenta leguas a la mar y volver con otro a tierra, y de esta manera iban sabiendo la costa arriba, navegando siempre a la bolina. Y acacia muchas veces, cuando el navio no era buen velero de la bolina, caer más atrás de donde había salido, hasta que Francisco Drac, inglés, entrando por el Estrecho de Magallanes, año de mil y quinientos y setenta y nueve, enseñó mejor manera de navegar, alargándose con los bordos doscientas y trescientas leguas la mar adentro, lo cual antes no osaban hacer los pilotos, porque sin saber de qué ni de quién, sino de sus imaginaciones, estaban persuadidos y temerosos que, apartados de tierras cien leguas, había en la mar grandísimas calmas, y por no caer en ellas no osaban engolfarse mar adentro" (GARCILASO DE LA VEGA 1609).

2 Alexander von Humboldt himself, in a letter to his geographer colleague Heinrich Berghaus, objected to this current bearing his name, arguing that his only merit was to have been the first one to measure its temperature (and speed) (SCHMIEDER 1964, cited in KOHLHEPP 2005, POPOVICI & CHACON DE POPOVICI 2003). In this regard, SCHWEIGER (1964) quotes a passage from this letter from Humboldt to Berghaus dated on February 21st, 1840, in which he writes that "I protest (also publicly if necessary) against any denomination such as 'Humboldt Current' - imitating the name 'Rennel Current' ridiculed in England by British seafarers. The Current has been known for 300 years to all the fishing boys from Chile to Payta [...for Paita]; the only merit of mine is to have measured as first the temperature of this water current". In fact, as pointed out in CSIRKE (2013), the ancient Peruvians were already navigating and fishing in these waters thousands of years before the beginning of the Inca Empire, and already since then they probably knew some of the characteristics and benefits of this current, even though they did not leave any citable evidence of it. And, in fact, the first written testimonies about the existence, direction, strength, width and length of this current come from the stories of the chronicler PEDRO CIEZA DE LEÓN, who, in 1553 in Chapter III of his work 'The Chronicle of Peru', describes that "...sailing from Panama to Peru is for the months of January, February and March, because at this time there are always great breezes, and no gales reign, and the naos briefly go where they are going, before another wind reigns, which is the South, which blows along the coast of Peru for most of the year [...and] The south wind and not another wind reigns for a long time, as I said, in the provinces of Peru from Chile to near Tumbes, which is profitable to come from Peru to the mainland, Nicaragua and other parts, but to go back is difficult" (CIEZA DE LEÓN 1553). Thus, also, a few years later, in 1609, the Inca GARCILASO DE LA VEGA in Chapter VII of his work 'The Royal Commentaries of Peru' writes that "...it is to be known that sailing from Panama to Ciudad de los Reyes [...in reference to Lima, current capital of Peru] required a great deal of work, because of the many sea currents and the south wind that always blows on that coast, so that the ships, on that trip, were forced to leave the port with a board of thirty or forty leagues towards the sea and return with another one towards land, and in this way they were going up the coast, always sailing on the bowline. And it happened many times, when the ship was not a good sailboat from the bowline, to fall further back from where it had left, until Francis Drake, an Englishman, entering the Strait of Magellan, in 1579, taught us a better way of sailing, extending the boards into the sea by two hundred and three hundred leagues, which before the pilots did not dare to do, because without knowing what or from whom, but their imaginations, they were persuaded and fearful that, once away from lands a hundred leagues, there were great calms at sea, and to avoid falling into them they did not dare to engulf themselves too far into sea" (GARCILASO DE LA VEGA 1609).

Con respecto a esos grupos, NESIS (1983) y NIGMATULLIN *et al.* (2001) proponen que podría haber al menos tres grupos fenotípicos o subunidades de población de calamar gigante de acuerdo a la talla a la que alcanzan la madurez sexual. Un grupo que alcanza la madurez sexual más tarde y a una talla mayor, habitando aguas más frías de surgencia costera; mientras que aquellos que maduran a tallas intermedias o más pequeñas habitan aguas ligeramente más cálidas y más alejadas de la costa. También se ha sugerido que, al permanecer y reproducirse más cerca de la costa, las larvas del grupo que madura a mayor talla estarían más propensas a ser retenidas por los remolinos ciclónicos (eddies) del sistema norte de la Corriente de Perú, favoreciendo cierto grado de aislamiento geográfico de este grupo que así se beneficiaría de una más prolongada permanencia en áreas más costeras y más productivas.

### 3. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL

El calamar gigante se encuentra comúnmente a lo largo de toda la costa peruana ocupando áreas que pueden ubicarse entre 10 y más de 500 millas náuticas (mn) de distancia de la costa, y diariamente migra verticalmente entre la superficie durante la noche a profundidades de 600 hasta 1200 m durante el día. El tamaño de las poblaciones, la abundancia local y la profundidad del fondo, latitudes y distancias de la costa donde ocurren las concentraciones más altas pueden variar mucho, estacionalmente y de año en año, aunque por lo general están más cerca de la costa en verano y más alejadas en invierno y primavera.

Se cuenta con abundante información sobre la distribución horizontal y algo sobre la distribución vertical del calamar gigante frente al Perú, proveniente de los registros y observaciones de las operaciones de pesca de las flotas industrial y artesanal, así como de las prospecciones hidroacústicas y otros cruceros de investigación científica realizados por el IMARPE. Y mientras que los cruceros de investigación científica indican que el calamar gigante se distribuye ampliamente frente a la costa del Perú, los datos de las varias pesquerías que operan frente al Perú indican que en aguas peruanas las mayores abundancias y las mejores concentraciones de interés comercial se encuentran por lo general en la parte norte y sur de su área general de distribución, mientras que en alta mar las abundancias son algo más bajas y su distribución latitudinal es más variable.

Los cruceros de prospección hidroacústica llevados a cabo regularmente por IMARPE típicamente cubren la franja costera entre 10 y 100 mn de distancia a la costa desde el extremo norte al extremo sur del dominio marítimo peruano. Estos cruceros están normalmente

With respect to these groups, NESIS (1983) and NIGMATULLIN *et al.* (2001) propose that there may be at least three phenotypic groups or subunits of the jumbo flying squid population according to the size at which they reach sexual maturity. A group that reaches sexual maturity later and at a greater size, inhabiting colder waters closer to the coastal upwelling, while those that mature at intermediate or smaller sizes inhabit slightly warmer waters further from the coast. It has also been suggested that, by remaining and breeding closer to the coast, larvae of the larger maturing group would be more likely to be retained by the eddies of the Northern Peruvian Current system, favoring some degree of geographic isolation of this group that would benefit from a longer stay in more coastal and productive areas.

### 3. SPATIAL DISTRIBUTION

The jumbo flying squid is commonly found along the entire Peruvian coast, occupying areas that can be located between 10 and more than 500 nautical miles (nm) away from the coast, and performs daily vertical migrations between the surface during the night, and depths of 600 m and up to 1200 m during the day. Population size, local abundance and the bottom depth, latitudes and distances from the coast, where the highest concentrations occur, can vary greatly, seasonally and from year to year, although they are generally closer to the coast in summer and further away in winter and spring.

There is abundant information on the horizontal distribution and some information on the vertical distribution of this squid off Peru from the records and observations of the fishing operations of the industrial and artisanal fleets, as well as from the hydroacoustic surveys and other scientific research cruises carried out by IMARPE. And while scientific research cruises indicate that the jumbo flying squid is widely distributed off the coast of Peru, data from the various fisheries operating off Peru indicate that the greatest abundances and the best concentrations of commercial interest in Peruvian jurisdictional waters are generally found in the northern and southern part, while on the high seas the abundances are somewhat lower and their latitudinal distribution is more variable.

The hydroacoustic survey cruises carried out regularly by IMARPE typically cover a coastal band between 10 and 100 nm distance from the coast, from the extreme north to the extreme south of the Peruvian maritime domain. These cruises are normally oriented to the assessment of anchoveta

orientados a la evaluación de la anchoveta y otros recursos pelágicos, pero desde 1999 incluyeron también como objetivo secundario la evaluación del calamar gigante, contribuyendo a confirmar su presencia conspicua y su amplia distribución a lo largo de toda la costa peruana (FLORES *et al.* 2016). Estas prospecciones también muestran que existe gran variabilidad estacional e interanual en la distribución y extensión de las áreas con calamar gigante dentro del área explorada, dentro de la cual se distribuye más ampliamente durante primavera y verano (Figs. 1, 2). No se presenta información para los meses de otoño debido al bajo número de cruceros y la escasez de observaciones en esa estación del año.

and other pelagic resources, but since 1999 they have also included, as a secondary objective, the assessment of jumbo flying squid, contributing to confirm their conspicuous presence and wide distribution along the Peruvian coast (FLORES *et al.* 2016). These surveys also show that there is great seasonal and interannual variability in the distribution and extension of the areas with jumbo flying squid within the explored area, within which it is more widely distributed during spring and summer (Figs. 1, 2). No information is presented for the autumn months due to the low number of surveys and the scarcity of observations at that time of year.

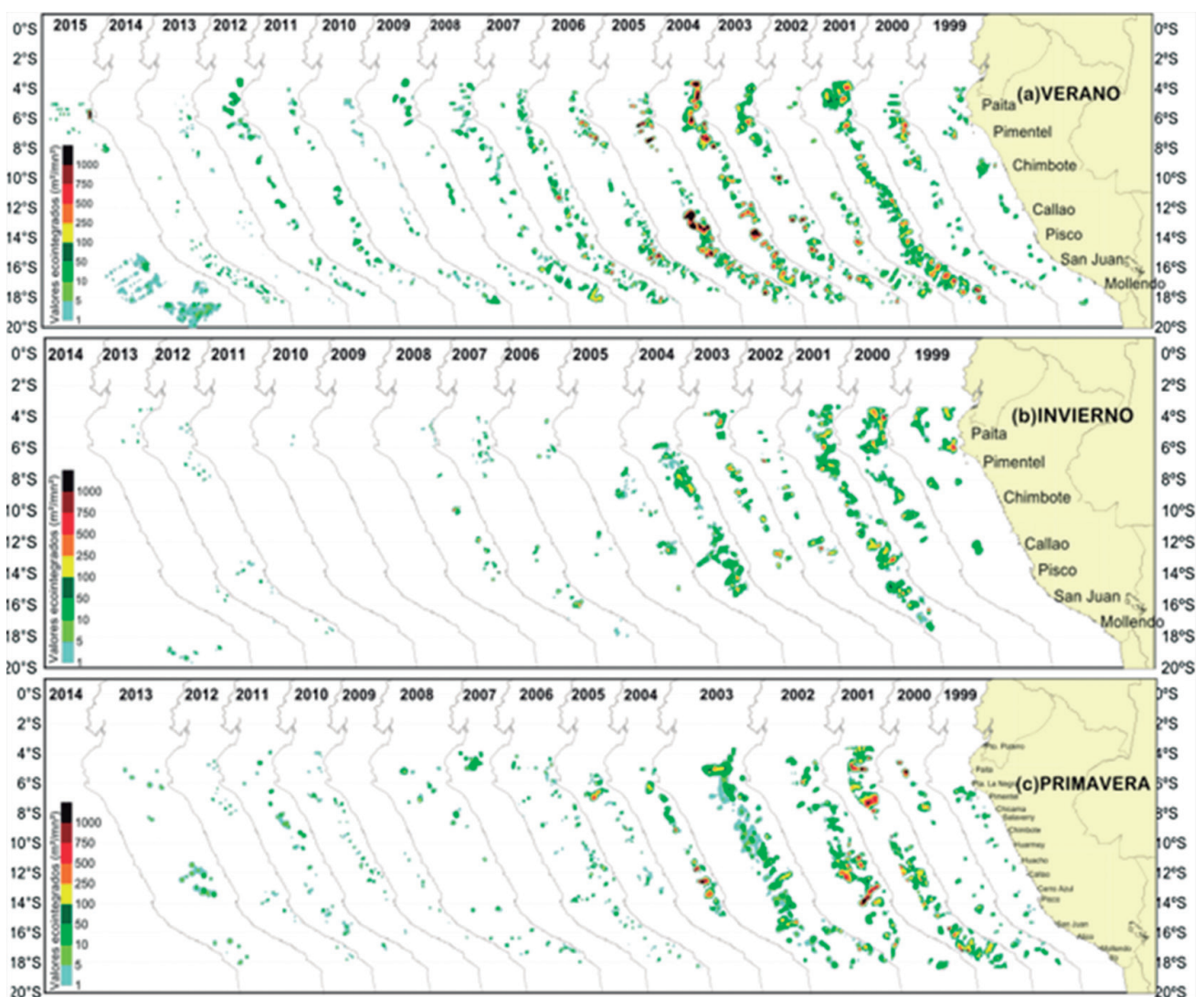


Figura 1.- Distribución horizontal de las concentraciones de calamar gigante (*D. gigas*) durante los cruceros científicos de evaluación acústica realizados por IMARPE a lo largo de la costa peruana durante: (a) verano, (b) invierno y (c) primavera, desde el verano de 1999 hasta el verano de 2015 (FLORES *et al.* 2016)

Figure 1. Horizontal distribution of jumbo flying squid (*D. gigas*) concentrations during scientific acoustic assessment surveys conducted by IMARPE along the Peruvian coast during: (a) summer, (b) winter and (c) spring, from summer 1999 to summer 2015 (FLORES *et al.* 2016)

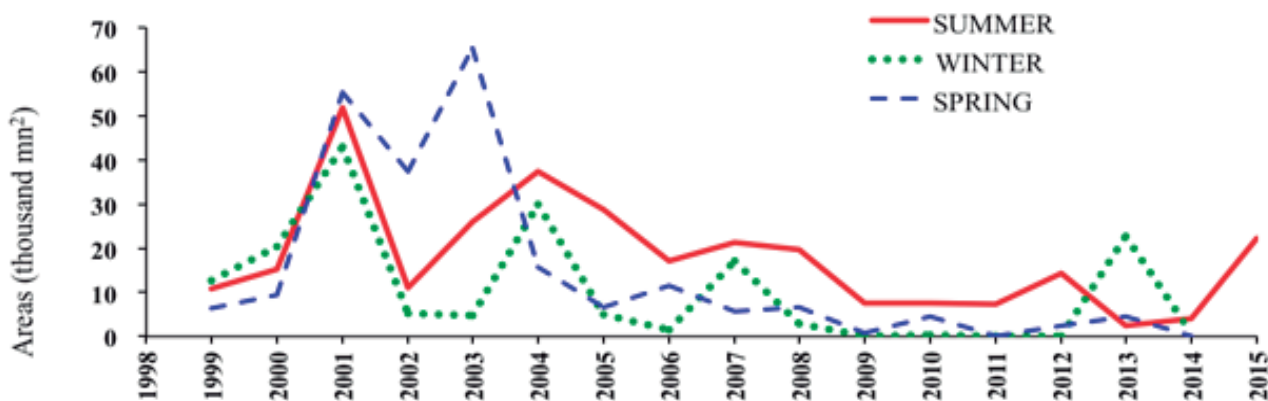


Figura 2.- Extensión de las áreas de distribución de calamar gigante (*D. gigas*) durante los cruceros científicos de evaluación acústica realizados por el IMARPE a lo largo de la costa peruana durante: (a) verano, (b) invierno y (c) primavera, desde el verano de 1999 hasta el verano de 2015 (FLORES *et al.* 2016)

Figure 2. Extent of the distribution areas of giant squid (*D. gigas*) during the scientific acoustic assessment surveys carried out by IMARPE along the Peruvian coast during: (a) summer, (b) winter and (c) spring, from summer of 1999 to summer of 2015 (FLORES *et al.* 2016)

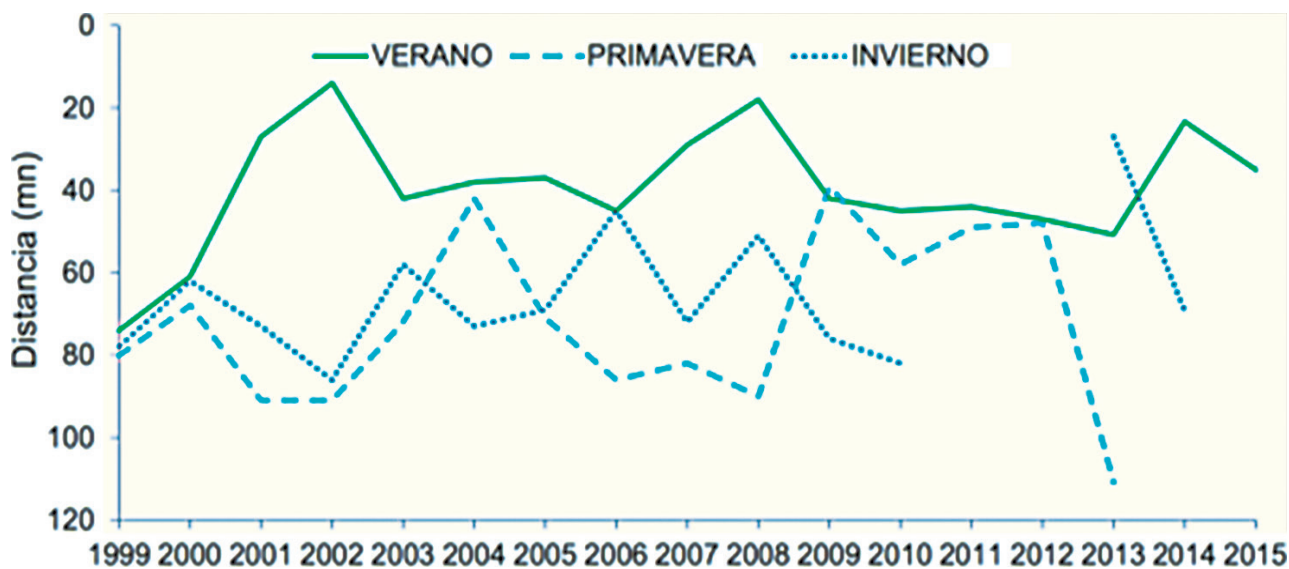


Figura 3.- Distancia de la costa de los centros de gravedad de los índices de abundancia acústica del calamar gigante (*D. gigas*) frente a la costa peruana durante las estaciones de verano, invierno y primavera, desde el verano 1999 hasta el verano 2015 (FLORES *et al.* 2016)

Figure 3. Distance from the coast of the centers of gravity of the acoustic abundance indexes of jumbo flying squid (*D. gigas*) off the Peruvian coast during the summer, winter and spring seasons, between summer 1999 and summer 2015 (FLORES *et al.* 2016)

Entre 2001 y 2008 el calamar gigante ocupó una mayor porción del área costera estudiada durante los cruceros. Esto fue más notorio durante los meses de verano, cuando tuvo una distribución más amplia y dispersa dentro del área explorada, con máximos en los veranos de 2001, 2003, 2004 y 2005. Luego, a partir del verano de 2009, redujo su distribución a un menor número de áreas de concentración del tipo dispersas y muy dispersas. El crucero del verano 2015 tuvo una cobertura diferente: más breve y fraccionada en sentido latitudinal y más amplia en sentido longitudinal abarcando áreas a mayor distancia de la costa, ya que las observaciones se concentraron en las dos grandes áreas de pesca de la flota artesanal dedicada a la pesca del calamar, al norte y al sur, hasta una distancia de 200 mn de la costa.

Las áreas costeras ocupadas por el calamar gigante durante el invierno también fueron muy variables, con valores más altos en los inviernos de 2000, 2001 y 2004. Desde el invierno de 2008 hay un predominio de valores más bajos, lo que sugiere que el calamar tuvo una distribución invernal más oceánica, por fuera de la zona costera estudiada.

Durante los meses de primavera los valores más altos de presencia de calamar gigante en el área estudiada se obtuvieron en 2001, 2002 y 2003 y a partir de la primavera de 2005, también ocupó una porción menor del área estudiada, con menor número de concentraciones, la mayoría del tipo dispersa y muy dispersa.

La ubicación por distancia a la costa de los centros de gravedad de los índices de abundancia acústica por estación y años entre el verano de 1999 y el verano de 2015, también muestra alta variabilidad, con distribución general más costera durante el verano. Durante esta estación los centros de gravedad de las concentraciones observadas se encontraron tan cerca como a 14 y 18 mn de la costa en los veranos de 2002 y 2008 y a no más de 50 mn de la costa los otros años, a excepción de 1999 y 2000 que estuvieron respectivamente a 74 y 61 mn de la costa, más cerca al borde exterior del área explorada (Fig. 3). Mientras que excepto un par de inviernos en 2005 y 2008 y primaveras en 2004, 2011 y 2012, esos centros de gravedad han estado fuera de las 50 mn en las dos estaciones.

Otros cruceros científicos del IMARPE con mayor cobertura longitudinal dedicados específicamente a la investigación del calamar gigante, confirman la amplia distribución de esta especie frente al Perú. Tal es el caso de los cruceros realizados con el BIC Kaiyo Maru en noviembre-diciembre 2007 y en diciembre 2011-enero 2012, que encontraron tanto adultos como juveniles y paralarvas de calamar gigante ampliamente distribuidos en toda el área explorada, desde 4 hasta 16°S, tanto en aguas jurisdiccionales peruanas como en la alta mar

Between 2001 and 2008 the jumbo flying squid occupied a larger portion of the coastal area studied during these surveys. This was most noticeable during the summer months, when it had a wider and more dispersed distribution within the explored area, with peaks in the summers of 2001, 2003, 2004 and 2005. Then, as of summer 2009, the squid distribution was reduced to fewer dispersed and very dispersed concentration areas. The summer survey in 2015 had a different coverage: narrower and fragmented latitudinally and wider in longitude, covering areas further from the coast, since the observations were focused on the two major fishing areas of the artisanal squid fishing fleet, in the north and south, up to a distance of 200 nm from the coast.

The coastal areas occupied by jumbo flying squid during winter were also highly variable, with higher values in the winters of 2000, 2001 and 2004. Since the winter of 2008 there is a predominance of lower values, suggesting that the squid had a more oceanic winter distribution, outside the coastal area studied.

During the spring months the highest values of presence of *D. gigas* in the studied area were obtained in 2001, 2002 and 2003 and, from spring 2005, it also occupied a smaller portion of the studied area, with fewer concentrations, most of them of the dispersed and very dispersed type.

The location by distance from the coast of the centers of gravity of the indices of acoustic abundance by season and year between the summer of 1999 and the summer of 2015 also shows high variability, with a more coastal general distribution during the summer. During this season the centers of gravity of the observed concentrations were as close as 14 and 18 nm from the coast in the summers of 2002 and 2008 and no more than 50 nm from the coast in the other years, with the exception of 1999 and 2000 which were respectively 74 and 61 nm from the coast, which was closer to the outer edge of the explored area (Fig. 3). While except for a couple of winters in 2005 and 2008 and springs in 2004, 2011 and 2012, those centers of gravity have been beyond the 50 nm from the coast in both seasons.

Other IMARPE scientific research cruises with greater longitudinal coverage dedicated specifically to jumbo flying squid research confirm the wide distribution of this species off Peru. Such is the case of the cruises carried out with the R/V Kaiyo Maru in November-December 2007 and December 2011-January 2012, which found adults as well as juveniles and paralarvae of this species widely distributed throughout the explored area, from 4 to 16°S, both in Peruvian jurisdictional waters and

adyacente hasta más de 330 mn de distancia de la costa (SAKAI y YAMASHIRO 2013).

Los registros de las pesquerías peruanas tanto industrial como artesanal (CSIRKE *et al.* 2015, ARGUELLES *et al.* 2017, MARIÁTEGUI *et al.* 2018) confirman la gran abundancia y amplia distribución del calamar gigante en las aguas jurisdiccionales peruanas y en la alta mar adyacente (Figs. 4, 5).

La flota potera industrial que operó en aguas peruanas y en la alta mar adyacente entre 1991 y 2011 reportó capturas de calamar gigante a lo largo de toda la costa, especialmente dentro de las 150 mn de la costa, aunque se hicieron algunas capturas a mayor distancia, hasta 450 mn. Las mejores y más frecuentes áreas de pesca se ubicaron entre 30 y 90 mn en dos áreas generales (Fig.-4), una de Huarney (10°S) al norte y otra de Callao (12°S) al sur. Durante esos años, las mejores concentraciones y los valores más altos de CPUE (más de 6 t por barco por día) de calamar gigante de la flota industrial se obtuvieron a 80 mn de la costa en verano, a 100 mn en otoño y a 130 mn en invierno y primavera. Esa flota industrial dejó de operar a partir de 2012 y desde entonces, todas las capturas de calamar gigante en aguas jurisdiccionales peruanas provienen de la flota artesanal.

La flota artesanal local comenzó a aumentar sus capturas de calamar gigante en forma sostenida desde 1999. Al principio, dada su limitada autonomía, las principales áreas de pesca de esa flota se encontraban dentro de las 40 mn y cerca de sus puertos base o lugares de desembarque, en dos áreas generales, una al norte de Bayóvar (05°50'S) y la otra al sur de Matarani (17°00'S) (Fig. 5).

Entre 1999 y 2008, la pesquería artesanal local de calamar gigante desarrolló rápidamente, con un aumento de más de seis veces en el número de embarcaciones y casi diez veces en sus capturas, que aumentaron de 56 mil t en 1999 a 533 mil t en 2008 (95,4% del total Perú). Durante los años siguientes, la distribución general de las principales áreas de pesca se extendió tanto hacia fuera como a lo largo de la costa y es así que hacia 2013, incluyó áreas al norte de Casma (09°30'S) y al sur de Atico (16°00'S) y en el 2015 y 2016 continuaron extendiéndose tanto hacia alta mar como a lo largo de la costa, aunque a un ritmo más lento que en años anteriores, abarcando áreas al norte de Supe (10°48'S), al sur de San Juan de Marcona (15°20'S), y frente al Callao (12°00'S).

Por otro lado, las capturas de flotas de otros países que operan en alta mar confirman la amplia distribución del calamar gigante en la alta mar

in the adjacent high seas up to more than 330 nm offshore (SAKAI & YAMASHIRO 2013).

Records of both industrial and artisanal Peruvian fisheries (CSIRKE *et al.* 2015, ARGUELLES *et al.* 2017, MARIÁTEGUI *et al.* 2018) confirm the high abundance and wide distribution of jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters and in the adjacent high seas (Figs. 4, 5).

The industrial jigging fleet that operated in Peruvian jurisdictional waters and the adjacent high seas between 1991 and 2011 reported catches of *D. gigas* along the entire coast, especially within 150 nm of the coast, although some catches were made over a longer distance, up to 450 nm. The best and most frequent fishing areas were located between 30 and 90 nm from the coast in two general areas (Fig. 4), one from Huarney (10°S) to the north and the other from Callao (12°S) to the south. During those years, the best concentrations and the highest CPUE values (more than 6 t per vessel per day) of jumbo flying squid from the industrial fleet were obtained at 80 nm from the coast in summer, 100 nm in autumn and 130 nm in winter and spring. This industrial fleet ceased to operate as of 2012 and since then, all catches of this species in Peruvian jurisdictional waters have been taken by the artisanal fleet.

The local artisanal fleet began to steadily increase its catches of jumbo flying squid since 1999. At first, given their limited autonomy, the main fishing areas of this fleet were within 40 nm and close to their base ports or landing sites, in two general areas, one north of Bayovar (05°50'S) and the other south of Matarani (17°00'S) (Fig. 5).

Between 1999 and 2008, the local artisanal fishery for jumbo flying squid developed rapidly, with an increase of more than six times in the number of vessels and almost ten times in their catches, which increased from 56,000 t in 1999 to 533,000 t in 2008 (95.4% of the total for Peru). During the following years, the general distribution of the main fishing areas was extended both outwards and along the coast, and so it was that by 2013 it included areas north of Casma (09°30'S) and south of Atico (16°00'S), and in 2015 and 2016 continued to extend both offshore and along the coast, although at a slower rate than in previous years, covering areas north of Supe (10°48'S), south of San Juan de Marcona (15°20'S), and off Callao (12°00'S).

On the other hand, the catches of fleets of other countries operating on the high seas confirm the wide



adyacente a las aguas peruanas, como lo muestran las imágenes satelitales de la distribución de las diversas flotas que operaron frente al Perú observadas entre 2004 y 2015 por PAULINO *et al.* (2017) y lo confirman las capturas realizadas durante el 2016 por la flota de China que opera en alta mar frente al Perú (Fig. 6) que, en esa zona captura calamar gigante desde 201 hasta 500 mn de distancia de la costa, con algunas capturas hasta las 900 mn. Se observa también cierta variabilidad estacional en la distribución latitudinal de las áreas de pesca de esa flota en alta mar, donde los índices de abundancia y los rendimientos tienden a ser más bajos que en las aguas jurisdiccionales peruanas.

distribution of jumbo flying squid in the high seas adjacent to Peruvian jurisdictional waters, as shown by satellite images of the distribution of the various fleets operating off Peru observed between 2004 and 2015 by PAULINO *et al.* (2017) and is confirmed by the catches made during 2016 by the Chinese fleet operating on the high seas off Peru (Fig. 6), which catches jumbo flying squid from 201 to 500 nm off the coast in this area, with some catches up to 900 nm. Some seasonal variability is also observed in the latitudinal distribution of the fishing areas of this fleet on the high seas, where indices of abundance and yields tend to be lower than in Peruvian jurisdictional waters.

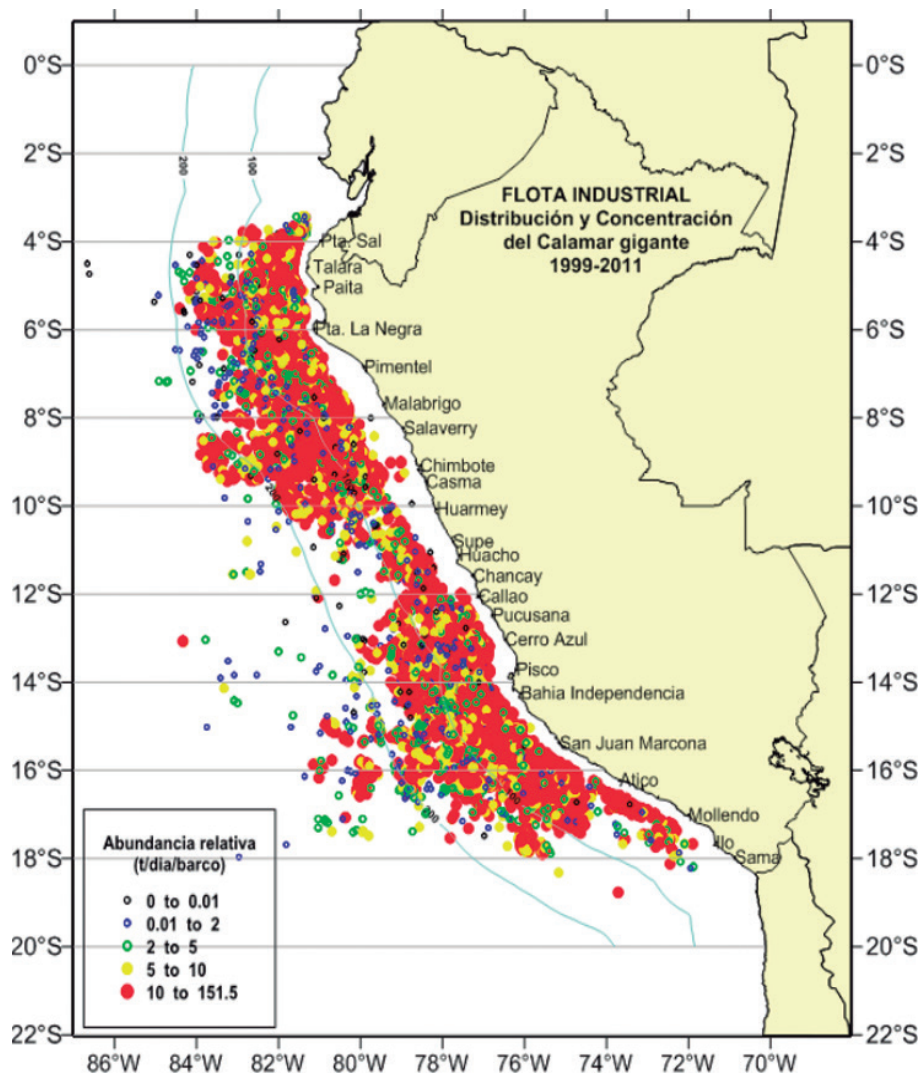


Figura 4.- Distribución general e índices de CPUE (t por barco-día) de los principales lugares de pesca de calamar gigante (*D. gigas*) de la flota potera industrial que operó frente a Perú entre 1999 y 2011 (ARGUELLES *et al.* 2017)

Figure 4. General distribution and CPUE index (t per vessel-day) of the main fishing sites of jumbo flying squid (*D. gigas*) by the industrial jigger fleet that operated off Peru between 1999 and 2011 (ARGUELLES *et al.* 2017)

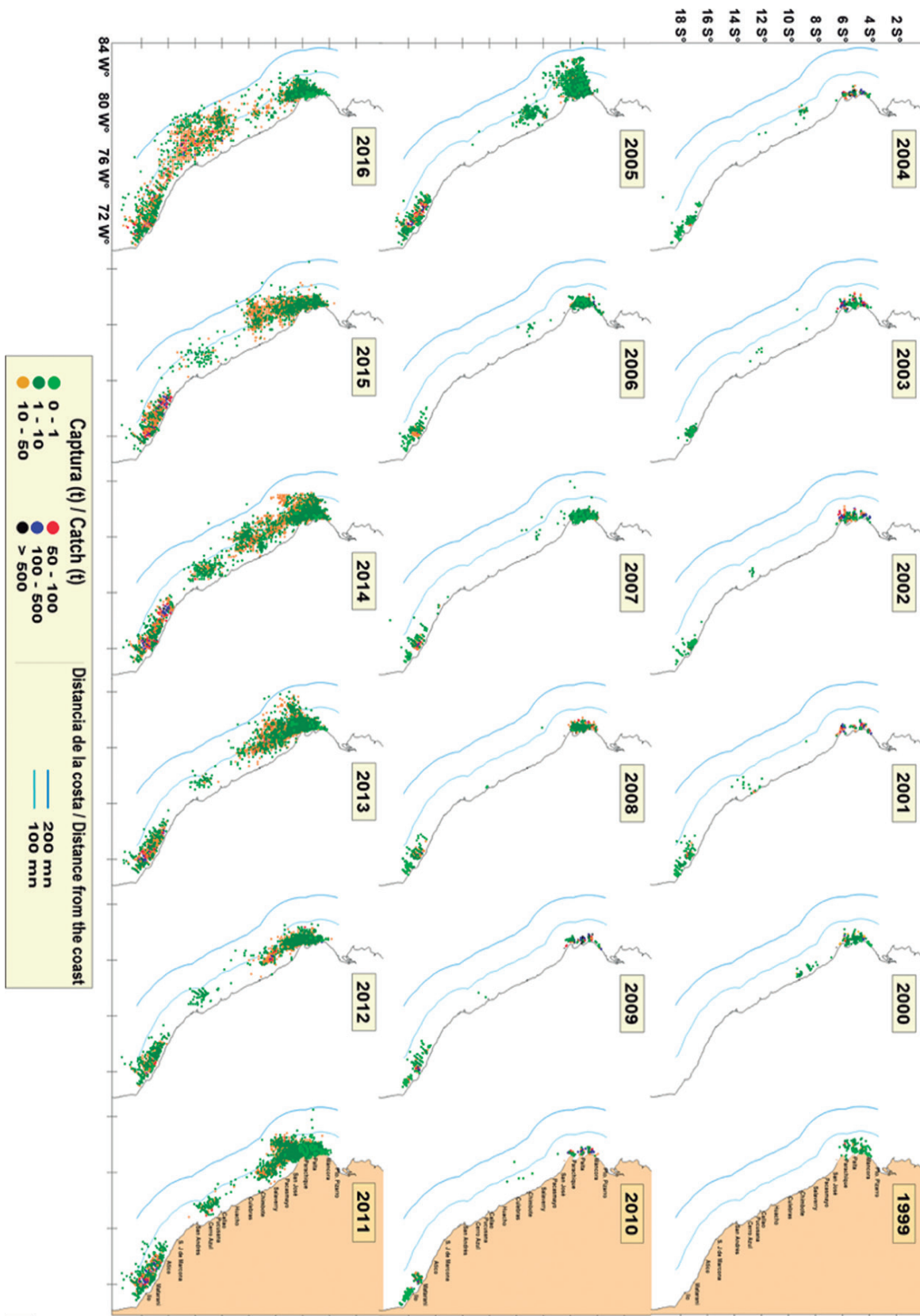


Figura 5.- Distribución geográfica de las áreas de pesca de calamar gigante (*D. gigas*) de la flota artesanal peruana anual, 1999 a 2016

Figure 5. Geographical distributions of the fishing grounds of jumbo flying squid (*D. gigas*) by the Peruvian artisanal fleet, by year, 1999 to 2016

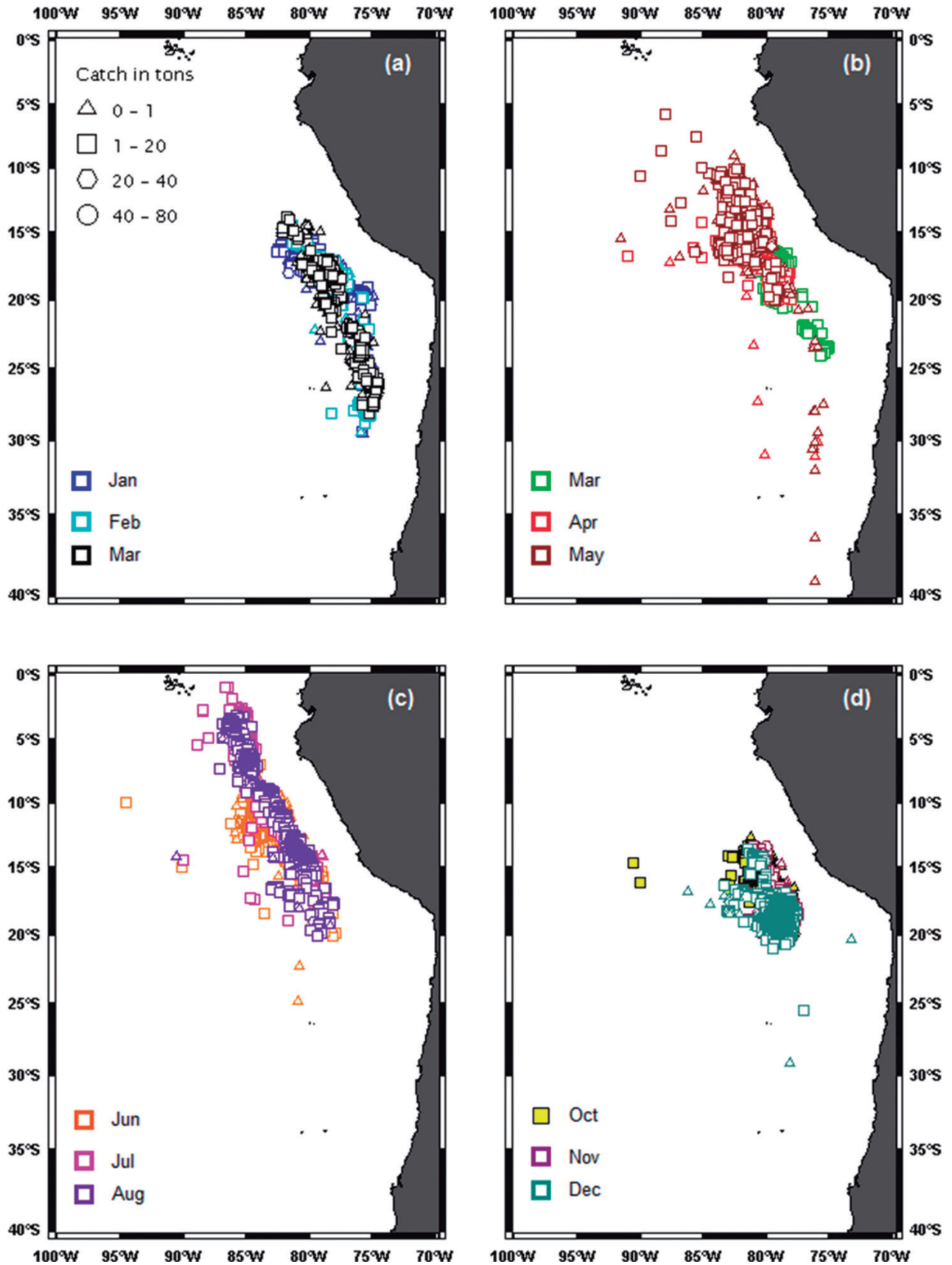


Figura 6.- Distribución geográfica estacional y mensual de las áreas de pesca de calamar gigante (*D. gigas*) de la flota de China durante el año 2016 (Li et al. 2017)

Figure 6. Seasonal and monthly geographical distribution of the jumbo flying squid (*D. gigas*) fishing areas of the Chinese fleet during 2016 (Li et al. 2017)

#### 4. MIGRACIONES

Las migraciones del calamar gigante pueden ser pasivas, como cuando los huevos, paralarvas y juveniles y algunas veces los adultos son transportados por las corrientes marinas, o activas cuando juveniles y adultos se desplazan por sus propios medios. Y esta especie es conocida por emprender amplias migraciones activas verticales y horizontales asociadas con sus hábitos alimenticios y reproductivos. Las migraciones verticales pueden abarcar desde la superficie hasta más de 800 m de profundidad y más en un ciclo diario (pudiendo superar los 1200 m de profundidad), mientras que se han registrado migraciones longitudinales (entre áreas costeras y oceánicas) y latitudinales a más largo plazo de varios cientos de millas, habiéndose registrado desplazamientos horizontales de hasta 100 mn en 7 días (GILLY *et al.* 2006), que equivale a una velocidad promedio de 1,1 km/h. Mientras que para desplazamientos de distancias y duración más breves se han registrado velocidades de 5 y hasta 25 km/h (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001).

En el sistema norte de la Corriente de Perú se ha observado que el calamar gigante migra diariamente desde la superficie durante la noche hacia profundidades de 250 a 800 m y más durante el día, desplazándose a través de una amplia gradiente de temperaturas, salinidades y oxígeno disuelto mientras se alimenta de una variedad de especies mesopelágicas que también migran y se concentran cerca de la superficie durante la noche.

La amplitud de esta migración vertical diaria del calamar gigante ha sido registrada frente al Perú durante dos cruceros de investigación científica del IMARPE: el Crucero BIC José Olaya Balandra 0007-08 en el invierno del año 2000 y el Crucero BIC Kaiyo Maru 2011-2012 a principios del verano del 2012. Durante el primero de los nombrados, se realizó un perfil acústico e hidrográfico que recorrió desde 10 hasta 90 mn de distancia de la costa frente a Punta Sal (04°00'S) manteniendo un registro continuo de los trazos eco-acústicos y de la temperatura y salinidad del mar desde la superficie hasta 700 m de profundidad durante más de 11 horas (IMARPE 2000, 2000a). En ese perfil (Fig. 7) se registraron eco-trazos significativos de calamar gigante desde 20 hasta 650 m de profundidad en un rango de temperaturas de 7 a 21 °C y salinidades de 34,2 a 35,1 ups. El calamar se concentró entre 550 y 650 m de profundidad durante el día (en horas de la tarde, a 70-90 mn) en masas de agua con temperaturas de 7,0 °C y salinidades entre 34,20 y 34,45 ups. Luego, alrededor de la puesta del sol (entre 18:00 y 20:00 horas y a 60-75 mn de la costa) las agrupaciones de pota se concentraron en profundidades intermedias, ascendiendo de 600 a 120 metros de profundidad, pasando de temperaturas de

#### 4. MIGRATIONS

Jumbo flying squid migrations can be passive, such as when eggs, paralarvae and juveniles, and sometimes adults are transported by marine currents, or active when juveniles and adults move on their own. And this species is known to undertake extensive vertical and horizontal active migrations associated with its feeding and reproductive habits. Vertical migrations can range from the surface to more than 800 m of depth and more in a daily cycle (being able to exceed 1200 m of depth), while longitudinal (between coastal and oceanic areas) and longer-term latitudinal migrations of several hundred miles have been recorded, with horizontal movements of up to 100 nm in 7 days (GILLY *et al.* 2006), equivalent to an average speed of 1.1 km/h. While for shorter distances and durations, speeds of 5 and up to 25 km/h have been recorded (NESIS 1983, NIGMATULLIN *et al.* 2001).

In the northern Peruvian Current system, the jumbo flying squid has been observed to migrate daily from the surface during the night to depths of 250 to 800 m and more during the day, moving through a wide gradient of temperatures, salinity and dissolved oxygen while feeding on a variety of mesopelagic species that also migrate and concentrate near the surface during the night.

The extent of this daily vertical migration of the jumbo flying squid has been recorded off Peru during two IMARPE scientific research cruises: the R/V José Olaya Balandra 0007-08 in the winter of 2000 and the R/V Kaiyo Maru 2011-2012 in early summer 2012. During the first one, an acoustic and hydrographic profile was carried out along a transect from 10 to 90 nm from the coast off Punta Sal (04°00'S), keeping a continuous record of the echo-acoustic traces and of the sea temperature and salinity from the surface to 700 m of depth for more than 11 hours (IMARPE 2000, 2000a). In this profile (Fig. 7) significant eco-traces of jumbo flying squid were recorded, from 20 to 650 m of depth, in a temperature range of 7 to 21 °C and salinity of 34.2 to 35.1 ups. Squids were concentrated between 550 and 650 m deep during the day (in the afternoon, at 70-90 nm from the coast) in water masses with temperatures of 7.0 °C and salinity between 34.20 and 34.45 ups. Then, around sunset (between 18:00 and 20:00 hours and at 60-75 nm from the coast) the aggregations of squid concentrated in intermediate depths, rising from 600 to 120 meters deep, going from temperatures of 7.0 to 14.5 °C and salinities

7,0 a 14,5 °C y salinidades de 34,2 a 34,8 ups. Durante las horas nocturnas (19:00 a 03:00 horas, a 15-65 mn de distancia de la costa) sus concentraciones se encontraron por encima de 120 m de profundidad en masas de agua con temperaturas entre 15,0 °C y 21,0 °C y salinidades entre 34,8 y 35,1 ups.

of 34.2 to 34.8 ups. During the nighttime hours (19:00 to 03:00 hours, 15-65 nm from the coast), their concentrations were found above 120 m of depth in water masses with temperatures between 15.0 °C and 21.0 °C and salinity between 34.8 and 35.1 ups.

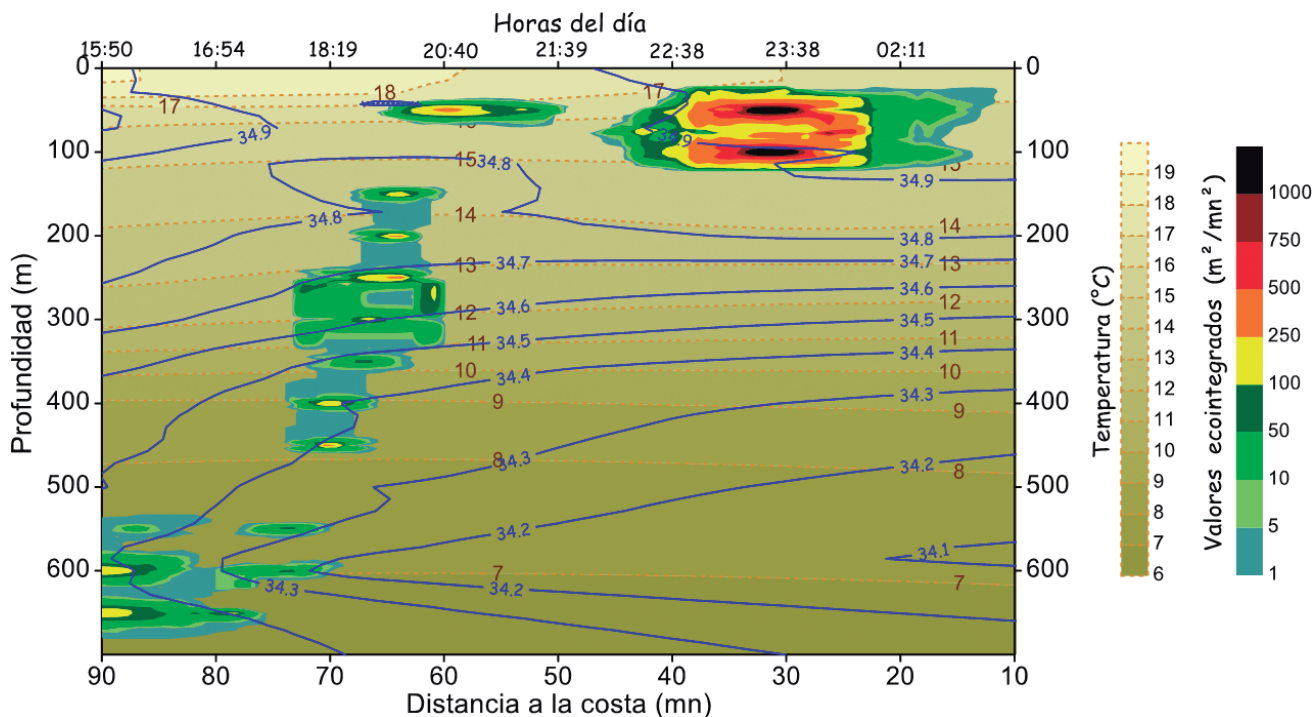


Figura 7.- Perfil acústico e hidrográfico frente a Punta Sal (04°00'S) observado durante el crucero de investigación BIC Olaya 0007-08 (invierno del año 2000) donde se muestran los valores ecoinTEGRADOS (m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) de la abundancia y distribución vertical de calamar gigante (*D. gigas*) en relación con las horas del día y las isotermas (°C) e isohalinas, entre las 10 y 90 mn de distancia de la costa, los 0 y 700 m profundidad y las 15:50 y 03:30 horas del día (IMARPE 2000, 2000a)

Figure 7. Acoustic and hydrographic profile off Punta Sal (04°00'S) observed during the research survey R/V Olaya (winter of 2000) showing the ecoinTEGRATED values (m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) of the vertical distribution and abundance of jumbo flying squid (*D. gigas*) in relation to the time of day and the isotherms (°C) and isohalines at distances from 10 to 90 nm from the coast, depths between 0 and 700 m and time of day from 15:50 to 03:30 hours (IMARPE 2000, 2000a)

Durante el Crucero BIC Kaiyo Maru 2011-2012 de inicios del verano 2012, se realizó un experimento de marcación con transmisores acústicos y seguimiento por telemetría, registrándose, por alrededor de 48 horas, los desplazamientos horizontales y verticales de un calamar hembra de 48,5 cm de longitud del manto (LM) liberado a unas 270 mn de distancia de la costa frente a Huarmey (10°00'S) (SAKAI y YAMASHIRO 2013). Durante ese experimento se verificó que el calamar marcado migró desde la superficie durante la noche a profundidades de hasta 899 y 888 m durante el día (Fig. 8), registrando desplazamientos horizontales que sumaron 70,9 mn durante las 48 horas que duró el experimento, lo que correspondería a una velocidad promedio de 45 m por minuto, equivalente a 2,7 km/h, y desplazamientos verticales con velocidades ascendentes y descendentes de 6,5 y 4,9 m por minuto, respectivamente.

During the R/V Kaiyo Maru 2011-2012 cruise in early summer 2012, a tagging experiment was conducted with acoustic transmitters and telemetry tracking, recording, for about 48 hours, the horizontal and vertical movements of a 48.5 cm mantle length (ML) female squid released about 270 nm from the coast off Huarmey (10°00'S) (SAKAI & YAMASHIRO 2013). During this experiment, it was verified that the tagged squid migrated from the surface at night to maximum depths of 899 and 888 m during the day (Fig. 8), recording horizontal displacements of 70.9 nm during the 48 hours of the experiment, which would correspond to an average speed of 45 m per minute, equivalent to 2.7 km/h, and vertical displacements with ascending and descending velocities of 6.5 and 4.9 m per minute respectively.

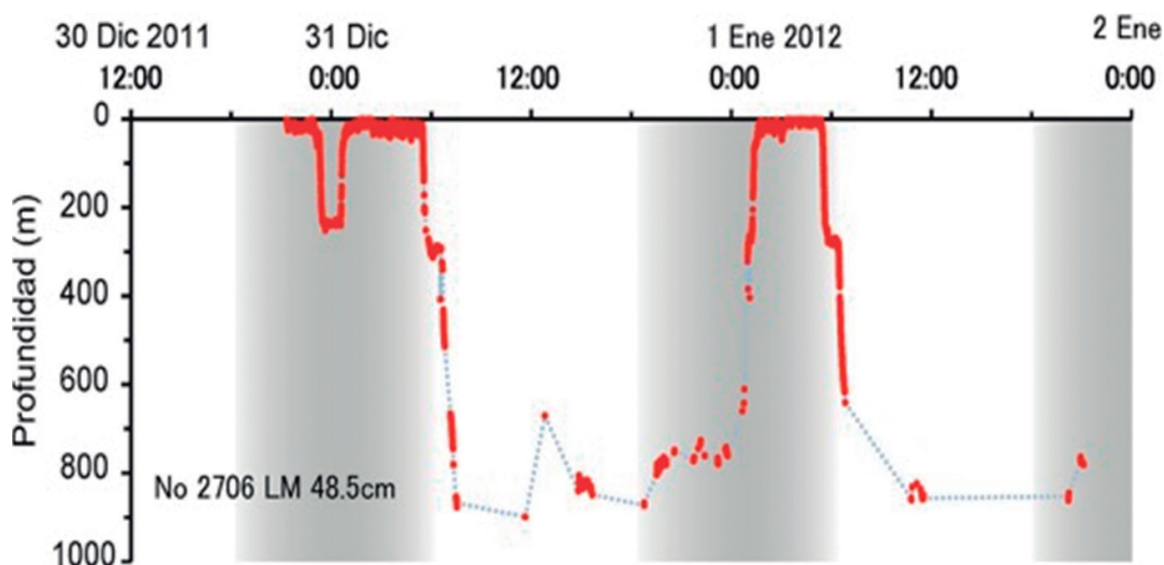


Figura 8.- Migración vertical de un calamar gigante (*D. gigas* hembra) observada durante un experimento de marcación y telemetría realizado del 30 de diciembre 2011 al 2 de enero 2012 a aproximadamente 270 mn de la costa frente a Huarmey (10°00'S) durante el crucero de investigación BIC Kaiyo Maru 2011-2012, realizado a lo largo de la costa peruana entre el 16 de diciembre 2011 y el 19 de enero de 2012 (SAKAI Y YAMASHIRO 2013)

Figure 8. Vertical migration of a female jumbo flying squid (*D. gigas*) observed during a tagging and telemetry experiment conducted from 30 December 2011 to 2 January 2012 at approximately 270 nm from the coast off Huarmey (10°00'S) during the research survey R/V Kaiyo Maru 2011-2012, conducted along the Peruvian coast from 16 December 2011 to 19 January 2012 (SAKAI & YAMASHIRO 2013)

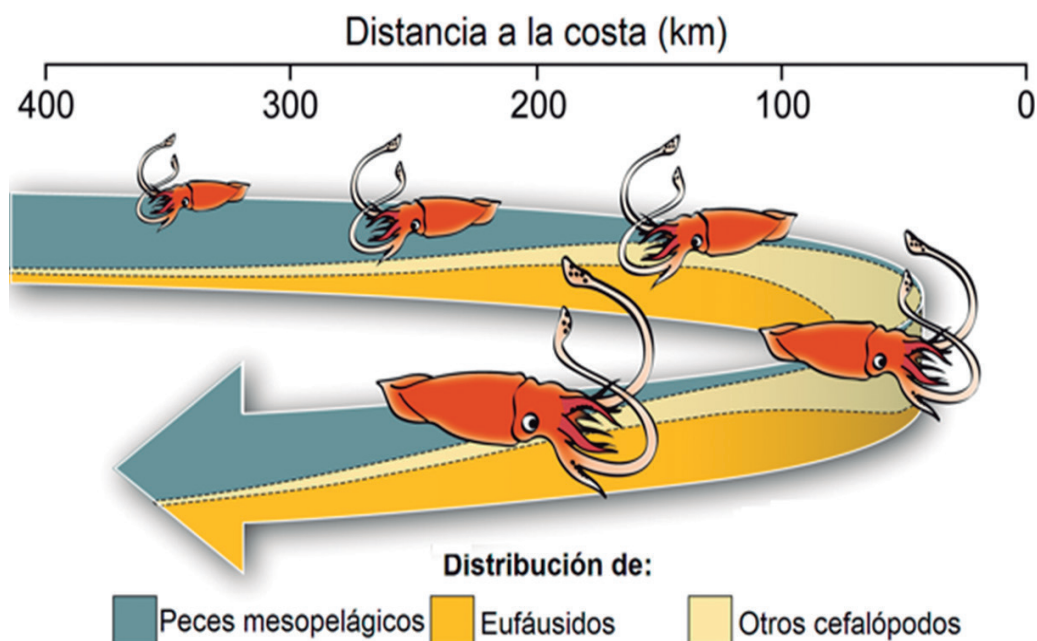


Figura 9.- Modelo conceptual de la distribución y migración oceánico-costera del calamar gigante (*D. gigas*) a lo largo de su ciclo ontogenético en relación con la distribución y abundancia proporcional de sus principales grupos de presas (peces mesopelágicos, eufáusidos y otros cefalópodos) (ALEGRE *et al.* 2014)

Figure 9. Conceptual model of the inshore-offshore distribution and migration of jumbo flying squid (*D. gigas*) along its ontogenetic cycle in relation to the distribution and proportional abundance of its main prey groups (mesopelagic fishes, euphausiids and other cephalopods) (ALEGRE *et al.* 2014)

Las mayores migraciones horizontales de alimentación del calamar gigante en aguas peruanas suelen observarse sobre todo durante verano y otoño, mientras que las migraciones reproductivas a fines del invierno y en primavera, con calamares que forman agregaciones grandes y densas que, como señalan NESIS (1983) y NIGMATULLIN *et al.* (2001), se pueden mover a velocidades de 5 a 25 km/h. Sin embargo, se ha podido determinar que la distancia de estas migraciones horizontales puede variar mucho entre individuos de la misma cohorte, lo que podría reflejar la alta plasticidad de la especie para adaptarse a condiciones ambientales cambiantes (LORRAIN *et al.* 2011).

Aunque se le describe como una especie migratoria, mediante el análisis de isótopos de carbono en el borde dorsal anterior del manto ARGÜELLES *et al.* (2012) mostraron que frente al Perú, el calamar gigante se suele comportar por breves períodos de tiempo como una especie residente, permaneciendo por varias semanas en algunas áreas de alimentación, probablemente mientras el suministro de presas se mantiene alto. Sin embargo, también confirmaron que a lo largo de su vida, realiza amplias migraciones ontogénicas de la zona oceánica hacia la zona costera y viceversa, con los juveniles más jóvenes que se distribuyen principalmente en aguas oceánicas entre 200 y 400 m de la costa, desde donde migran hacia la zona costera y, a medida que maduran sexualmente, regresan mar adentro, hacia la parte exterior del borde de la plataforma y el talud continental, como se representa esquemáticamente también en relación con sus presas más frecuentes en la figura 9.

## 5. ECOLOGÍA TRÓFICA

El calamar gigante juega un papel importante en el ecosistema marino peruano como presa y como depredador. Como presa representa un componente importante en la dieta de los cachalotes en el Pacífico sudoriental (VINATEA 1965, CLARKE *et al.* 1998), similar al papel que desempeña en el Pacífico nororiental (RUIZ-COOLEY *et al.* 2004). Como depredador tiene un amplio espectro alimentario (SHCHETINNIKOV 1989, NIGMATULLIN *et al.* 2001) que incluye invertebrados del macro-zooplankton, peces y cefalópodos, con predominio de macro-zooplankton y peces pequeños en la dieta de juveniles y predominio de peces y cefalópodos en la dieta de adultos. Los estudios del IMARPE realizados entre 2004 y 2011 por ALEGRE *et al.* (2014), que se han ampliado hasta 2017 para este artículo, confirman que el calamar gigante en el sistema norte de la Corriente de Perú consume altos porcentajes en peso de peces mesopelágicos, como *Vinciguerria lucetia*, *Lampanyctus* spp., *Myctophum nitidulum*, *M. aurolaternatum* y *Diogenichthys*

The largest horizontal feeding migrations of jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters are mostly observed during summer and autumn, while breeding migrations are observed in late winter and spring, with squid forming large, dense aggregations that, as noted by NESIS (1983) and NIGMATULLIN *et al.* (2001), can move at speeds from 5 to 25 km/h. However, it has been determined that the distance of these horizontal migrations can vary greatly between individuals of the same cohort, which could reflect the high plasticity of the species to adapt to changing environmental conditions (LORRAIN *et al.* 2011).

Although it is described as a migratory species, through the analysis of carbon isotopes in the anterior dorsal edge of the mantle, ARGÜELLES *et al.* (2012) showed that, in Peru, jumbo flying squid usually behave for brief periods of time as a resident species, remaining for several weeks in some feeding areas, probably while the supply of prey remains high. But they also confirmed that throughout their lives, they make extensive ontogenetic migrations from the oceanic zone to the coastal zone and vice versa, with younger juveniles distributed mainly in oceanic waters between 200 and 400 m from the coast, from where they migrate to the coastal zone, and, as they mature sexually, they return to the deep sea, to the outer edge of the shelf and the continental slope, as shown schematically also in relation to their most frequent preys in Figure 9.

## 5. TROPHIC ECOLOGY

The jumbo flying squid plays an important role in the Peruvian marine ecosystem as prey and as predator. As prey, it represents an important component in the diet of sperm whales in the Southeastern Pacific (VINATEA 1965, CLARKE *et al.* 1998), similar to its role in the Northeastern Pacific (RUIZ-COOLEY *et al.* 2004). As a predator, it has a wide food spectrum (SHCHETINNIKOV 1989, NIGMATULLIN *et al.* 2001) that includes macro-zooplankton invertebrates, fish and cephalopods, with a predominance of macro-zooplankton and small fish in the diet of juveniles and a predominance of fish and cephalopods in the diet of adults. IMARPE studies conducted between 2004 and 2011 by ALEGRE *et al.* (2014), which have been extended to 2017 for this article, confirm that jumbo flying squid in the northern Peruvian Current system consume high percentages by weight of mesopelagic fish, such as *Vinciguerria lucetia*, *Lampanyctus* spp., *Myctophum nitidulum*, *M. aurolaternatum* and *Diogenichthys laternatus*, as well as cephalopods, including their own species (cannibalism), the squid *Abrialopsis*

*laternatus*; así como cefalópodos, incluyendo a su propia especie (canibalismo), el calamar *Abraliopsis affinis*, el nautilus *Argonauta* spp., varias especies de *Loliginidae* y, otros invertebrados, como eufáusidos y la múnida *Pleuroncodes monodon* (Fig. 10). Estudios similares para el Pacífico nororiental (MARKAIDA y SOSA-NISHIZAKI 2003, MARKAIDA 2006) muestran similitudes con la dieta del calamar gigante en el Pacífico sudoriental, con cierto predominio de peces mesopelágicos en el Pacífico sudoriental.

Los estudios del IMARPE muestran que en el período 2004-2017, de un total de 67 grupos de presas identificadas, las de mayor porcentaje promedio en peso para todo el período fueron los cefalópodos con 42,33%, incluyendo a sus congéneres (14,50%), peces mesopelágicos con 25,43%, entre los cuales destacan *Vinciguerria lucetia* (13,05%) y los Myctophidae *Lampanyctus* sp. (4,63%), *Myctophum* spp. (2,46%) y otros Myctophidae (5,29%). Otros componentes importantes de la dieta del calamar gigante son la múnida (*Pleuroncodes monodon*) y los Euphausiidae, que en promedio representaron respectivamente el 5,04% y 4,39% en peso del contenido estomacal.

*affinis*, the nautilus *Argonauta* spp., several species of *Loliginidae*, and other invertebrates such as euphausiidae and the squat lobster *Pleuroncodes monodon* (Fig.—10). Similar studies for the Northeastern Pacific (MARKAIDA & SOSA-NISHIZAKI 2003, MARKAIDA 2006) show similarities with the diet of the jumbo flying squid in the Southeastern Pacific, with some predominance of mesopelagic fish in the Southeastern Pacific.

IMARPE studies show that in the period 2004-2017, of a total of 67 groups of identified prey, the highest average percentage by weight for the entire period were cephalopods with 42.33%, including their congeners (14.50%), and mesopelagic fish with 25.43%, among which were *Vinciguerria lucetia* (13.05%) and the Myctophidae *Lampanyctus* sp. (4.63%), *Myctophum* spp. (2.46%) and other Myctophidae (5.29%). Other important components of the diet of the jumbo flying squid are the squat lobster (*Pleuroncodes monodon*) and the Euphausiidae, which on average represented 5.04% and 4.39% respectively by weight of stomach contents.

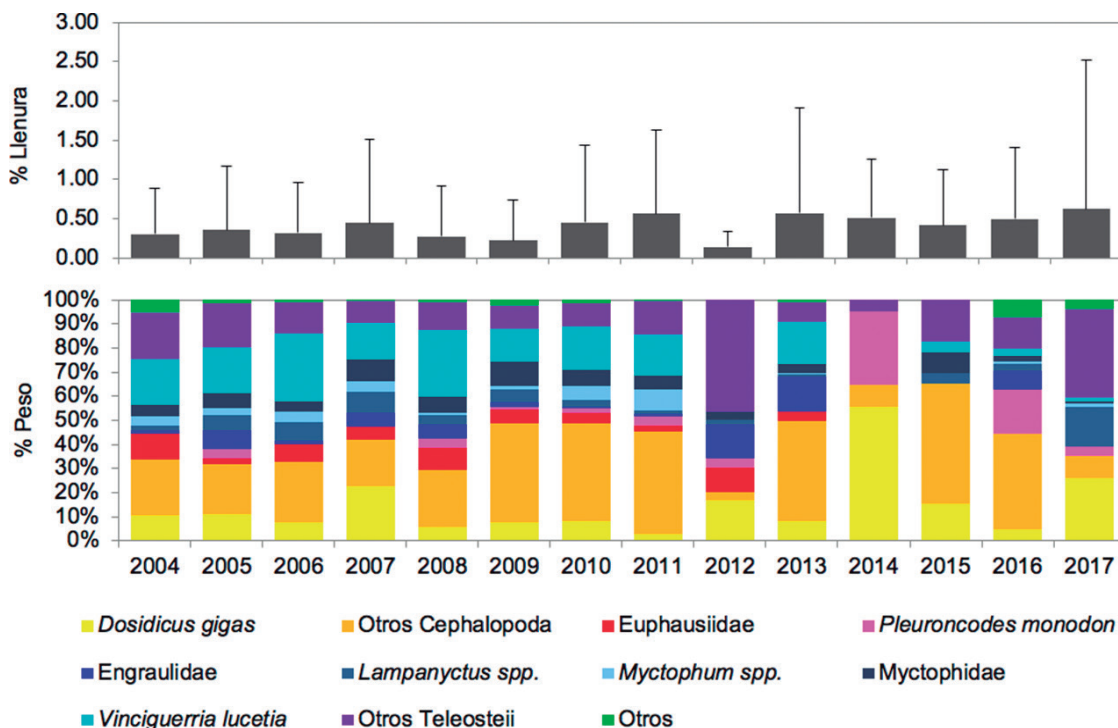


Figura 10.- Grado de llenura y peso porcentual por años de las principales presas en el contenido estomacal del calamar gigante (*D. gigas*) capturado frente a las costas del Perú entre 2004 y 2017

Figure 10. Degree of fullness and percentage weight by year of the main prey in the stomach contents of jumbo flying squid (*D. gigas*) captured off the Peruvian coast between 2004 and 2017



Las especies de interés comercial como anchoveta (*E. ringens*) y merluza *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848) se encontraron como presas con porcentajes bajos en peso (con promedios para todo el período del 4,44% y 0,20% respectivamente). La baja incidencia de estas especies frente a Perú, contrasta con el alto consumo de merluza (*M. gayi*) en aguas del centro-sur de Chile observado por ULLOA *et al.* (2006), que según IBÁÑEZ *et al.* (2008) podría deberse a un sesgo metodológico causado por el tipo de arte de pesca utilizado. En efecto, las observaciones de ULLOA *et al.* (2006) se hicieron sobre calamares capturados durante pescas con red de arrastre dirigidas a la captura de merluza y se ha observado que en áreas donde estas especies coexisten suele encontrarse una incidencia anormalmente alta de merluza en el contenido estomacal del calamar gigante cuando las muestras provienen de esas capturas, o de anchoveta si las muestras provienen de las capturas realizadas durante la pesquería de anchoveta con red de cerco. Ello debido a la agresividad y voracidad que caracteriza al calamar gigante, que en lugar de huir lo lleva a atacar e ingerir cualquier otro animal que se encuentre en alta concentración dentro o en proximidad del aparejo de pesca con el que ellos mismos terminan siendo capturados.

Las muestras de calamar gigante examinadas como parte del estudio de IMARPE en ALEGRE *et al.* (2014) provinieron todas de capturas realizadas con poteras durante la pesquería de la flota potera industrial que operó en el Perú entre 2004 y 2011 y, a partir de 2012 los estómagos analizados procedieron de ejemplares capturados con poteras manuales por la flota artesanal y muestreados como parte del monitoreo de esta pesquería que realiza el IMARPE. Al usar muestras tomadas de capturas hechas con poteras, se evitó la primera fuente de sesgo descrita por IBÁÑEZ *et al.* (2008). Además, con el fin de estimar adecuadamente el canibalismo, en los estudios del IMARPE se descartaron los calamares frescos del contenido estomacal de los calamares examinados, ya que este consumo reciente habría sido influenciado por el efecto de atracción y concentración del método de captura o muestreo utilizado, consistente en poteras con luces empleadas precisamente para atraer y concentrar el calamar.

ALEGRE *et al.* (2014) encontraron que la composición en peso de la dieta del calamar gigante capturado por la flota potera industrial entre 2004 y 2011 varió con la talla de los ejemplares capturados, observándose mayor consumo de cefalópodos a tallas mayores. Los cefalópodos en general (incluyendo el calamar gigante) representaron el 24,3% en peso de la dieta de los calamares gigantes más pequeños (LM < 40 cm), mientras que en los más grandes (LM > 80 cm) aumentó al 43,2%. El porcentaje de Euphausiidae también presentó cambios significativos con el tamaño del calamar gigante, ya que representó el

Species of commercial interest, such as anchoveta (*E. ringens*) and South Pacific hake *Merluccius gayi* (Guichenot, 1848), were found to be prey with low percentages by weight (averages over the entire period of 4.44% and 0.20% respectively). The low incidence of these species off Peru contrasts with the high consumption of South Pacific hake (*M. gayi*) in waters of central-southern Chile observed by ULLOA *et al.* (2006), which, according to IBÁÑEZ *et al.* (2008), could be due to a methodological bias caused by the type of fishing gear used. In fact, observations by ULLOA *et al.* (2006) were made on squid caught during trawl fisheries targeting South Pacific hake and it has been observed that in areas where these species coexist there is often an abnormally high incidence of *M. gayi* in the stomach contents of jumbo flying squid when the samples are taken from these catches, or of anchoveta if the samples are taken from catches taken during the anchoveta purse-seine fishery. This is due to the aggressiveness and voracity that characterizes the jumbo flying squid, which instead of trying to escape leads it to attack and ingest any other animal that is in high concentration in or near the fishing gear with which they themselves end up being caught.

The samples of jumbo flying squid examined as part of the IMARPE study in ALEGRE *et al.* (2014) all came from catches made with jiggers during the fishery of the industrial jigging fleet that operated in Peru between 2004 and 2011 and, from 2012 onwards, the stomachs analyzed came from specimens caught with manual jiggers by the artisanal fleet and sampled as part of the IMARPE monitoring of this fishery. By using samples taken from catches made with jiggers, the first source of bias described by IBÁÑEZ *et al.* (2008) was avoided. In addition, in order to adequately estimate cannibalism, IMARPE studies discarded fresh squid from the stomach contents of the squid examined, as this recent consumption would have been influenced by the attraction and concentration effect of the capture or sampling method used, consisting of jiggers with lights used precisely to attract and concentrate the squid.

ALEGRE *et al.* (2014) found that the diet composition by weight of the jumbo flying squid caught by the industrial jigging fleet between 2004 and 2011 varied with the size of the squid caught, with higher consumption of cephalopods at larger sizes. Cephalopods in general (including jumbo flying squid) accounted for 24.3% by weight of the diet of the smallest specimens (ML < 40 cm), while in the larger ones (ML > 80 cm) it increased to 43.2%. The percentage of Euphausiidae also showed significant changes with the size of the jumbo flying squid, as it represented 6.0% of the consumption by weight in smaller specimens (ML < 40 cm), decreased to 3.5% in slightly larger specimens (ML between

6,0% del consumo en peso en calamares gigantes más pequeños (LM < 40 cm), se redujo a 3,5% en ejemplares un poco más grandes (LM entre 40 y 60 cm) aumentó a 8,4% en calamares gigantes con LM entre 60 y 80 cm y alcanzó el 12,4% en calamares gigantes con LM mayor de 80 cm. Por otro lado, con el aumento en el tamaño del manto (de menos de 40 cm a más de 80 cm) se observó una notoria disminución en el consumo de *V. lucetia* (de 21,0% a 5,6%) y de *Myctophum* spp. (de 7,2% a 1,3%), mientras que el canibalismo aumentó (de 3,7% a 13,5%). No se encontró una clara tendencia estacional en la composición en peso de la dieta del calamar gigante, excepto por el aumento significativo (a 32%) en el consumo de *V. lucetia* y la disminución de Cephalopoda (a 26%), Euphausiidae (a 2,8%) y Teleostei (a 9,3%) en primavera, mientras que en verano el consumo de Euphausiidae llegó a su máximo (10%), *V. lucetia* a su nivel más bajo (13,7%) y la presencia de anchoveta (*E. ringens*) fue muy escasa (0,4%).

Durante el año 2016, que se caracterizó por la presencia de un evento El Niño, la composición de las presas en la dieta del calamar gigante presentó variaciones estacionales sobre todo en la zona norte, encontrándose que destacaron *V. lucetia*, otros cefalópodos y la múnida *P. monodon* en otoño; otros cefalópodos y mictófididos en invierno y la múnida *P. monodon*, cefalópodos y engráulidos (*Cetengraulis mysticetus* (Günther)) en primavera. En el sur, la dieta estuvo compuesta principalmente por múnida *P. monodon* y otros cefalópodos en otoño; cefalópodos de la familia Chiroteuthidae, *P. monodon* y *Argonauta* spp. en invierno. Cabe destacar que durante el verano 2017, en la zona norte, la dieta del calamar gigante se caracterizó por el alto grado de canibalismo (P= 70%), además del consumo de peces indeterminados y mictófididos (CISNEROS y TAFUR 2017).

ALEGRE *et al.* (2014) también dan cuenta que la composición de la dieta del calamar gigante varió significativamente con la distancia del borde de la plataforma continental, con una ligera disminución en el consumo de Euphausiidae y una más marcada disminución en el porcentaje en peso de otros Cephalopoda, que disminuyó del 36,3% dentro de los 50 km a 26,8% a distancias mayores de 130 km, mientras que el consumo de *V. lucetia* aumentó de 13,8% dentro de los 50 km a 24,2% más allá de 130 km. La composición de la dieta también varió con las anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM), con un aumento en el consumo porcentual de *V. lucetia* (del 15,0% al 28,6%) en ATSM negativas intermedias (-1,49 a -0,50°C) y una disminución en el canibalismo (de 11,0% a 6,6%) al pasar de valores negativos a valores positivos de la ATSM.

Con base en estas observaciones ALEGRE *et al.* (2014) describen hipotéticamente la distribución general y la migración trófica ontogenética del calamar gigante mediante el modelo conceptual gráfico simplificado

40 and 60 cm), increased to 8.4% in jumbo flying squids with ML between 60 and 80 cm and reached 12.4% in squids with ML greater than 80 cm. On the other hand, with the increase in the mantle size (from less than 40 cm to more than 80 cm), there was a notable decrease in the consumption of *V. lucetia* (from 21.0% to 5.6%) and *Myctophum* spp. (from 7.2% to 1.3%), while cannibalism increased (from 3.7% to 13.5%). There was no clear seasonal trend in the dietary composition of jumbo flying squid by weight, except for the significant increase in the consumption (to 32%) of *V. lucetia* and the decrease in Cephalopoda (to 26%), Euphausiidae (to 2.8%) and Teleostei (to 9.3%) in spring, while in summer consumption of Euphausiidae peaked (10%), *V. lucetia* was at its lowest level (13.7%) and the presence of anchoveta (*E. ringens*) was very low (0.4%).

During the year 2016, which was characterized by the presence of an El Niño event, the prey composition in the diet of the jumbo flying squid presented seasonal variations, especially in the northern zone, the most noticeable being *V. lucetia*, other cephalopods and the squat lobster *P. monodon* in autumn; other cephalopods and myctophids in winter and the squat lobster *P. monodon*, cephalopods and Engraulidae (*Cetengraulis mysticetus* (Günther)) in spring. In the south, the diet consisted mainly of squat lobster *P. monodon* and other cephalopods in autumn, and cephalopods of the Chiroteuthidae family, *P. monodon* and *Argonauta* spp. in winter. It should be noted that during the summer 2017, in the northern area, the diet of the jumbo flying squid was characterized by the high degree of cannibalism (P = 70%), in addition to the consumption of undetermined fish and myctophids (CISNEROS & TAFUR 2017).

ALEGRE *et al.* (2014) also report that the diet composition of jumbo flying squid varied significantly with the distance from the edge of the continental shelf, with a slight decrease in the consumption of Euphausiidae and a more marked decrease in the percentage by weight of other Cephalopoda, which decreased from 36.3% within 50 km to 26.8% at distances greater than 130 km, while the consumption of *V. lucetia* increased from 13.8% within 50 km to 24.2% beyond 130 km. Diet composition also varies with sea surface temperature anomalies (SSTA), with an increase in percentage consumption of *V. lucetia* (from 15.0% to 28.6%) in intermediate negative SSTA (-1.49 to -0.50 °C) and a decrease in cannibalism (from 11.0% to 6.6%) from negative to positive SSTA values.

Based on these observations, ALEGRE *et al.* (2014) hypothetically describe the general distribution and ontogenetic trophic migration of the jumbo flying squid using the simplified graphical conceptual

en la figura. 9, en la que se muestra que los calamares gigantes más pequeños (LM <40 cm) tienen una distribución alejada de la costa, más allá del talud continental, donde se alimentan principalmente de peces mesopelágicos como *V. lucetia* y *Myctophum* spp. A medida que crecen, por un tiempo se desplazan hacia áreas más cercanas a la costa, donde aumentan su consumo de cefalópodos. Para luego alejarse de la costa, hacia el borde de la plataforma continental, pero sin alcanzar la distribución oceánica de los más pequeños, donde aumentan su consumo de cefalópodos (incluido el canibalismo) y Euphausiidae (LORRAIN *et al.* 2011, ARGÜELLES *et al.* 2012, ALEGRE *et al.* 2014).

En principio, dada su forma y tamaño pequeño, los Euphausiidae podrían no parecer una presa atractiva para un predador tan agresivo como el calamar gigante. Sin embargo, su ingesta aumenta significativamente cuando el calamar gigante se encuentra sobre el borde de la plataforma continental, debido seguramente a la mayor abundancia, fácil disponibilidad y alto valor energético de esa pequeña presa. Se ha observado que por lo general el calamar gigante no ocupa las aguas más costeras, donde se concentra la mayor parte de la biomasa de anchoveta, lo que explica el bajo consumo de esta especie. Contrario a lo que ocurre en California (FIELD *et al.* 2013) en Perú el calamar gigante rara vez entra en aguas costeras donde la saturación de oxígeno es muy baja, ya que, aunque puede vivir en aguas hipóxicas profundas durante el día, en la noche necesita aguas normóxicas para recuperarse (SEIBEL 2013). Esto limita la co-ocurrencia y la posible interacción predador-presa de esas dos especies a aquellas ocasiones en las que hay una intrusión de aguas oceánicas hacia la costa.

## 6. REPRODUCCIÓN

PEREA *et al.* (2018) contrastaron las características macroscópicas y microscópicas del tejido gonadal del calamar gigante capturado frente al Perú, y establecieron una escala de madurez gonadal basada en la descripción del desarrollo ovocitario y espermatogénico que consta de cuatro fases para hembras (I-inmaduro, II-en maduración, III-maduro y IV-en desove) y tres fases para machos (I-inmaduro, II-en maduración y III-maduro). En las muestras analizadas (colectadas en octubre y noviembre del año 2000) encontraron alta frecuencia de ejemplares inmaduros (fase I) y es de destacar que entre estos se encontraron algunas hembras de gran tamaño con el ovario grande, pero sin señas de madurez (en fase I-inmaduro), por lo que se deduce que estos ejemplares inmaduros de gran tamaño podrían pertenecer al grupo o subunidad poblacional de calamares gigantes de tallas más grandes descrito por NESIS (1983), NIGMATULLIN *et al.* (2001), ARKHIPKIN *et al.* (2015), ARGÜELLES *et al.* (2001, 2008, 2017), TAFUR *et al.* (2001), TAFUR y RABÍ (1997) y TAFUR *et al.* (2018).

model in the Figure 9, which shows that the smaller specimens (ML <40 cm) are distributed farther from the coast, beyond the continental slope, where they feed mainly on mesopelagic fish such as *V. lucetia* and *Myctophum* spp. As they grow, they temporarily move closer to the coast, where they increase their consumption of cephalopods. Then, they move away from the coast, towards the edge of the continental shelf, but without reaching the oceanic distribution of the smaller ones, where they increase their consumption of cephalopods (including cannibalism) and Euphausiidae (LORRAIN *et al.* 2011, ARGÜELLES *et al.* 2012, ALEGRE *et al.* 2014).

At first, given their shape and small size, Euphausiidae may not appear to be an attractive prey for a predator as aggressive as jumbo flying squid. However, its intake increases significantly when *D. gigas* is on the edge of the continental shelf, probably due to the greater abundance, easy availability and high energy value of this small prey. It has been observed that the jumbo flying squid generally does not occupy the more coastal waters, where most of the biomass of anchoveta is concentrated, which explains the low consumption of this species. Contrary to California (FIELD *et al.* 2013), in Peru, jumbo flying squid rarely enter coastal waters where oxygen saturation is very low, because, although they may live in deep hypoxic waters during the day, at night they need to recover in normoxic waters (SEIBEL 2013). This limits the co-occurrence and possible predator-prey interaction of these two species to those occasions when there is an intrusion of oceanic waters towards the coast.

## 6. REPRODUCTION

PEREA *et al.* (2018) compared the macroscopic and microscopic characteristics of the gonadal tissue of the jumbo flying squid captured off Peru, and established a gonadal maturity scale based on the description of oocyte and spermatogenic development, which consists of four phases for females (I-immature, II-maturing, III-mature and IV-spawning) and three phases for males (I-immature, II-maturing and III-mature). In the samples analyzed (collected in October and November 2000), they found a high frequency of immature specimens (phase I), and it should be noted that among these there were some large females with large ovaries, but no signs of maturity (in phase I-immature), so it is inferred that these large, immature specimens could belong to the group or subunit of large-sized jumbo flying squids, as described by NESIS (1983), NIGMATULLIN *et al.* (2001), ARKHIPKIN *et al.* (2015), ARGÜELLES *et al.* (2001, 2008, 2017), TAFUR *et al.* (2001), TAFUR & RABÍ (1997) and TAFUR *et al.* (2018).

En su estudio, PEREA *et al.* (2018) también destacan la presencia de hembras con ovarios parcialmente desovados, con folículos post-ovulatorios y ovocitos en varias etapas de desarrollo, pero sin ovocitos atrésicos. Ello justifica que no consideren la categoría de ovarios desovados en su escala macroscópica y además indicaría que *D. gigas* es un reproductor con desove monocíclico, capaz de desovar más de una vez de forma continua y que sus ovocitos en fase de máximo desarrollo serían reclutados en el oviducto para el posterior desove, sin regeneración del ovario.

Por otro lado, SAKAI *et al.* (2018) observaron las primeras fases del desarrollo embrionario del calamar gigante en condiciones controladas y determinaron que a 20 °C los huevos eclosionaron 6,5 días después del desove.

El calamar gigante desova frente a toda la costa peruana. Donde, con cierta variabilidad interanual en su distribución longitudinal y latitudinal, se han observado grupos principales de calamares maduros y desovantes desde 20 hasta más de 300 mn de distancia de la costa, tanto en la zona norte como centro y sur, mientras que las paralarvas siguieron un patrón de distribución similar, pero en áreas más amplias (TAFUR *et al.* 2001, FISHERIES AGENCY OF JAPAN 2009, SAKAI y YAMASHIRO 2013, IMARPE 2015).

Los diversos índices reproductivos del calamar gigante monitoreados por IMARPE incluyen el índice gonadosomático (IGS) y el índice de la glándula nidamental (IGN) en hembras, el índice de complejo espermatofórico (SCI) en machos y el índice de actividad reproductiva (AR) o fracción de ejemplares maduros y desovantes en machos y hembras. TAFUR *et al.* (2018) analizan la variación mensual de todos estos índices desde 1989 hasta 2016 y muestran que frente al Perú el calamar gigante mantiene cierta actividad reproductiva durante todo el año, con un período principal de desove en primavera-verano, con valores máximos entre octubre y enero, encontrando además un pico secundario en invierno, entre julio y agosto, coincidiendo con lo encontrado por otros autores (NESIS 1970, 1983; TAFUR y RABÍ 1997, TAFUR *et al.* 2001, TAFUR y ARGÜELLES 2010, TAFUR *et al.* 2016, YATSU *et al.* 1999).

Al analizar el proceso reproductivo y la variabilidad de las posibles tallas de primera madurez TAFUR *et al.* (2018) identifican al menos dos grupos de tallas de madurez o posibles subunidades poblacionales de calamar gigante. Para toda la serie de 1989 a 2016 habría un grupo de ejemplares más pequeños, con talla o longitud media del manto a la primera madurez ( $LM_{50}$ ) estimada de 201 mm (con estimados anuales entre 91 y 336 mm) en machos y de 306 mm (con estimados anuales entre 186 y 447 mm) en hembras. Y otro grupo de ejemplares más grandes, con  $LM_{50}$

In their study, PEREA *et al.* (2018) also highlight the presence of females with partially spawned ovaries, with post-ovulatory follicles and oocytes in various stages of development, but without atretic oocytes. This justifies not considering the category of spawned ovaries in its macroscopic scale and further indicates that *D. gigas* is a breeder with monocyclic spawning, capable of spawning more than once continuously and that its oocytes in their maximum development phase would be recruited in the oviduct for subsequent spawning, without regeneration of the ovary.

Furthermore, SAKAI *et al.* (2018) observed the early stages of embryonic development of jumbo flying squid under controlled conditions and determined that at 20 °C the eggs hatched 6.5 days after spawning.

The jumbo flying squid spawns off the entire Peruvian coast, where, with some inter-annual variability in their longitudinal and latitudinal distribution, main groups of mature and spawning squid have been observed from 20 to more than 300 nm from the coast, both in the northern, central and southern areas, while the paralarvae followed a similar distribution pattern, but in larger areas (TAFUR *et al.* 2001, FISHERIES AGENCY OF JAPAN 2009, SAKAI & YAMASHIRO 2013, IMARPE 2015).

The various reproductive indices of the jumbo flying squid monitored by IMARPE include the gonadosomatic index (GSI) and nidamental gland index (NGI) in females, the spermatophoric complex index (SCI) in males, and the reproductive activity index (RA) or fraction of mature and spawning individuals in males and females. TAFUR *et al.* (2018) analyzed the monthly variation of all these indices from 1989 to 2016 and showed that off Peru the jumbo flying squid maintains some reproductive activity throughout the year, with a main spawning period in spring-summer, with maximum values between October and January, and a secondary peak in winter, between July and August, coinciding with what other authors have found (NESIS 1970, 1983; TAFUR & RABÍ 1997, TAFUR *et al.* 2001, TAFUR & ARGÜELLES 2010, TAFUR *et al.* 2016, YATSU *et al.* 1999).

TAFUR *et al.* (2018) identify at least two groups of maturity sizes or possible population subunits of jumbo flying squid when analyzing the reproductive process and the variability of possible sizes at first maturity. For the whole series from 1989 to 2016 there was a group of smaller specimens, with an estimated average mantle size or length at first maturity ( $LM_{50}$ ) of 201 mm (with annual estimates between 91 and 336 mm) in males and 306 mm (with annual estimates between 186 and 447 mm)

media para toda la serie de 514 mm (y estimados anuales entre 301 y 548 mm) en machos y de 642 mm (y estimados anuales entre 500 y 801 mm) en hembras. Destacan que ambos grupos se han venido observando con gran variabilidad en aguas peruanas durante todo el período, pero el grupo de ejemplares más pequeños fue claramente el grupo dominante entre 1989 y 2000, mientras que el grupo de ejemplares más grandes fue el dominante en aguas peruanas desde el año 2001. Notaron también que en la alta mar adyacente predominaban grupos de ejemplares más pequeños que los que se encuentran tradicionalmente en aguas peruanas.

Además, los índices mensuales de actividad reproductiva o proporción de hembras en estadios III (maduro) y IV (desove) y machos en estadio III (maduros o en evacuación) observados en el período 1989-2016 muestran claras diferencias por sexo en el tiempo y duración de su actividad reproductiva. Los machos adultos usualmente permanecen activos, con altos porcentajes de ejemplares maduros o en evacuación, durante todo el año, mientras que las hembras también tienden a permanecer activas durante todo el año, pero con porcentajes de maduras o en desove mucho más bajos y los valores más altos concentrados en pocos meses, generalmente en la primavera (octubre-diciembre).

Luego de examinar los datos de estructura por tallas, sexo y estadios de maduración en las muestras de calamar gigante capturado frente al Perú entre 1989 y 2004, ARGÜELLES *et al.* (2008) encontraron hembras maduras con longitudes de manto entre 14 y 113 cm, basados en lo cual identificaron la presencia de tres grupos o subunidades poblacionales de calamar gigante distinguibles por sus tallas de madurez sexual, siguiendo la clasificación propuesta inicialmente por NESIS (1983) y descrita más en detalle por NIGMATULLIN *et al.* (2001), dando cuenta que entre 1989 y 1999 la longitud de manto de hembras maduras fue en promedio de 37,4 cm, que corresponde al grupo de tallas medias (hembras maduras entre 28 y 60 cm LM) posiblemente con alguna mezcla del grupo de tallas pequeñas (*i.e.* hembras maduras entre 14 y 34 cm LM) mientras que entre 2001 y 2004 la longitud de manto de hembras maduras fue en promedio 85,9 cm, que corresponde al grupo de tallas más grandes (hembras maduras entre 55 y más de 100 cm LM).

Este análisis se ha revisado y ampliado con observaciones que se extienden desde 1989 hasta el año 2016, en el que ARGÜELLES *et al.* (2017) y ARGÜELLES y TAIPE (2018) muestran que, como se discute líneas abajo, hay más indicaciones de la posible presencia en aguas peruanas de los tres grupos o subunidades poblacionales propuestas por NIGMATULLIN *et al.* (2001).

in females. The other group is of larger specimens, with average  $LM_{50}$  for the whole series of 514 mm (and annual estimates between 301 and 548 mm) in males and 642 mm (and annual estimates between 500 and 801 mm) in females. They note that both groups have been observed with great variability in Peruvian jurisdictional waters throughout the period, but the smallest group of individuals was clearly the dominant group between 1989 and 2000, while the largest group of individuals has been the dominant group in this area since 2001. They also noted that the adjacent high seas were dominated by groups of specimens smaller than those traditionally found in Peruvian jurisdictional waters.

In addition, the monthly rates of reproductive activity or proportion of females in stages III (mature) and IV (spawning) and males in stage III (mature or evacuating) observed in the period 1989-2016 show clear differences by sex in the time and duration of their reproductive activity. Adult males usually remain active, with high percentages of mature or evacuating specimens, throughout the year, while females also tend to remain active throughout the year, but with much lower percentages of mature or spawning and the highest values concentrated in a few months, generally in the spring (October-December).

After examining the data on structure by size, sex and maturity stages in the samples of jumbo flying squid caught off Peru between 1989 and 2004, ARGÜELLES *et al.* (2008) found mature females with mantle lengths between 14 and 113 cm, based on which they identified the presence of three groups or population subunits of jumbo flying squid distinguishable by their sizes at sexual maturity, following the classification initially proposed by NESIS (1983) and described in more detail by NIGMATULLIN *et al.* (2001), noting that between 1989 and 1999 the mantle length of the mature females was on average 37.4 cm, corresponding to the medium size group (mature females between 28 and 60 cm ML), possibly with some mixture of the small size group (*i.e.* mature females between 14 and 34 cm ML), while between 2001 and 2004 the mantle length of the mature females was on average 85.9 cm, corresponding to the larger size group (mature females between 55 and more than 100 cm ML).

This analysis has been reviewed and expanded with observations from 1989 to 2016, in which ARGÜELLES *et al.* (2017) and ARGÜELLES and TAIPE (2018) show that, as discussed below, there are further indications of the possible presence in Peruvian jurisdictional waters of the three population groups or subunits proposed by NIGMATULLIN *et al.* (2001).

## 7. EDAD Y CRECIMIENTO

La edad y crecimiento del calamar gigante frente a Perú han sido estudiados por varios autores, que han analizado la progresión modal en frecuencias de tallas o han analizado la formación de microincrementos (presumiblemente anillos diarios) en estructuras sólidas como los estatolitos. Ambos métodos tienen sus bondades y limitaciones y por lo general se observan discrepancias marcadas entre las estimaciones de edad, longevidad y crecimiento con los dos métodos (KEYL *et al.* 2011). Se ha observado que con el análisis de tallas modales se tiende a estimar edades y longevidad más altas que con el análisis de microincrementos en los estatolitos y las diferencias pueden ser metodológicas, aunque también se mencionan posibles diferencias entre los años analizados debido a cambios en factores genéticos y/o fenotípicos en ejemplares analizados, provenientes de períodos de tiempo y/o condiciones ambientales predominantes diferentes. Esos resultados podrían ser indicadores de la gran plasticidad del calamar gigante frente a las condiciones ambientales cambiantes frente al Perú, que gracias a la presencia de grupos genotípicos ligeramente diversos o cambios en su expresión fenotípica, logra ajustar su crecimiento poblacional a esos cambios ambientales y a sus impactos sobre el suministro de presas.

La interpretación de la progresión modal en frecuencias de tallas ha demostrado ser particularmente difícil en el caso del calamar gigante capturado frente a Perú debido al carácter multimodal muy variable de las frecuencias de tallas observadas, donde es común la presencia de varias cohortes o grupos de tallas que, al variar mucho de un año a otro y de un mes a otro, hacen difícil la identificación y seguimiento de grupos modales a través del tiempo, lo que podría favorecer la sobre-estimación de las edades y de la longevidad.

Por otro lado, la determinación de la edad y el crecimiento mediante el análisis de microincrementos en los estatolitos depende de la validación del supuesto sobre la periodicidad de su formación diaria, que todavía no ha sido probado para el caso del calamar gigante. Algunos autores (SPRATT 1979, MORRIS 1991, PAULY 1998, CHUNG y LU 2005, ZUMHOLZ *et al.* 2006) sugieren que la formación diaria de estos microincrementos podría ser alterada por ciertas condiciones sub-óptimas, como la baja disponibilidad de alimento que podría alterar su periodicidad diaria, el bajo nivel de oxígeno que podría causar áreas borrosas sin anillos o las bajas temperaturas que podrían generar anillos muy pegados difíciles de distinguir, lo que podría producir una seria subestimación de las edades y la longevidad o edades máximas.

Los primeros estimados de la edad y el crecimiento del calamar gigante en aguas peruanas se remontan

## 7. AGE AND GROWTH

The age and growth of the jumbo flying squid off Peru have been studied by several authors, who have analyzed the modal progression in size frequencies or have analyzed the formation of micro-increments (presumably daily rings) in solid structures such as statoliths. Both methods have their strengths and limitations, and there are generally noticeable discrepancies between the estimates of age, longevity and growth with the two methods (KEYL *et al.* 2011). It has been observed that the analysis of modal sizes tends to estimate higher ages and longevity than the analysis of micro-increments in the statoliths, and the differences may be methodological, although possible differences between the years analyzed are also mentioned due to changes in genetic and/or phenotypic factors in the specimens analyzed, coming from different periods of time and/or predominant environmental conditions. These results could be indicators of the great plasticity of the jumbo flying squid in the face of the changing environmental conditions off Peru, which, thanks to the presence of slightly diverse genotypic groups or changes in its phenotypic expression, is able to adjust its population growth to these environmental changes and their impacts on the supply of prey.

The interpretation of the modal progression in size frequencies has proved to be particularly difficult in the case of the jumbo flying squid caught off Peru due to the highly variable multimodal nature of the size frequencies observed, where there is a frequent presence of several cohorts or size-groups and, as they vary greatly from one year to another and from one month to another, makes it difficult to identify and monitor modal groups over time, which could favor the over-estimation of ages and longevity.

On the other hand, the determination of age and growth through the analysis of micro-increments in the statoliths depends on the validation of the assumption about the periodicity of their daily formation, which has not yet been tested for the case of the jumbo flying squid. Some authors (SPRATT 1979, MORRIS 1991, PAULY 1998, CHUNG & LU 2005, ZUMHOLZ *et al.* 2006) suggest that the daily formation of these micro-increments may be altered by certain sub-optimal conditions, such as low food availability that may alter their daily frequency, low oxygen levels that may cause blurred areas without rings, or low temperatures that may generate blurred, hard to distinguish rings, which may lead to a serious underestimation of age and longevity or maximum ages.

The first estimates of the age and growth of jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters date

a los análisis de progresión modal en frecuencias de tallas de Nesis (1970) quien asumió la presencia de una sola cohorte por año y estimó una longevidad de hasta 4 años para los ejemplares más grandes de calamar gigante (mayores de 50 cm ML). ARGÜELLES (1996) analizó la progresión modal en las frecuencias de tallas de calamar gigante capturado en aguas peruanas por la flota potera industrial entre 1991 y 1994. En sus análisis identifica dos cohortes por año y sugiere una longevidad de hasta dos años, al estimar que los calamares observados alcanzaban una longitud de manto de 41 a 53 cm al primer año y de 64 a 80 cm al segundo año, con tasas de crecimiento de 3,9 cm por mes durante el primer año y 2,1 cm por mes durante el segundo año de vida.

Más recientemente, KEYL *et al.* (2011) ampliaron estos análisis de progresión modal examinando las frecuencias de tallas provenientes de la pesquería industrial de calamar gigante realizada frente al Perú entre 2001 y 2007. Para ese periodo identificaron un total 33 cohortes, con alta variabilidad entre 0 y 6 en el número de cohortes identificadas por año, encontrando también gran variabilidad en la longevidad y tallas terminales o tallas máximas promedio estimadas de las varias cohortes. Estimaron para una cohorte con fecha de eclosión en invierno de 1994 la longevidad promedio en 21,9 meses (1,8 años) y longevidad mínima de 11,1 meses; y para una cohorte con fecha de eclosión en verano de 1996 estimaron una longevidad máxima de 32,1 meses (2,7 años) y talla máxima de 36,1 cm. Es también interesante señalar que las observaciones de KEYL *et al.* (2011) sugieren que las cohortes de crecimiento rápido, longevidad media y mayores tallas máximas promedio (o tallas terminales) predominarían durante periodos moderadamente fríos, mientras que las cohortes de crecimiento lento, alta longevidad y tallas máximas promedio más pequeñas predominarían durante periodos con condiciones cálidas o frías extremas, del tipo de El Niño y La Niña.

ARKHIPKIN y MURZOV (1986) fueron de los primeros en estudiar la edad y el crecimiento del calamar gigante en el Pacífico sudoriental, analizando los microincrementos en los estatolitos de 113 calamares gigantes con longitudes de manto entre 0,9 y 49,0 cm recolectados entre 1981 y 1984. Identificaron dos grupos de tamaño, que diferían por el tamaño al que alcanzaban la madurez sexual, y determinaron que los ejemplares de calamar gigante que maduraban a las tallas más grandes que encontraron (46-49 cm LM para las hembras y 38-42 cm LM para los machos, que corresponderían a tallas medianas descritas por otros autores) tendrían 36-37 semanas de edad las hembras y 29-30 semanas de edad los machos. Mientras que las hembras que maduraban a las tallas más pequeñas (26-28 cm ML) serían más jóvenes, con solo 29-30 semanas de edad.

back to the Nesis (1970) modal progression analysis of size frequencies, which assumed the presence of a single cohort per year and estimated a longevity of up to 4 years for the largest squid specimens (greater than 50 cm ML). ARGÜELLES (1996) analyzed the modal progression in the size frequencies of jumbo flying squid caught in Peruvian jurisdictional waters by the industrial jigging fleet between 1991 and 1994. In his analyses he identifies two cohorts per year and suggests a longevity of up to two years, estimating that the squids observed reached a mantle length of 41 to 53 cm in the first year and 64 to 80 cm in the second year, with growth rates of 3.9 cm per month in the first year and 2.1 cm per month in the second year of life.

More recently, KEYL *et al.* (2011) expanded these modal progression analyses by examining the length frequencies from the industrial jumbo flying squid fishery off Peru between 2001 and 2007. For this period, a total of 33 cohorts were identified, with high variability, between 0 and 6, in the number of cohorts identified per year, and great variability in estimated longevity and terminal sizes or maximum sizes of the various cohorts. For a cohort with hatching date in winter 1994, they estimated an average longevity of 21.9 months (1.8 years) and a minimum longevity of 11.1 months; and for a cohort with hatching date in summer 1996, they estimated a maximum longevity of 32.1 months (2.7 years) and maximum length of 36.1 cm. It is also interesting to note that the observations made by KEYL *et al.* (2011) suggest that cohorts that are fast growing, have medium longevity and reach larger average maximum sizes (or terminal sizes) would predominate during moderately cold periods, while cohorts that are slow growing, have high longevity and have smaller average maximum sizes would predominate during periods of extreme warm or cold conditions, such as during El Niño and La Niña.

ARKHIPKIN & MURZOV (1986) were among the first to study the age and growth of the jumbo flying squid in the Southeastern Pacific Ocean, analyzing the micro-increments in the statoliths of 113 jumbo flying squids with mantle lengths between 0.9 and 49.0 cm, collected between 1981 and 1984. They identified two size groups, which differed in the size at which they reached sexual maturity, and determined that the jumbo flying squid that matured to the largest sizes they found (46-49 cm ML for females and 38-42 cm ML for males, corresponding to medium sizes described by other authors) would be 36-37 weeks old for females and 29-30 weeks old for males. While females maturing to the smallest sizes (26-28 cm ML) would be younger at only 29-30 weeks of age.

Posteriormente MASUDA *et al.* (1998) analizaron los estatolitos de 584 calamares gigantes capturados en el Pacífico sudoriental entre 1987 y 1995 y reportaron edades máximas estimadas de 352 días para un ejemplar macho de 77 cm LM y 378 días para un ejemplar hembra de 86 cm LM. También estimaron que las tasas de crecimiento diario promedio variaron entre 1,92 y 1,54 cm en el caso de las hembras y entre 1,55 y 1,70 cm en el caso de los machos.

ARGÜELLES *et al.* (2001) también estudiaron la edad y el crecimiento del calamar gigante, examinando los microincrementos en los estatolitos de 134 ejemplares con longitud de manto entre 192 y 965 mm capturados en aguas peruanas durante 1992. No encontraron ningún ejemplar mayor de un año y estimaron que la edad de un macho de 412 mm LM era de 220 días y la edad de otro macho de 855 cm LM era de 354 días, mientras que la edad de una hembra de 474 mm LM se estimó en 205 días y la edad de otra hembra de 965 mm LM se estimó en 354 días. El retro-cálculo de las fechas de eclosión reveló la presencia de al menos dos cohortes entre los calamares de menor tamaño, una que eclosionó en otoño/invierno y se reclutó a la pesquería en primavera/verano y la otra que eclosionó en primavera/verano y se reclutó a la pesquería en otoño/invierno. También observaron que las tasas instantáneas relativas de crecimiento diario de ejemplares sexualmente maduros variaron entre 0,08 en el caso de calamares maduros de talla grande y 0,58 en el caso de calamares maduros de talla pequeña.

LIU *et al.* (2013) estudiaron la edad y crecimiento del calamar gigante mediante el análisis de los microincrementos en los estatolitos de 1.207 ejemplares hembras y 286 ejemplares machos capturados entre 2008 y 2010 en una amplia área de alta mar adyacente a las aguas jurisdiccionales peruanas, hasta casi 440 mn de distancia de la costa entre 10 y 18°S. Las edades estimadas de esos ejemplares estuvieron entre 144 y 633 días, lo que confirma las observaciones de otros autores de que el calamar gigante es una especie efímera que en algunos casos podría vivir hasta casi dos años. Las edades dominantes de hembras y machos estuvieron entre 181 y 300 días, edades en las que se encontraron 76,5% de las hembras y 80,4% de los machos analizados. La hembra de menor edad (144 días) midió 178 mm LM y tuvo un peso total de 187 g, mientras que la de mayor edad (633 días) midió 1.118 mm LM con peso total de 54.500 g. El macho de menor edad (162 días) midió 218 mm LM con peso total de 253 g, mientras que el macho de mayor edad (574 días) midió 1.033 mm con peso total de 33. 500 g. Esos autores también encontraron variaciones estacionales en el ajuste de las curvas de crecimiento, determinando que la relación talla-edad de las cohortes eclosionadas en invierno-primavera se ajustó mejor a un modelo lineal con diferencias significativas entre sexos, mientras que la misma

Later, MASUDA *et al.* (1998) analyzed the statoliths of 584 jumbo flying squid caught in the Southeastern Pacific between 1987 and 1995 and reported estimated maximum ages of 352 days for a 77 cm ML male and 378 days for an 86 cm ML female. They also estimated that the average daily growth rates varied between 1.92 and 1.54 cm for females and between 1.55 and 1.70 cm for males.

ARGÜELLES *et al.* (2001) also studied the age and growth of the jumbo flying squid, examining the micro-increments in the statoliths of 134 individuals with mantle lengths between 192 and 965 mm, all having been captured in Peruvian jurisdictional waters during 1992. They found no squids older than one year and estimated that the age of a 412 mm ML male was 220 days and the age of another 855 cm ML male was 354 days, while the age of a 474 mm ML female was estimated at 205 days and the age of another 965 mm ML female was estimated at 354 days. Retro-calculation of hatching dates revealed the presence of at least two cohorts among the smaller squids: one that hatched in autumn/winter and was recruited to the fishery in spring/summer, and the other that hatched in spring/summer and was recruited to the fishery in autumn/winter. They also noted that the relative instantaneous daily growth rates of sexually mature individuals ranged from 0.08 for large-mature squids, to 0.58 for small-mature ones.

LIU *et al.* (2013) studied the age and growth of jumbo flying squid by analyzing the micro-increments in the statoliths of 1,207 female and 286 male squids caught between 2008 and 2010 in a large area of high seas adjacent to Peruvian jurisdictional waters, up to a distance of almost 440 nm from the coast, between 10 and 18°S. The estimated ages of these specimens were between 144 and 633 days, which confirms the observations of other authors that the jumbo flying squid is an ephemeral species that, in some cases, could live up to two years. The dominant ages of females and males were between 181 and 300 days, which were the ages within which 76.5% of females and 80.4% of males were found. The youngest female (144 days) measured 178 mm ML and had a total weight of 187 g, while the oldest female (633 days) measured 1,118 mm ML with a total weight of 54,500 g. The youngest male (162 days) measured 218 mm ML with a total weight of 253 g, while the oldest male (574 days) measured 1,033 mm with a total weight of 33,500 g. These authors also found seasonal variations in the fitted growth curves, finding that the lengthage relationship for the cohorts hatched in winter-spring was best fitted by a linear model with significant differences between sexes, while the same relationship for the cohorts



relación de las cohortes eclosionadas en verano-otoño se ajustó mejor a una curva exponencial, sin diferencia significativa entre sexos.

Se puede apreciar que los diversos autores que han examinado la edad y crecimiento del calamar gigante frente al Perú, por lo general han estimado longevidades o edades máximas algo más altas con el análisis de progresión de tallas modales que con el análisis de microincrementos en estatolitos. Los estimados de longevidad o edad máxima mediante el análisis de progresión modal varían entre los 4 años estimados por NESIS (1970), 2 años por ARGÜELLES (1996) y 2,7 años por KEYL *et al.* (2011), mientras que con el análisis de micro-estructuras en los estatolitos los diversos autores obtienen estimados de longevidad o edad máxima más bajos. Tal sería el caso de ARKHIPKIN y MURZOV (1986) que estiman que las hembras más longevas alcanzarían la madurez sexual a las 37 semanas, lo que difícilmente las llevaría a superar de mucho las 54 semanas (1 año) de vida máxima, MASUDA *et al.* (1998) que estiman edades máximas de 352 y 378 días, ARGÜELLES *et al.* (2001) de 354 días y LIU *et al.* (2013) hasta 633 días. También cabe señalar que mientras algunos autores sugieren que los calamares gigantes que alcanzan tallas máximas intermedias serían más longevidos y los que alcanzan tallas máximas más grandes tendrían longevidades medias (ej. KEYL *et al.* 2011), otros sugieren que más bien serían los ejemplares que alcanzan tallas máximas más grandes los más longevidos (ej. LIU *et al.* 2013). Este es un aspecto que sin duda merece ser investigado en más profundidad.

Al respecto, ARKHIPKIN *et al.* (2015) analizaron estatolitos de calamar gigante en estado avanzado de maduración gonadal (maduros y/o desovados) capturado en aguas peruana entre 1992 y 2011, usando una técnica mejorada de procesamiento y lectura, confirmando los resultados de lo observado mediante experimentos de marcación por MARKAIDA *et al.* (2005) con respecto al ciclo de vida de hasta 2 años del grupo de calamar gigante de maduración a talla grande. Mostraron también que algunos calamares tuvieron tasas de crecimiento excepcionalmente altas, alcanzando 600 mm de LM a la edad de 1 año. Las observaciones de ARKHIPKIN *et al.* (2015) también indican que la temperatura del mar durante las etapas tempranas de la vida, tendría un fuerte efecto sobre el crecimiento y la edad máxima del calamar gigante, sugiriendo que temperaturas del mar más altas favorecerían la maduración temprana a tallas más pequeñas y longevidades compatibles con ciclos de vida de un año, mientras que condiciones moderadamente frías, favorecerían la maduración tardía a tallas más grandes y longevidades mayores, compatibles con ciclos de vida de 1,5 a 2 años. Sin embargo, se hace notar que hasta la fecha no se han realizado estudios de crecimiento específicos para para cada grupo de talla a la primera madurez, los que serían necesarios para determinar si además de las tallas máximas alcanzadas, hay también diferencias en la tasa de crecimiento corporal de cada uno de estos grupos fenotípicos.

hatched in summer-autumn was best fitted by an exponential curve, with no significant difference between sexes.

It can be appreciated that the different authors who have examined the age and growth of the jumbo flying squid off Peru, have generally estimated longevity or maximum ages somewhat higher with the modal size progression analysis than with the analysis of micro-increments in statoliths. The estimates of longevity or maximum age through the modal progression analyses vary between the 4 years estimated by NESIS (1970), 2 years by ARGÜELLES (1996) and 2.7 years by KEYL *et al.* (2011), while with the analysis of micro-structures in the statoliths, the different authors obtain lower estimates of longevity or maximum age. Such would be the case of ARKHIPKIN and MURZOV (1986) who estimate that the oldest females would reach sexual maturity at 37 weeks, which would hardly lead them to much longer than 54 weeks (1 year) of maximum life, MASUDA *et al.* (1998) who estimate maximum ages of 352 and 378 days, ARGÜELLES *et al.* (2001) of 354 days and LIU *et al.* (2013) up to 633 days. It should also be noted that while some authors suggest that jumbo flying squids that reach intermediate maximum sizes would be longer-lived and those that reach larger maximum sizes would have average longevity (e.g. KEYL *et al.* 2011), others suggest that specimens that reach larger maximum sizes would actually be the longest-lived (e.g. LIU *et al.* 2013). This is an aspect that certainly deserves to be investigated further.

In this regard, ARKHIPKIN *et al.* (2015) analyzed statoliths of jumbo flying squid in an advanced stage of gonadal maturation (mature and/or spawned) captured in Peruvian waters between 1992 and 2011, using an improved processing and reading technique, with which they confirm what was observed through tagging experiments by MARKAIDA *et al.* (2005) regarding the life cycle of up to 2 years of the large-maturing jumbo flying squid group. They also showed that some squid had exceptionally high growth rates, reaching 600 mm ML at age 1 year. Observations by ARKHIPKIN *et al.* (2015) also indicate that sea temperature during the early stages of life would have a strong effect on the growth and maximum age of the jumbo flying squid, suggesting that higher sea temperatures would favor early maturation at smaller sizes and longevity that are compatible with one-year life cycles, while moderately cold conditions would favor late maturation at larger sizes and longer longevity that are compatible with life cycles of 1.5 to 2 years. However, it is noted that to date there have been no specific growth studies on each of the groups of size at first maturity, which would be needed to determine if, in addition to their maximum sizes reached, there are also differences in the body growth of each of these phenotypic groups.

Más recientemente, GOICOCHEA *et al.* (2018) estimaron la edad y crecimiento de juveniles de calamar gigante analizando la formación de microincrementos en los estatolitos de 255 ejemplares con tallas entre 15 y 144 mm LM capturados en aguas peruanas en el verano 2007. Los estatolitos de estos ejemplares tuvieron entre 20 y 88 microincrementos, que se supone correspondieron a anillos diarios, y los autores destacan la amplia variación de las tasas de crecimiento al reportar tasas de crecimiento absoluto de la longitud del manto calculadas que variaron entre 0,82 mm/día para un calamar de 20 días de edad y 2,35 mm/día para otro de 88 días de edad, con una tasa de crecimiento absoluto promedio bastante alta de 1,78 mm/día.

## 8. DISTRIBUCIONES DE FRECUENCIAS DE TALLAS

La estructura por tamaños del calamar gigante en aguas peruanas estimada a través de los muestreos que ha realizado el IMARPE, tanto en puerto como a bordo de la flota comercial y durante cruceros de investigación, ha variado significativamente entre los años 1958 y 2017, para los cuales se tiene información. Como señalan CSIRKE *et al.* (2015), ARGÜELLES *et al.* (2017) y ARGÜELLES y TAIPE (2018) de los muestreos de talla de calamar gigante se distinguen al menos tres períodos, uno con calamares gigantes de talla predominantemente grandes a fines de los años 1950 e inicios de los 1960, otro con clara predominancia de tallas medias y pequeñas en los años 1980 y 1990 y un cambio notorio hacia tallas grandes que se inicia el año 2000, se hace evidente el año 2001 y persiste hasta el 2016.

A fines de los años 1950 y 1960 no había una pesquería comercial de calamar gigante. Pero para esos años se dispone de los datos de las frecuencias de tallas del calamar gigante encontrado en el contenido estomacal de cachalotes (*Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758) cazados frente a las costas peruanas entre 1958 y 1962, los que tuvieron una talla mínima de 28 cm LM, talla máxima de 107 cm LM y talla media de 72,9 cm LM (datos en longitud estándar de VINATEA 1965 y CLARKE *et al.* 1998, convertidos a longitud del manto por ARGÜELLES y TAIPE 2018), lo que confirmaría la presencia de ejemplares predominantemente grandes frente a las costas peruanas en esos años.

Luego, entre 1979 y 1983, en los muestreos de las capturas con poteras realizadas durante cruceros de investigación y en la pesca comercial todavía incipiente, predominaron las tallas medianas y pequeñas, con rango entre 7 y 39 cm LM, tallas medias anuales entre 22,9 y 25,5 cm LM y tallas modales en 12, 22 y 30 cm LM (BENITES 1985, BENITES y VALDIVIESO 1986).

Años más tarde, en 1989 y 1990, se comienza a desarrollar una pesca comercial algo más activa, con

In a more recent study, GOICOCHEA *et al.* (2018) estimated the age and growth of juvenile jumbo flying squid by analyzing the formation of micro-increments in the statoliths of 255 individuals, between 15 and 144 mm ML, captured in Peruvian jurisdictional waters in the summer of 2007. The statoliths of these specimens had between 20 and 88 micro-increments, which are assumed to correspond to daily rings, and the authors highlight the wide variation in growth rates by reporting estimated absolute growth rates of the mantle length which vary between 0.82 mm/day for a 20-day old squid and 2.35 mm/day for an 88-day old one, with a fairly high average absolute growth rate of 1.78 mm/day.

## 8. SIZE FREQUENCY DISTRIBUTIONS

The size structure of the jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters, estimated through IMARPE sampling, both in port and onboard the commercial fleet and during research cruises, has varied significantly between the years 1958 and 2017, for which information is available. As CSIRKE *et al.* (2015), ARGÜELLES *et al.* (2017) and ARGÜELLES & TAIPE (2018) point out, these length frequency distribution samples show that there are at least three distinguishable periods, one with jumbo flying squid predominantly large in the late 1950s and early 1960s, another with a clear predominance of medium and small sizes in the 1980s and 1990s and a noticeable shift to large sizes beginning in 2000, which becomes evident in 2001 and persists until 2016.

In the late 1950s and 1960s there was no commercial fishery for jumbo flying squid but for those years, data is available on the size frequencies of the jumbo flying squid found in the stomach contents of sperm whales (*Physeter macrocephalus* Linnaeus, 1758) hunted off the Peruvian coast between 1958 and 1962, which had a minimum size of 28 cm ML, maximum size of 107 cm ML and average size of 72.9 cm ML (standard length data from VINATEA 1965 and CLARKE *et al.* 1998, converted into mantle length by ARGÜELLES & TAIPE 2018), which would confirm the presence of predominantly large specimens off the Peruvian coast in those years.

Later, between 1979 and 1983, in the sampling of catches with squid jigs made during research cruises and in the commercial fishery, which was still in its initial phase, medium and small sizes predominated, with a range of 7 to 39 cm ML, average annual sizes between 22.9 and 25.5 cm ML and modal sizes in 12, 22 and 30 cm ML (BENITES 1985, BENITES & VALDIVIESO 1986).

Years later, in 1989 and 1990, a somewhat more active commercial fishery began to develop, with more

muestreos más frecuentes, en los que predominaron las tallas medianas con algo de tallas pequeñas. En las frecuencias de talla del calamar gigante capturado se observaron tallas mínimas y máximas de 16 y 76 cm LM, respectivamente, con medias anuales de 31,8 y 34,1 cm LM y tallas modales en 24, 28 y 35 cm LM (IMARPE-JAMARC 1991, 1992).

En los años siguientes, hasta 1999, también predominaron tallas medianas con algo de tallas pequeñas. El calamar gigante capturado en aguas peruanas tuvo un rango de talla entre 9 y 109 cm LM, con promedios anuales entre 28,3 y 44,0 cm LM y tallas modales entre 22 y 48 cm LM, a excepción de los años 1990 y 1992 en que aparecen unos ligeros modos en 64 y 82 cm LM (RUBIO y SALAZAR 1992, ARGÜELLES y TAIPE 2018).

Pero la estructura por tamaños observada en las capturas comienza a cambiar el año 2000 y este cambio se hace mucho más marcado a partir del año 2001, ampliándose el rango hacia tallas más grandes. Entre 2000 y 2016 el rango de tallas observado cada año varió entre tallas mínimas y máximas de 13 y 133 cm LM respectivamente, con claro predominio de ejemplares de mayor tamaño, con promedios anuales entre 49,8 y 88,3 cm LM y tallas modales entre 46 y 93 cm LM. Esta tendencia se ha interrumpido durante 2017 al haberse observado tanto durante un crucero de investigación a fines del año (IMARPE 2018) como durante el año en las capturas de la flota artesanal (IMARPE 2018a), la significativa presencia de ejemplares medianos con tallas modales entre 40 y 50 cm LM y la presencia ocasional de ejemplares menores con tallas modales en 23 y 31 cm LM, además de la presencia de ejemplares de mayor tamaño con tallas modales entre 60 y 80 cm que se había venido observando como grupo dominante en años anteriores.

Las varias tallas modales y el gran cambio en la estructura por tamaños del calamar gigante en aguas peruanas ocurrido entre 1999 y 2001, se observan más claramente cuando se examina la estructura anual por tallas de solo las hembras maduras, con lo que se reduce el efecto del ligero dimorfismo sexual (las hembras alcanzan tallas y pesos de manto ligeramente mayores que los machos, y los machos maduran algo antes y permanecen sexualmente activos por más tiempo que las hembras) y se ponen más en evidencia los varios grupos de tallas modales presentes por año. Los varios grupos de tallas modales de hembras maduras observadas en los muestreos de las capturas en aguas peruanas entre 1989 y 2016, así como el cambio notable en la estructura de tallas que se inicia el año 2000, se muestran en la figura 5 de ARGÜELLES *et al.* (2017), la figura 3 de ARGÜELLES y TAIPE (2018) y en la figura 11 de este artículo. Donde, como se puede observar, entre 1989 y 1999 casi todas las hembras maduras de calamar gigante capturadas en aguas peruanas se concentran en

frequent sampling, and the predominant size-group was the medium-size, with some small sizes. The size frequency distribution of the jumbo flying squid caught in those years had minimum and maximum sizes of 16 and 76 cm ML, respectively, with annual means of 31.8 and 34.1 cm ML, and with modal sizes of 24, 28 and 35 cm ML (IMARPE-JAMARC 1991, 1992).

In the years that followed, up to 1999, medium sizes also predominated, with some small sizes. The jumbo flying squid caught in Peruvian jurisdictional waters had a size range between 9 and 109 cm ML, with annual means between 28.3 and 44.0 cm ML and modal sizes between 22 and 48 cm ML, with the exception of the years 1990 and 1992, in which some small modes showed up at 64 and 82 cm ML (RUBIO and SALAZAR 1992, ARGÜELLES & TAIPE 2018).

However, the size structure observed in the catches began to change in 2000, and this change became much more noticeable from 2001 onwards, with the range being extended to larger sizes. Between 2000 and 2016 the size range observed each year fluctuated between minimum and maximum sizes of 13 and 133 cm ML respectively, with a clear predominance of larger specimens, with annual mean sizes between 49.8 and 88.3 cm ML and modal sizes between 46 and 93 cm ML. This trend has been interrupted during 2017 as it was observed both during a research cruise at the end of the year (IMARPE 2018) and during the year in the catches of the artisanal fleet (IMARPE 2018a), a significant presence of medium-size squids, with modal sizes between 40 and 50 cm ML, and the occasional presence of smaller squids with modal sizes of 23 and 31 cm ML, in addition to the presence of the larger squids with modal sizes between 60 and 80 cm which had been observed as a dominant group in previous years.

The various modal sizes and the noticeable change in the size structure of the jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters between 1999 and 2001 are most clearly observed when the annual size structure of only mature females is examined, thus reducing the effect of slight sexual dimorphism (females reach slightly larger mantle size and weight than males and males mature earlier and remain sexually active longer than females), and highlighting better the various groups of modal sizes present per year. The various groups of modal sizes of mature females observed in the sampling of catches in Peruvian waters between 1989 and 2016, as well as the remarkable change in the size structures that began in 2000, are shown in Figure 5 of ARGÜELLES *et al.* (2017), Figure 3 of ARGÜELLES & TAIPE (2018) and Figure 11 of this article. As can be seen, between 1989 and 1999, almost all the mature females of jumbo flying squid caught in Peruvian waters were concentrated in one or two

uno o dos grupos de talla pequeña o mediana, entre 14 y 60 cm LM, con modas entre 29 y 50 cm LM y tallas máximas que difícilmente alcanzaban los 60 cm LM, a excepción del año 1990, en que se observa un grupo modal en 36 cm LM y otro entre 65 y 71 cm LM, y el año 1992 en que se observa una moda principal en 29 cm LM y una talla máxima de 86 cm LM, mientras que entre 2001 y 2016 se observa clara prevalencia de calamar gigante de talla grande de madurez sexual, la mayor parte de las hembras maduras muestreadas superan los 60 cm LM y estaban en uno o más grupos con tallas modales entre 62 y 104 cm LM, con una escasa presencia de ejemplares pequeños y medianos con tallas entre 23 y 55 cm LM.

Se estima que el 95,6% de las hembras maduras capturadas en el período 1989-1999 medían menos de 60 cm LM y pertenecerían a los grupos de desovantes pequeños y medianos que proponen NIGMATULLIN *et al.* (2001) mientras en el período 2001-2016, el 96,4% de las hembras maduras capturadas medían 55 cm LM o más y pertenecerían al grupo de desovantes grandes propuesto por NIGMATULLIN *et al.* (2001).

De estas observaciones se deduce que los tres grupos de talla de madurez sexual de calamar gigante descritos por NIGMATULLIN *et al.* (2001) ocurren en el sistema norte de la Corriente de Perú, aunque estos no ocurrirían simultáneamente o en niveles de abundancia comparables en las mismas áreas y en las mismas épocas. Todo parece indicar que entre 1989 y 1999 predominaron los grupos de madurez de tallas pequeña y mediana tanto en las aguas jurisdiccionales peruanas como en la alta mar adyacente, con alguna presencia del grupo de talla grande en aguas peruanas en 1990 y 1992. Entre 2001 y 2016 en las aguas jurisdiccionales peruanas, claramente ha predominado el grupo de madurez de talla grande, mientras que en la alta mar adyacente han predominado los grupos de madurez de tallas pequeña y mediana, con algunos ejemplares juveniles y adultos del grupo de talla grande, como indican las observaciones de algunos cruceros de investigación del IMARPE y como parecería sugerir la información sobre tallas y estadios de madurez sexual de los muestreos de la pesquería de calamar gigante en altamar que presentan LIU *et al.* (2013) y LI *et al.* (2017).

Además de esta segregación por distancia a la costa (aguas jurisdiccionales *vs.* altamar) de los tres grupos de talla de madurez sexual observada líneas arriba para el período 2001-2016, CSIRKE *et al.* (2015) y ARGÜELLES y TAIPE (2018) destacan la variación longitudinal (por distancia a la costa) en la distribución de frecuencia de tallas del calamar gigante en aguas peruanas observada en el período 2009-2011, que corresponde al período de clara dominancia de grupo de madurez sexual de talla

groups of small or medium size, between 14 and 60 cm ML, with modes between 29 and 50 cm ML and maximum sizes that hardly reached 60 cm ML, with the exception of the year 1990, in which one modal group is observed at 36 cm ML and another between 65 and 71 cm ML, and the year 1992, in which a main mode at 29 cm ML and a maximum size of 86 cm ML were observed, while between 2001 and 2016 there is a clear prevalence of large-sized, sexually mature jumbo flying squid, where most of the mature females sampled were over 60 cm ML and were in one or more groups with modal sizes between 62 and 104 cm ML, with a low presence of small and medium sized squids between 23 and 55 cm ML.

It is estimated that 95.6% of mature females caught in the 1989-1999 period measured less than 60 cm ML and would belong to the small and medium spawning groups proposed by NIGMATULLIN *et al.* (2001), while in the 2001-2016 period, 96.4% of mature females caught measured 55 cm ML or more and would belong to the group of large spawning females proposed by NIGMATULLIN *et al.* (2001).

From these observations it can be deduced that the three groups of sexual maturity size of jumbo flying squid described by NIGMATULLIN *et al.* (2001) occur in the northern system of the Peruvian Current, although these would not occur simultaneously or in comparable levels of abundance in the same areas and at the same times. It appears that between 1989 and 1999, small and medium size maturity groups predominated in both Peruvian jurisdictional waters and the adjacent high seas, with some presence of the large size group in Peruvian waters in 1990 and 1992. Between 2001 and 2016, in Peruvian jurisdictional waters, the large-sized maturity group clearly predominated, while the adjacent high seas were dominated by small and medium-size maturity groups, with some juveniles and adults in the large-size group, as indicated by the observations of some IMARPE research cruises and as would seem to be suggested by the information on size and sexual maturity stages from the sampling of the jumbo flying squid fishery in the high seas by LIU *et al.* (2013) and LI *et al.* (2017).

In addition to this distance-to-shore segregation (jurisdictional *vs.* high seas) of the three size groups of sexual maturity observed above for the period 2001-2016, CSIRKE *et al.* (2015) and ARGÜELLES & TAIPE (2018) highlight the longitudinal variation (by distance from the coast) in the size frequency distribution of jumbo flying squid in Peruvian waters observed in the period 2009-2011, which corresponds to the period of clear dominance of the large-sized

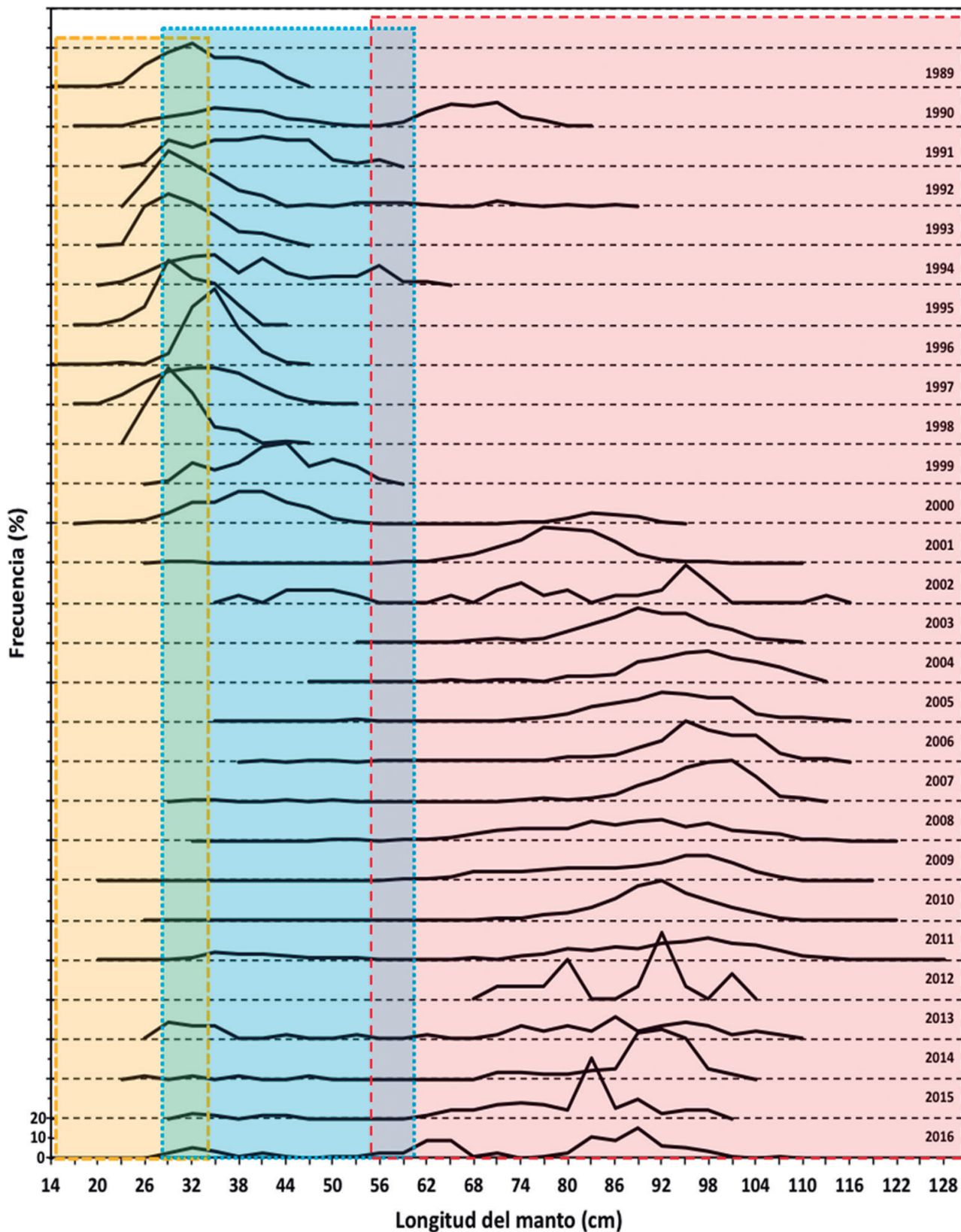


Figura 11.- Distribución anual de la frecuencia tallas del manto de hembras maduras de calamar gigante (*D. gigas*) capturadas en aguas peruanas, en porcentaje (%), años 1989 a 2016. Las áreas sombreadas indican los rangos de talla de los tres grupos de talla de madurez propuestos por NIGMATULLIN *et al.* (2001) (ver Tabla 1)

Figure 11. Annual mantle length frequency distribution of mature females of jumbo flying squid (*D. gigas*) caught in Peruvian waters, in percentage (%), years 1989 to 2016. The shaded areas indicate the size ranges of the three size-at-maturity groups proposed by NIGMATULLIN *et al.* (2001) (see Table 1)

grande y que está representado por el modelo conceptual en la figura 9, según la cual los ejemplares juveniles más jóvenes generalmente se encontraron más lejos de la costa, en aguas oceánicas, los juveniles más grandes más cerca de la costa, sobre el talud continental y hacia áreas más costeras sobre la plataforma, mientras que los calamares más grandes ya maduros o que están madurando se alejan de la costa y se encuentran mar adentro, sobre el borde exterior de la plataforma o del talud continental. En el período 1991-2011 analizado, ARGÜELLES y TAIPE (2018) no observaron diferencias importantes o tendencias claramente distinguibles a nivel interanual en la distribución latitudinal de las frecuencias de tallas del calamar gigante en aguas peruanas.

## 9. POSIBLES UNIDADES POBLACIONALES

La adecuada identificación de stocks o unidades poblacionales, incluyendo la eventual presencia de grupos con características fenotípicas diferentes que se comporten como subunidades poblacionales, es de gran importancia en todo ejercicio de evaluación de recursos pesqueros, así como para el cálculo, formulación y aplicación de límites máximos de captura y otras medidas de ordenación pesquera. Esta es una preocupación que ha estado presente desde que se iniciaron las investigaciones biológico-pesqueras del calamar gigante.

Sin embargo, todavía hay incertidumbre sobre cuántos stocks o unidades poblacionales de *D. gigas* hay en todo su rango de distribución, que se extiende en una amplia área nerítico-oceánica del Pacífico oriental desde 40°N hasta 47°S frente a las costas de Norte, Centro y Sudamérica. A ese respecto, es de destacar que a pesar de tener gran movilidad es difícil suponer que todo el calamar gigante en esta amplia área de distribución pertenezca a solo una o dos unidades poblacionales. Y ello seguramente sería más difícil de admitir y acomodar al desarrollar estrategias y medidas de ordenación pesquera, dado el amplio rango de hábitats, los varios grupos de talla con parámetros de reproducción y probablemente de crecimiento tan diversos y las varias pesquerías, grupos de participantes en la pesca y áreas de pesca involucradas.

Basándose en exámenes biogeográficos, algunos autores propusieron la existencia de al menos dos stocks o unidades poblacionales de calamar gigante (*D. gigas*) en todo su rango de distribución en el océano Pacífico oriental, una en el hemisferio norte y otra en el hemisferio sur (WORMUTH 1976, 1998; NESIS 1983, CLARKE y PALIZA 2000) lo que ha sido ratificado con estudios genéticos más recientes, que han confirmado que los calamares gigantes frente a México (Pacífico NE) y frente a Perú y Chile (Pacífico SE) pertenecen a poblaciones separadas y que han estado separadas por un tiempo lo suficiente largo como para desarrollar diferencias

sexual maturity group and is represented by the conceptual model in Figure 9, according to which the youngest juvenile specimens were generally found farther from the coast, in oceanic waters, the largest juveniles closer to the coast, on the continental slope and towards more coastal areas on the shelf, while the larger, mature or maturing squid move away from the coast and are found offshore, on the outer edge of the shelf or continental slope. ARGÜELLES & TAIPE (2018) did not observe important differences or clearly distinguishable interannual trends in the latitudinal distribution of the size frequencies of jumbo flying squid in Peruvian waters in the time period 1991-2011 they analyzed.

## 9. POTENTIAL POPULATION UNITS

Adequate identification of stocks or population units, including the possible presence of groups with different phenotypic characteristics that behave as population subunits, is of great importance in all fishery resource assessment exercises, as well as in the calculation, formulation and application of maximum catch limits and other fishery management measures. This is a concern that has been present since the beginning of the biological-fisheries research on jumbo flying squid.

However, there is still uncertainty about how many stocks or population units of *D. gigas* there are in its entire distribution range, which extends over a wide neritic-oceanic area of the Eastern Pacific Ocean from 40°N to 47°S off the coasts of North, Central and South America. In this regard, it should be noted that, although highly mobile, it is difficult to assume that all the jumbo flying squid in this wide range belong to only one or two population units. And this would surely be more difficult to admit and accommodate when developing fishery management strategies and measures, given the wide range of habitats, the various size groups with such diverse reproduction and probably growth parameters, and the various fisheries, groups of fishing participants and fishing areas involved.

Based on biogeographic examinations, some authors proposed the existence of at least two stocks or population units of jumbo flying squid (*D. gigas*) throughout its range in the Eastern Pacific Ocean, one in the northern hemisphere and one in the southern hemisphere (WORMUTH 1976, 1998; NESIS 1983, CLARKE & PALIZA 2000), which has been ratified by more recent genetic studies that have confirmed that the jumbo flying squid off Mexico (NE Pacific) and off Peru and Chile (SE Pacific) belong to separate populations and have been separated for a long enough time to develop significant genetic differences (SANDOVAL-

genéticas significativas (SANDOVAL-CASTELLANOS *et al.* 2007, 2009, 2010; STAAF *et al.* 2010). Otros grupos y probables subunidades poblacionales con características fenotípicas muy diferenciadas, no habrían gozado del mismo beneficio de estar separadas por un tiempo lo suficientemente largo para desarrollar diferencias genéticas significativas.

Luego de revisar la información disponible sobre la taxonomía, morfología funcional, biología evolutiva y ecología del calamar gigante, NIGMATULLIN *et al.* (2001) identificaron y describieron tres grupos intraespecíficos de esta especie que han sido observados tanto en el hemisferio norte como en el sur, distinguibles por su talla máxima y por el tamaño al que ejemplares machos y hembras alcanzan la madurez sexual con áreas de distribución y preferencias ambientales algo diferentes, que se superponen parcialmente y que, según los mismos autores, podrían corresponder a stocks o subunidades poblacionales diferentes.

Por la importancia que tiene para los fines de orientar las estrategias de evaluación del recurso y de ordenación de sus pesquerías frente al Perú, en la Tabla 1 se resumen las principales características de los tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales de calamar gigante descritos por NIGMATULLIN *et al.* (2001) que han sido observados frente al Perú. Estos grupos están presentes dentro de las 200 mn de aguas jurisdiccionales del Perú, aunque no siempre en las mismas proporciones y, como se observa en la figura 11 y se indica en la última columna de la Tabla 1, la incidencia de unos y otros ha variado a través de los años. Los tres grupos también se encuentran en la altamar adyacente, aunque suelen presentarse en abundancia y proporciones diversa a las observadas en aguas peruanas.

CASTELLANOS *et al.* 2007, 2009, 2010; STAAF *et al.* 2010). Other groups and probable population subunits with very different phenotypic characteristics would not have enjoyed the same benefit of being separated for a sufficiently long enough time to develop significant genetic differences.

After reviewing the available information on the taxonomy, functional morphology, evolutionary biology and ecology of the jumbo flying squid, NIGMATULLIN *et al.* (2001) identified and described three intraspecific groups of this species that have been observed in both the northern and southern hemispheres, distinguishable by their maximum size and by the size at which males and females reach sexual maturity, with somewhat different areas of distribution and environmental preferences, which overlap partially and which, according to the same authors, could correspond to different population stocks or subunits.

Due to its importance in guiding the strategies for the assessment and management of the jumbo flying squid fisheries off Peru, Table 1 summarizes the main characteristics of the three phenotypic groups or subunits of the jumbo flying squid population described by NIGMATULLIN *et al.* (2001) that have been observed off Peru. These groups are present within the 200 nm of Peruvian jurisdictional waters, although not always in the same proportions and, as shown in figure 11 and indicated in the last column of Table 1, the incidence of one or another has varied over the years. The three groups are also found in the adjacent high seas, although they tend to occur in abundance and proportions different from those observed in Peruvian waters.

Tabla 1.- Cuadro resumen de los tres grupos o posibles subunidades poblacionales de *Dosidicus gigas* distinguibles por su talla de madurez (según NIGMATULLIN *et al.* 2001) observados frente a las costas del Perú

Table 1. Summary table of the three groups or possible population subunits of *Dosidicus gigas* distinguishable by their length at maturity (after NIGMATULLIN *et al.* 2001) observed off the Peruvian coast

Grupos según talla de madurez sexual ~ Groups by size at sexual maturity	Rango de longitud de manto al estado adulto (mm) ~ Range of mantle length at adult stage (mm)		Rango de distribución latitudinal ~ Latitudinal distribution range	Años de mayor incidencia observada en aguas peruanas ~ Years of higher incidence observed in Peruvian waters
	Machos ~ Males	Hembras ~ Females		
Talla pequeña ~ Small size	130 a 260	140 a 340	Cerca de la zona ecuatorial (latitudes bajas) ~ Close to the Equatorial zone (low latitudes)	1979-1983 & 1989-1999
Talla media ~ Medium size	240 a 420	280 a 600	Casi todo el rango de la especie excepto las latitudes altas ~ Almost the whole distribution range, except for the high latitudes	1979-1983, 1989-1999, 2002 & 2013
Talla grande ~ Large size	400 a 500+	550 a 1000+	Al norte de los 10°N, al sur de los 10°S y aguas frías a lo largo de la costa norte-centro del Perú ~ To the north of 10°N, to the south of 10°S and cold waters along the northern and central parts of the Peruvian coast	1958-1962, 1990 & 2000-2017

Es importante destacar que al proponer estos grupos o posibles subunidades poblacionales NIGMATULLIN *et al.* (2001) reconocen las dificultades para definir la estructura poblacional del calamar gigante, destacando que, como en otros grupos de Ommastrephidae, en el caso de *D. gigas* hay muchos grupos locales, que algunas veces pueden ser grupos alopatricos (separados por barreras físicas) pero que mayormente son grupos simpátricos (separados sin barreras físicas) y parapatricos (con distribución continua, pero con apareamiento no aleatorio) que difieren entre sí en muchos aspectos ecológicos importantes. El canibalismo y la marcada agresividad y voracidad del calamar gigante, aunados a la estrecha relación entre la talla y la velocidad de natación (y de ataque y evasión) podrían explicar en gran medida la segregación parapatrica de estos grupos.

Cabría agregar que, en la misma época, ARGÜELLES *et al.* (2001) investigaron la edad y el crecimiento del calamar gigante mediante la lectura de incrementos diarios en los estatolitos de ejemplares muestreados durante la pesquería peruana de calamar en 1992 e identificaron dos grupos de tamaño: uno con tallas menores de 490 mm LM y edad máxima de 220 días y otro con tallas mayores de 520 mm LM y edad máxima de 354 días, los que coincidían con los dos grupos de talla de madurez sexual observados en la misma pesquería entre 1991 y 1994 por TAFUR y RABÍ (1997) y respaldan la sugerencia de estos autores sobre la presencia en aguas peruanas de dos grupos poblacionales de calamar gigante, que se diferenciaban por su tamaño de madurez sexual, con una unidad poblacional de madurez temprana y talla pequeña (que podría corresponder a una mezcla de los grupos de talla pequeña y mediana, Tabla 1) y otra unidad poblacional de maduración tardía y talla de madurez más grande.

Observaciones más recientes han venido confirmando la presencia, dentro de las 200 mn de aguas jurisdiccionales peruanas, en períodos de tiempo y áreas variables, de esos tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales, que se distinguen por tener tallas máximas, tallas y edades de madurez sexual, preferencias ambientales y otras características fenotípicas algo diferentes (ARGÜELLES *et al.* 2008, ARGÜELLES y TAFUR 2010, ARKHIPKIN *et al.* 2015, CSIRKE *et al.* 2015, ARGÜELLES *et al.* 2017). Observaciones en la alta mar adyacente indican que más allá de las 200 mn de la costa peruana también se encuentran los tres grupos de tallas de madurez sexual, pero con clara prevalencia de los de tallas pequeña y mediana, como lo sugieren las distribuciones de frecuencias de tallas del calamar gigante (por lo general menores de 50 cm LM) capturados por la flota de aguas distantes de China, que ha venido operando entre 2006 y 2016 en el área

It is important to note that in proposing these groups or possible population subunits, NIGMATULLIN *et al.* (2001) recognized the difficulties in defining the population structure of jumbo flying squid, noting that, as in other groups of Ommastrephidae, in the case of *D. gigas* there are many local groups, which can sometimes be allopathic groups (separated by physical barriers) but are mostly sympatric (separated without physical barriers) and parapatric (with continuous distribution, but with non-random mating) groups that differ from each other in many important ecological aspects. Cannibalism and the pronounced aggressiveness and voracity of the jumbo flying squid, together with the close relationship between size and swimming (and attacking and escaping) speed, could explain, to a large extent, the parapatric segregation of these groups.

It should be added that, at the same time, ARGÜELLES *et al.* (2001) investigated the age and growth of jumbo flying squid by reading daily increments in the statoliths of individuals sampled during the Peruvian squid fishery's operations in 1992 and identified two size groups: one with sizes less than 490 mm ML and maximum age of 220 days and the other with sizes greater than 520 mm ML and maximum age of 354 days, which coincided with the two groups of size at sexual maturity observed in the same fishery between 1991 and 1994 by TAFUR & RABÍ (1997) and support the suggestion of these authors on the presence in Peruvian waters of two population groups of jumbo flying squid, which differed in their size at sexual maturity, with a population unit of early maturity and small size (which may correspond to a mixture of the small and medium size groups, Table 1), and another population unit of late maturity and larger size of maturity.

More recent observations have confirmed the presence, within the 200 nm of Peruvian jurisdictional waters, in varying time periods and areas, of these three phenotypic groups or population subunits, which are distinguished by their maximum sizes, sizes and ages at sexual maturity, environmental preferences and other somewhat different phenotypic characteristics (ARGÜELLES *et al.* 2008, ARGÜELLES & TAFUR 2010, ARKHIPKIN *et al.* 2015, CSIRKE *et al.* 2015, ARGÜELLES *et al.* 2017). Observations in the adjacent high seas indicate that beyond the 200 nm off the Peruvian coast there are also the three groups of sexually mature sizes, but with a clear prevalence of those of small and medium sizes, as suggested by the frequency distributions of sizes of jumbo flying squid (usually less than 50 cm ML) captured by China's distant water fleet, which has been operating between 2006 and 2016 in the high



de altamar frente al Perú (LIU *et al.* 2013, 2013a, LI *et al.* 2016, 2017). En particular, resulta interesante la observación de LIU *et al.* (2013a) que señalan que sus análisis muestran que el grupo de tallas medias fue el que predominó en el área de alta mar frente a Perú y Chile, que se caracteriza por aguas más templadas al estar bajo la influencia de la Corriente de Perú, mientras que el grupo de tallas pequeñas predominó más al norte, en el área de alta mar frente a Costa Rica, que se caracteriza por aguas más cálidas.

Las marcadas diferencias entre estos tres grupos, con tallas de madurez sexual y otras características fenotípicas tan diferenciadas, hace que, como señalan NIGMATULLIN *et al.* (2001), se les pueda considerar como especies *in status nascendi* o al menos como subunidades poblacionales o unidades de stock diferentes. Y de hecho, al expresar características poblacionales tan diferentes en áreas y por períodos de tiempo más o menos amplios, es posible que sea necesario considerarlas como tales (*i.e.* como grupos o subunidades poblacionales más o menos separadas) al estudiar y describir su dinámica poblacional y evaluar su abundancia, estado de explotación y rendimiento máximo por recluta o del stock en su conjunto y sobre todo, para desarrollar y aplicar las medidas de ordenación pesquera más adecuadas, al menos en aquellas áreas apartadas o colindantes donde por períodos prolongados predominan grupos de tallas de madurez diferentes y donde actúan pesquerías claramente diferenciadas, tales como, por ejemplo, la pesquería ejercida por nuestra flota artesanal en aguas peruanas que desde el año 2000 ha sido sostenida mayormente por el grupo de calamares de tallas de madurez grande, y la pesquería de la misma especie por flotas de otros países en la alta mar adyacente, que es sostenida mayormente por grupos de tallas de madurez mediana y chica.

Aunque la existencia de esos tres grupos que los asemeja a subunidades poblacionales separadas es respaldada por diversas observaciones y análisis biogeográficos, la mayoría de estudios genéticos orientados a determinar la estructura poblacional del calamar gigante en el hemisferio sur, no ha encontrado que estos grupos presenten marcadores genéticos lo suficientemente divergentes como para considerarlos como grupos o unidades poblacionales diferentes desde el punto de vista genético. En efecto, los estudios de IBÁÑEZ (2010), IBÁÑEZ *et al.* (2011) e IBÁÑEZ y POULIN (2014) no encontraron diferencias genéticas relevantes entre el calamar gigante muestreado frente al centro-sur de Chile y frente a Perú, y los estudios genéticos de YOKAWA (1995), SANDOVAL-CASTELLANOS *et al.* (2009) y STAAF *et al.* (2010) no encontraron diferencias genéticas relevantes entre muestras correspondientes a dos o a los tres grupos de tallas de madurez descritos por NIGMATULLIN *et al.* (2001).

seas area off Peru (LIU *et al.* 2013, 2013a, LI *et al.* 2016, 2017). In particular, it is interesting to note the observation made by LIU *et al.* (2013a) indicating that their analyses show that the medium size group was the one that predominated in the offshore area off Peru and Chile, which is characterized by more temperate waters under the influence of the Peruvian Current, while the small size group predominated further north in the offshore area off Costa Rica, which is characterized by warmer waters.

The marked differences between these three groups, with sizes at sexual maturity and other phenotypic characteristics so differentiated, means that, as NIGMATULLIN *et al.* (2001) point out, they can be considered as species *in status nascendi*, or at least as population subunits or different stock units. And in fact, when expressing such different population characteristics in more or less broad areas and for more or less broad periods of time, it may be necessary to consider them as such (*i.e.*, to consider them as more or less separate population groups or subunits) when studying and describing their population dynamics and assessing their abundance, state of exploitation and maximum yield per recruit or of the stock as a whole, and above all, to develop and apply the most appropriate fisheries management measures, at least in those separate or adjoining areas where different groups of mature sizes predominate for long periods and where clearly differentiated fisheries operate, such as, for example, the fishery conducted by our artisanal fleet in Peruvian waters, which, since 2000, has been supported mostly by the large-sized squid group, and the fishery for the same species, by fleets of other countries in the adjacent high seas, which is supported mostly by medium- and small-sized size groups.

Although the existence of these three groups that resemble separate population subunits is supported by various biogeographic observations and analyses, most genetic studies aimed at ascertaining the population structure of jumbo flying squid in the southern hemisphere have not found that these groups have genetic markers that are sufficiently divergent to be considered as genetically different population groups or units. Effectively, the studies of IBÁÑEZ (2010), IBÁÑEZ *et al.* (2011) and IBÁÑEZ & POULIN (2014) found no relevant genetic differences between the jumbo flying squid sampled off Central-Southern Chile and off Peru, and the genetic studies of YOKAWA (1995), SANDOVAL-CASTELLANOS *et al.* (2009) and STAAF *et al.* (2010) found no relevant genetic differences between samples corresponding to two or three groups of maturity sizes described by NIGMATULLIN *et al.* (2001).

Sin embargo, los mismos autores (SANDOVAL-CASTELLANOS *et al.* 2009) concluyen que la falta de evidencia sobre la divergencia genética de esos grupos “no necesariamente implica la ausencia de diferenciación entre los grupos, pero sustenta el hecho de que la población, en su amplia extensión geográfica, puede tener diferentes grupos de talla sin diferenciación genética relevante, implicando que los hipotéticos grupos genéticamente diferenciados pueden ocurrir en diferentes nichos ecológicos”. A lo que podríamos agregar que la ausencia de marcadores genéticos claramente definidos no excluye la posibilidad de que la población de calamar gigante del Pacífico sudoriental se forme a través de múltiples unidades auto sostenidas con poca diferenciación genética, pero con procesos de crecimiento reproductivo y somático distintos y en hábitats diferentes, que en partes de su ciclo vital se pueden superponer total o parcialmente.

Además, hay que destacar el gran dinamismo del ecosistema de la Corriente de Perú que, sobre todo en su parte norte, frente al Perú, suele ser sometida al embate de marcados cambios ambientales contrapuestos, distinguiéndose los de carácter interanual, como “El Niño” y “La Niña”, y los de carácter interdecadal, como “El Viejo” y “La Vieja” (CHAVEZ *et al.* 2008), que han demostrado tener un marcado efecto sobre la distribución, transporte, dispersión y mezcla de las masas de agua de dicho ecosistema, así como sobre las especies que ahí habitan. Ello, aunado a la alta movilidad y adaptabilidad del calamar gigante, podría explicar la falta de una clara diferenciación genética ya sea a nivel latitudinal o a nivel de los tres grupos de tallas de madurez sexual ya descritos.

Como se ha mencionado líneas arriba, esos tres grupos con tallas de madurez y otras características fenotípicas tan diferentes, se han observado casi persistentemente en el ecosistema costero y oceánico frente al Perú, pero se suelen presentar como grupos dominantes separados, en períodos de tiempo diferentes y con una clara segregación espacial de sus núcleos de mayor abundancia, que tienden a alterarse esporádicamente o por períodos de una o más décadas ante cambios ambientales del tipo de El Niño, La Niña, El Viejo y La Vieja mencionados líneas arriba. Es muy probable que los procesos de dispersión y mezcla generados por estos fenómenos ambientales, tengan el efecto de mezclar también y reiniciar a nivel interdecadal, posibles procesos de divergencia genética de esos grupos.

Sin duda, la separación por una o más décadas de esos grupos fenotípicamente tan diferentes, no es suficiente para cimentar divergencias genéticas claramente identificables, a menos que se usen métodos capaces de examinar marcadores genéticos con un nivel de resolución más alto. Precisamente en esa dirección estuvo dirigido el estudio genético más reciente de SÁNCHEZ *et al.* (2016), quienes evaluaron la diversidad

However, the same authors (SANDOVAL-CASTELLANOS *et al.* 2009) conclude that the lack of evidence on the genetic divergence of these groups “does not imply complete lack of differentiation among the groups but supports the fact that a geographically spread population can have different size groups without relevant genetic differentiation, implying that the hypothetical genetically differentiated groups may occur in different ecological niches”. To which we could add that the absence of clearly defined genetic markers does not exclude the possibility that the jumbo flying squid population of the Southeast Pacific is formed through multiple self-sustaining units with little genetic differentiation, but with different reproductive and somatic growth processes and in different habitats, which may overlap totally or partially in parts of their life cycle.

In addition, it is important to highlight the great dynamism of the Peruvian Current ecosystem, which, especially in the northern part, off Peru, is often subject to noticeable contrasting environmental changes, worth highlighting those of an interannual nature, such as “El Niño” and “La Niña”, and those of an interdecadal nature, such as “El Viejo” and “La Vieja” (CHAVEZ *et al.* 2008), which have proven to have a marked effect on the distribution, transport, dispersion and mixing of the water masses in that ecosystem, as well as on the species that inhabit it. This, in conjunction with the high mobility and adaptability of the jumbo flying squid, could explain the lack of a clear genetic differentiation either at the latitudinal level or at the level of the three groups of sizes at sexual maturity described above.

As mentioned above, these three groups with such different sizes at sexual maturity and other phenotypic characteristics have been observed almost persistently in the coastal and oceanic ecosystem off Peru, but are usually present as separate dominant groups, in different periods of time and with a clear spatial segregation of their nuclei of greatest abundance, which tend to be altered sporadically or for periods of one or more decades due to environmental changes of the type of El Niño, La Niña, El Viejo and La Vieja, which were mentioned above. It is very likely that the processes of dispersion and mixing generated by these environmental phenomena will also have the effect of mixing and resetting at the interdecadal level, possible processes of genetic divergence of these groups.

Clearly, the separation by one or more decades of these phenotypically very different groups is not sufficient to establish clearly identifiable genetic divergences, unless methods capable of examining genetic markers with a higher level of resolution are used. It was precisely in this direction that the most recent genetic study conducted by SÁNCHEZ *et al.* (2016) was directed. They evaluated the genetic

genética, los trazos de eventos demográficos del pasado y la estructura poblacional del calamar gigante en aguas peruanas y la alta mar adyacente, analizando un tipo de marcadores del DNA de mutación rápida, no usado antes en el caso de esta especie. Y entre sus hallazgos destacan el haber determinado: que hace unos 43.500 años hubo una expansión demográfica con un gran crecimiento poblacional; que los loci de los microsátélites del DNA indicaban una única estructura genética para toda el área frente al Perú: y que, en contraste, el mtDNA indicaba una diferenciación baja pero significativa entre los grupos de tallas pequeña y grande de madurez. No obstante, dado el bajo número de ejemplares analizados (n=120) y otras limitaciones que describen, los autores no llegan a resultados conclusivos, reconociendo que hay necesidad de más estudios para dilucidar este importante aspecto de la estructura poblacional del calamar gigante en aguas peruanas y en la alta mar adyacente.

Sin embargo, aunque hay serias y justificadas dudas sobre la diferenciación genética entre los tres grupos y que al estado del conocimiento actual no es posible distinguirlos como unidades poblacionales genéticamente diferentes, resaltamos lo ya expresado por ARGÜELLES *et al.* (2017) sobre los desafíos que plantea la presencia de esos grupos con características fenotípicas tan diferentes, con áreas de distribución general también diferentes, que tienden a separarse espacialmente aun cuando sus áreas de distribución se superpongan y que son explotados por pesquerías también bastante diferentes, una artesanal costera que opera principalmente más cerca de la costa, en aguas jurisdiccionales peruanas y otra pesquería de aguas distantes que opera en alta mar, en aguas internacionales.

Lo expresado líneas arriba, plantea muchos interrogantes, demandas y desafíos serios e interesantes, en especial con respecto a cuáles son los mejores métodos de evaluación de stock a aplicar en estos casos, cuál es el enfoque y cuáles serían las estrategias de ordenación pesquera más adecuados, tanto con respecto a la pesca en alta mar como a la pesca en aguas jurisdiccionales. Y es muy probable que, aunque no se tengan evidencias concretas de que pertenecen a subunidades poblacionales genéticamente diferentes, estos tres grupos fenotípicamente tan diferentes, tendrán que ser evaluados y posiblemente también deberán ser sometidos a medidas de ordenación pesquera como si se trataran de unidades o subunidades poblacionales diferentes.

## 10. LA PESQUERÍA

Se identifican hasta tres períodos claros en la historia del desarrollo de la pesquería de calamar gigante en el Perú. El primero hasta antes de 1989, cuando no había una pesquería dirigida a esta especie y solo se desembarcaban algunos cientos de toneladas,

diversity, the traces of past demographic events and the population structure of jumbo flying squid in Peruvian waters and the adjacent high seas, analyzing a type of rapid mutation DNA marker not previously used in the case of this species. And among their findings, are worth noting they having established: that some 43,500 years ago there was a demographic expansion with a large population growth; that the DNA microsatellite loci indicated a single genetic structure for the entire area off Peru; and that, in contrast, the mtDNA indicated a low but significant differentiation between the small and the large-size at maturity groups. However, given the low number of specimens analyzed (n=120) and other limitations they describe, the authors do not reach conclusive results, recognizing that there is a need for more studies to elucidate this important aspect of the population structure of jumbo flying squid in Peruvian waters and in the adjacent high seas.

Nonetheless, although there are serious and justified doubts about the genetic differentiation between the three groups and that it is not possible to distinguish them with the current state of knowledge as genetically different population units, we highlight what has already been expressed by ARGÜELLES *et al.* (2017) on the challenges posed by the presence of such groups with such different phenotypic characteristics, and with different general ranges of distribution, which tend to be spatially separated even when their ranges overlap, and are exploited by quite different fisheries, a coastal artisanal fishery operating mainly closer to the coast, in Peruvian jurisdictional waters and another distant water fishery operating on the high seas, in international waters.

The foregoing raises many serious and interesting questions, demands and challenges, especially with respect to the best stock assessment methods to be applied in these cases, and the best approach and most appropriate fisheries management strategies, both with respect to the high seas fisheries and the jurisdictional waters fisheries. And it is very likely that, although there is no concrete evidence that they belong to genetically different population subunits, these three so different phenotypic groups will have to be assessed and possibly also be subjected to fisheries management measures as if they were different population units or subunits.

## 10. THE FISHERY

Up to three clear periods in the history of the development of the jumbo flying squid fishery in Peru are identified. The first was before 1989, when there was no directed fishery for this species and only a few hundred tons were landed,

producto de capturas incidentales de la flota cortinera de altura dedicada a la pesca de atunes y tiburones, así como de la flota de cerco artesanal, más costera. El segundo período, entre 1990 y 1996, que corresponde a la fase de crecimiento inicial de una pesquería artesanal local dirigida a la pesca del calamar gigante y el inicio también de una pesquería industrial utilizando buques poteros industriales extranjeros bajo acuerdos que les permitían acceder a licencias o permisos temporales de pesca para operar en aguas peruanas. Juntas, esas dos pesquerías, llegaron a producir una captura total de 210 mil t en 1994, donde la mayor parte (80%) fue capturada por la flota industrial extranjera (Fig. 12), contribuyendo así a confirmar la presencia de densas concentraciones de calamar gigante de importancia comercial en aguas peruanas.

Luego de un breve intervalo de bajas capturas, asociado a un proceso de revisión de los acuerdos y licencias de pesca a la flota potera industrial extranjera y a la ocurrencia del muy fuerte fenómeno de El Niño de 1997-98, a partir de 1999 se observa un tercer período en el desarrollo de esta pesquería que se prolonga hasta la fecha, caracterizado por el rápido crecimiento de la pesquería artesanal local del calamar gigante y el reemplazo y eliminación gradual de la pesquería industrial con barcos industriales extranjeros. Las capturas totales en aguas jurisdiccionales peruanas en este tercer período alcanzaron un primer máximo de 558.995 t en 2008, de las cuales el 95,4% (533.000 t) fue capturado por la flota artesanal local, y en 2014 se alcanzó un segundo máximo de 556.156 t, todo capturado por la flota artesanal local.

mostly resulting from the bycatch of the high-sea gillnetting fleet fishing for tunas and sharks, as well as the artisanal purse-seine fleet, which was more coastal. The second period, between 1990 and 1996, corresponds to the initial growth phase of a local artisanal fishery aimed at fishing for jumbo flying squid and the beginning of an industrial fishery using foreign industrial jigger vessels under agreements that allowed them access to temporary fishing licenses or permits to operate in Peruvian waters. Together, these two fisheries produced a total catch of 210,000 t in 1994, where the majority (80%) was caught by the foreign industrial fleet (Fig. 12), thus contributing to confirm the presence of dense commercially important concentrations of jumbo flying squid in Peruvian waters.

After a brief interval of low catches, associated with a process of revision of the agreements and fishing licenses to the foreign industrial jigger fleet and the occurrence of the very strong El Niño phenomenon of 1997-98, from 1999 onwards a third period in the development of this fishery has been observed, which continues to date, characterized by the rapid growth of the local artisanal fishery for jumbo flying squid and the gradual replacement and elimination of the industrial fishery with foreign industrial vessels. The total catches in Peruvian jurisdictional waters in this third period reached its first peak of 558,995 t in 2008, of which 95.4% (533,000 t) were caught by the local artisanal fleet, and in 2014 a second peak of 556,156 t was reached, all caught by the local artisanal fleet.

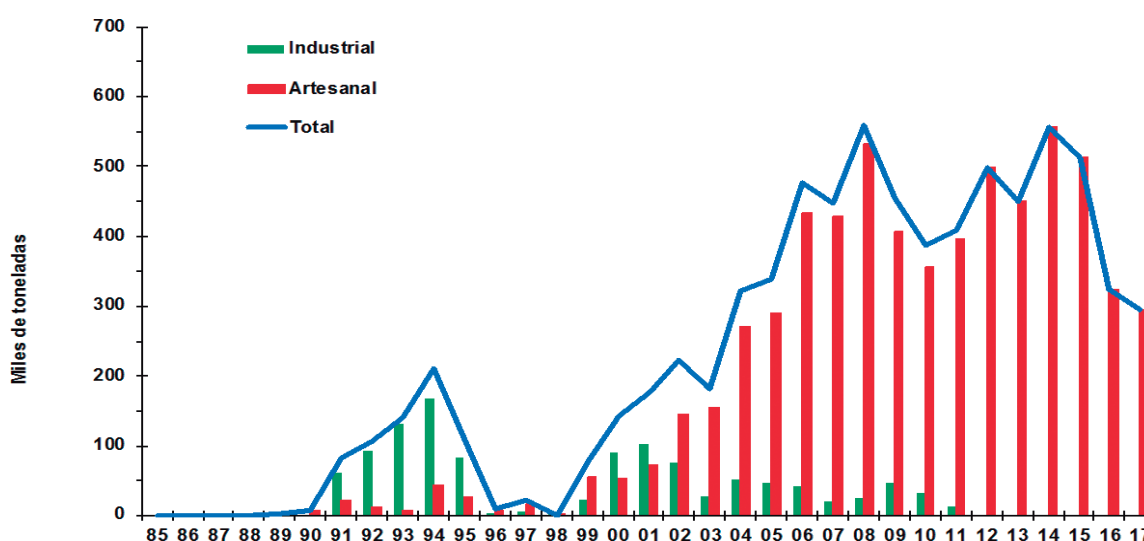


Figura 12.- Capturas anuales de calamar gigante (*D. gigas*) en aguas jurisdiccionales peruanas, total y por flotas, industrial y artesanal, años 1985-2017

Figure 12. Annual catches of jumbo flying squid (*D. gigas*) in Peruvian jurisdictional waters, totals and by the industrial and the artisanal fleets, years 1985-2017

El calamar gigante se captura a lo largo de toda la costa peruana, desde muy cerca de la costa hasta 450 mn, sin embargo, las áreas de pesca con los mejores rendimientos se encuentran generalmente entre 10 y 80 mn de la costa en verano y de 10 a 130 mn en invierno y primavera. En esta fase de desarrollo la flota industrial pescó tanto en alta mar como en aguas jurisdiccionales peruanas, mientras que la flota artesanal operó más cerca de la costa que la flota industrial.

La flota potera industrial que operó en aguas peruanas entre 1991 y 2011, capturó calamar gigante frente a toda la costa peruana. Inicialmente fue autorizada a operar solo por fuera de 20 y 30 mn de distancia de la costa hasta 2010, restricción que se amplió a hasta 80 mn de la costa en 2011. En gran parte, esas medidas tuvieron por finalidad evitar o reducir posibles conflictos con la pesquería artesanal que estaba en pleno proceso de expansión. La flota industrial realizó capturas hasta 450 mn de distancia de la costa peruana, aunque encontraron las mejores concentraciones y realizaron la gran mayoría de sus capturas dentro de las 200 mn, en aguas jurisdiccionales peruanas, sobre o ligeramente más allá del borde de la plataforma continental (CSIRKE *et al.* 2015). Entre 1991 y 2000, las áreas de pesca principales y más productivos de la flota industrial se ubicaron hacia el norte del Perú, entre 04 y 09°S, extendiéndose también hacia la parte centro y sur. Primero ocasionalmente, en 1992, 1993 y 1997 y luego más frecuentemente entre 2001 y 2011. A partir de 2012 se dejó de otorgar licencias para la pesca de calamar gigante con embarcaciones industriales extranjeras en aguas peruanas y desde entonces la única flota dedicada a la pesca de calamar gigante en aguas peruanas es de tipo artesanal.

Aparte de la prohibición general de pescar muy cerca de las islas y puntas guaneras, la flota artesanal ha tenido y tiene pocas o ninguna restricción de área para operar, a no ser por la limitada autonomía de sus embarcaciones que, sin embargo, se ha ido ampliando. A partir de 1999 las capturas de calamar gigante por parte de la flota artesanal aumentaron rápidamente, primero con una flota que operaba en la zona norte, principalmente desde los puertos de Paita y Talara. En la parte sur, la pesca del calamar gigante se inicia propiamente a partir del año 2001, con una flota artesanal que opera desde el puerto de Matarani.

Desde 2009, la distribución general de las áreas de pesca de la flota artesanal dedicada a la pesca de calamar gigante se ha ido extendiendo, abarcando mayor área del dominio marítimo peruano, tanto a lo largo de la costa como hacia fuera de ella. Inclusive, entre los años 2013 y 2016 se han reportado algunas capturas de calamar gigante a más de 200 mn de distancia de la costa, aunque la mayor parte de esas capturas habrían sido realizadas por la flota

The jumbo flying squid is caught along the entire Peruvian coast, from very close to the coast to 450 nm distance from the coast, however, the fishing areas with the best yields are generally between 10 and 80 nm from the coast in summer and 10 to 130 nm in winter and spring. In this phase of development, the industrial fleet fished both on the high seas and in Peruvian jurisdictional waters, while the artisanal fleet operated closer to the coast than the industrial fleet did.

The industrial jigger fleet that operated in Peruvian waters between 1991 and 2011 caught jumbo flying squid off the entire Peruvian coast. It was initially authorized to operate only outside 20 and 30 nm from the coast, until 2010; then this restriction that extended to 80 nm offshore in 2011. These measures were largely aimed at avoiding or reducing potential conflicts with the expanding artisanal fishery. The industrial fleet made catches up to 450 nm from the Peruvian coast, although they found the best concentrations and made the vast majority of their catches within 200 nm, in Peruvian jurisdictional waters, on or slightly beyond the edge of the continental shelf (CSIRKE *et al.* 2015). Between 1991 and 2000, the main and most productive fishing areas of the industrial fleet were located in Northern Peru, between 04 and 09°S, also extending towards the central and southern parts of the country. At first this happened occasionally, in 1992, 1993 and 1997, and then more frequently between 2001 and 2011. From 2012 onwards, the granting of licenses to fish for jumbo flying squid with foreign industrial vessels in Peruvian waters ceased, and since then the only fleet engaged in fishing for jumbo flying squid in Peruvian waters has been of the artisanal type.

Apart from the general prohibition to fish too close to islands and guano producing points, the artisanal fleet has had and still has little or no area restriction to operate, except for the limited autonomy of its vessels, which, however, has been extended. From 1999 onwards, catches of jumbo flying squid by the artisanal fleet increased rapidly, first with a fleet operating in the northern area, mainly from the ports of Paita (05°05'S) and Talara 04°34'S. In the southern part, fishing for jumbo flying squid began in 2001, with an artisanal fleet operating from the port of Matarani (17°00'S).

Since 2009, the general distribution of the fishing areas of the artisanal fleet dedicated to fish for jumbo flying squid has been expanding, covering a larger area of the Peruvian maritime domain, both along the coast and off of it. Between 2013 and 2016, some catches of jumbo flying squid were reported from more than 200 nm off the coast, although most of these catches would have been made by the multipurpose longliner-jigger fleet engaged

multipropósito espinelera-potera dedicada a la pesca de perico (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758) y varias especies de tiburones, que muchas veces usan al calamar gigante como carnada.

La mayor expansión de las áreas de pesca del calamar gigante de la flota artesanal tanto en sentido latitudinal como longitudinal, se dio a partir del año 2013, incluyendo áreas hacia el norte de Huacho (11°00'S) y al sur de Atico (16°00'S). Estas áreas continuaron extendiéndose de 2015 a la fecha, tanto hacia el borde externo de las 200 mn del dominio marítimo peruano como a lo largo de la costa, incluyendo áreas desde frente al Callao (12°00'S) hasta el sur de San Juan de Marcona (15°20'S) que antes eran poco visitadas. Esta mayor extensión de las áreas de pesca de calamar gigante, sobre todo hacia áreas más distantes de la costa, pone más en evidencia algunas limitaciones de la flota artesanal en lo que se refiere principalmente al equipamiento y facilidades que permitan mayor autonomía y mejores condiciones de captura, manipuleo y conservación a bordo. Al respecto, SALAZAR *et al.* (2018) examinan las características y situación actual de la flota artesanal y hacen algunas propuestas para la adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante, que incorpore tecnologías más modernas y eficientes de captura, manipuleo y conservación a bordo.

Además de la pesquería dirigida por parte de la flota potera artesanal, hay también registros de capturas incidentales de calamar gigante en las pesquerías pelágicas dirigidas a la captura de anchoveta con red de cerco, con malla de 13 mm y a la captura de jurel y caballa (*Scomber japonicus*) con red de cerco, con malla de 38 mm. BOUCHON *et al.* (2018) dan cuenta que en el periodo 2000-2015 esas dos pesquerías pelágicas con red de cerco, tuvieron una captura incidental acumulada de calamar gigante de 6.247 t, que representaron el 0,0065% del desembarque acumulado de anchoveta, el 0,0062% del desembarque acumulado de los tres pelágicos y el 0,1106% de desembarque acumulado de calamar gigante en el mismo período. La mayor parte de estas 6.247 t se capturó en la región norte-centro en los años 2002 y 2003, con casi 4.000 t y 1.000 t, respectivamente.

También reviste gran interés para el Perú la pesquería de calamar gigante que realizan flotas de ultramar en áreas de alta mar adyacentes a la zona de 200 mn bajo jurisdicción nacional que, como se describe líneas arriba, realizan flotas de China (LI *et al.* 2016, 2017), China Taipéi (ANÓNIMO 2016, 2017) y en menor grado Corea (CHOI *et al.* 2017), que capturan calamar gigante de grupos de talla de madurez y posibles subunidades de stock diferentes en áreas de alta mar, claramente diferentes a los grupos de talla y las áreas donde ha venido operando la flota artesanal peruana.

in fishing for common dolphinfish (*Coryphaena hippurus* Linnaeus, 1758) and several species of sharks, which often use the jumbo flying squid as bait.

The largest expansion of the fishing areas for jumbo flying squid in the artisanal fleet, both latitudinally and longitudinally, began in 2013, including areas north of Huacho (11°00'S) and south of Atico (16°00'S). These areas continued to extend from 2015 to date, both to the outer edge of the 200 nm of the Peruvian maritime domain and along the coast, including areas from off Callao (12°00'S) to south of San Juan de Marcona (15°20'S) that previously were rarely visited. This greater extension of the jumbo flying squid fishing areas, especially to areas further from the coast, puts more in evidence some of the limitations of the artisanal fleet in terms of equipment and facilities that allow for greater autonomy and better conditions for catching, handling and keeping their catch on board. In this regard, SALAZAR *et al.* (2018) examine the characteristics and current situation of the artisanal fleet and make some proposals for adapting and developing a Peruvian fleet specialized in the catch of jumbo flying squid, which would incorporate more modern and efficient technologies for catching, handling and conservation on board.

In addition to the directed fishery by the artisanal jigger fleet, there are also records of bycatches of jumbo flying squid in the pelagic fisheries targeting anchoveta with 13 mm mesh-size purse-seines, and mackerel (*Scomber japonicus*) and jack mackerel with 38 mm mesh-size purse-seines. BOUCHON *et al.* (2018) report that in the period 2000-2015, these two pelagic purse-seine fisheries had an accumulated bycatch of 6,247 t of jumbo flying squid, representing 0.0065% of the cumulative landing of anchoveta, 0.0062% of the cumulative landing of the three pelagics and 0.1106% of the cumulative landing of jumbo flying squid in the same period. Most of these 6,247 t were caught in the north-central region in 2002 and 2003, with almost 4,000 t and 1,000 t, respectively.

Also of great interest to Peru is the jumbo flying squid fishery conducted by distant water fleets in high seas areas adjacent to the 200 nm zone under national jurisdiction which, as described above, is conducted by fleets from China (LI *et al.* 2016, 2017), Chinese Taipei (ANONYMOUS 2016, 2017) and, to a lesser extent, Korea (CHOI *et al.* 2017), who catch jumbo flying squid from different sizes at maturity groups and possibly different stock sub-units in high seas areas, clearly different from the size groups and areas where the Peruvian artisanal fleet has been operating.

## 11. INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

Las primeras operaciones de pesca exploratoria y cruceros de investigación para evaluar la presencia y abundancia de calamar gigante en aguas peruanas fueron realizadas por IMARPE en 1979 y 1980, encontrándose concentraciones y niveles de abundancia bajos, con pequeños núcleos de ejemplares de 7 a 39 cm LM (BENITES y VALDIVIESO 1986). Resultados similares se encontraron durante otro estudio realizado en 1983-1984, del cual se destacan los informes sobre la presencia de 3 a 4 cohortes de calamar gigante en aguas oceánicas con predominio de hembras en una proporción de 7:1 y, la ausencia de desembarques de calamar gigante en 1983, asociado a los efectos del fuerte El Niño 1982-1983 (BENITES 1985).

En 1984, el Centro de Investigación de Recursos Pesqueros Marinos de Japón (JAMARC) realizó algunas prospecciones de pesca exploratoria en alta mar, adyacentes a las aguas jurisdiccionales peruanas y en 1989-1990, a través de un acuerdo de cooperación con IMARPE las prospecciones se ampliaron para investigar la distribución y abundancia de calamar gigante en aguas jurisdiccionales peruanas. Estas prospecciones encontraron concentraciones lo suficientemente abundantes, como para apoyar el desarrollo de una pesquería de calamar gigante en aguas peruanas (KUROIWA 1998, RUBIO y SALAZAR 1992). El interés comercial por el calamar gigante fue confirmado por las operaciones de pesca exploratoria realizadas entre 1989 y 1991 con barcos poteros japoneses y coreanos y por la pesca comercial de una flota soviética que utilizaba redes de arrastre pelágico (MARIÁTEGUI y TAIPE 1996).

Se realizaron otros cruceros de investigación entre 1997 y 2012 a bordo del BIC Shinko Maru 3 y el BIC Kaiyo Maru, a través de acuerdos de cooperación entre IMARPE, JAMARC y la Agencia de Pesca de Japón. Esos cruceros de investigación proporcionaron información valiosa sobre la distribución y concentración de paralarvas, juveniles y adultos de calamar gigante, así como sobre su comportamiento migratorio y el desarrollo de sus etapas tempranas de vida en aguas jurisdiccionales peruanas y en la alta mar adyacente (JAMARC 1999, YATSU *et al.* 1999, 1999a; FISHERIES AGENCY OF JAPAN 2009, SAKAI y YAMASHIRO 2013).

Desde 1999, se adaptaron ligeramente los cruceros de prospección hidroacústica llevados a cabo regularmente por IMARPE con el objetivo principal de evaluar la población de anchoveta y otros recursos pelágicos, a fin de incluir también como objetivo secundario la evaluación del calamar gigante (FLORES *et al.* 2016).

## 11. SCIENTIFIC RESEARCH

The first exploratory fishing operations and research cruises to assess the presence and abundance of jumbo flying squid in Peruvian waters were carried out by IMARPE in 1979 and 1980, finding low concentrations and low abundance levels, with small nuclei of squids from 7 to 39 cm ML (BENITES & VALDIVIESO 1986). Similar results were obtained during another study conducted in 1983-1984, amongst it is worth noting the reports on the presence of 3 to 4 cohorts of jumbo flying squid in oceanic waters, with a predominance of females in a ratio of 7:1, and the absence of landings of jumbo flying squid in 1983, associated with the effects of the strong El Niño 1982-1983 (BENITES 1985).

In 1984, the Japan Marine Fisheries Resources Research Center (JAMARC) conducted some exploratory fishing surveys on the high seas adjacent to Peruvian jurisdictional waters, and in 1989-1990, through a cooperation agreement with IMARPE, the surveys were expanded to also investigate the distribution and abundance of jumbo flying squid in Peruvian jurisdictional waters. These surveys found concentrations abundant enough to support the development of a jumbo flying squid fishery in Peruvian waters (KUROIWA 1998, RUBIO & SALAZAR 1992). Commercial interest in the jumbo flying squid was confirmed by exploratory fishing operations conducted between 1989 and 1991 with Japanese and Korean jigger vessels and by commercial fishing by a Soviet fleet using pelagic trawls (MARIÁTEGUI & TAIPE 1996).

Other research cruises were conducted between 1997 and 2012 aboard R/V Shinko Maru 3 and R/V Kaiyo Maru, through cooperation agreements between IMARPE, JAMARC and the Fisheries Agency of Japan. These research cruises provided valuable information on the distribution and concentration of paralarvae, juveniles and adults of jumbo flying squid, as well as on their migratory behavior and the development of their early life stages in Peruvian jurisdictional waters and in the adjacent high seas (JAMARC 1999, YATSU *et al.* 1999, 1999a; FISHERIES AGENCY OF JAPAN 2009, SAKAI & YAMASHIRO 2013).

Since 1999, the hydroacoustic prospecting cruises carried out regularly by IMARPE with the main objective of assessing the population of anchoveta and other pelagic resources have been slightly adapted in order to also include the assessment of jumbo flying squid as a secondary objective (FLORES *et al.* 2016).

Además, IMARPE tiene un programa activo de investigación y monitoreo enfocado directamente en el calamar gigante, con el cual se obtiene información actualizada sobre su biología y pesquería, incluyendo indicadores de su distribución y abundancia en el mar peruano. YAMASHIRO *et al.* (2018) describen los procedimientos de muestreo y registro de datos que se siguen, con la finalidad de contar con una herramienta estandarizada que contribuya a disponer de datos e información confiable sobre la biología y la pesquería del calamar gigante en el Perú. Este programa de monitoreo pesquero está siendo revisado para ampliar la cobertura de los observadores del IMARPE en los lugares de desembarque y para comenzar a colocar observadores a bordo de la flota artesanal, enfocándose en la flota artesanal que pesca esta especie.

Como parte de las actividades regulares del IMARPE, se están llevando a cabo una serie de investigaciones sobre la distribución, migraciones, preferencias de hábitat, ecología trófica, proceso reproductivo, edad y crecimiento, estructura poblacional y otros aspectos de la biología, biogeografía y dinámica poblacional del calamar gigante, cuyos resultados más recientes se describen en forma sucinta en este volumen. Además, se está iniciando el desarrollo de otros programas de investigación como, por ejemplo, el que se propone examinar la variabilidad espacio-temporal de la distribución del calamar gigante en frente al Perú e identificar las posibles relaciones entre los factores ambientales y el hábitat de esta especie. Para ello se analizará tanto la información de los cruceros hidroacústicos como la de la flota comercial y se aplicarán diversos métodos basados en datos de sola presencia (ej.: BARBET-MASSIN *et al.* 2012, BRODIE *et al.* 2015, ELITH *et al.* 2006, ITURBIDE *et al.* 2015, PHILLIPS y DUDÍK 2008, SCHMITT *et al.* 2017, VANDERWAL *et al.* 2009). Se espera que estas relaciones puedan ser usadas para evaluar probables cambios en la distribución espacial debido a variaciones ambientales causadas por el cambio climático u otros factores, además de contribuir al desarrollo de una base científica sobre aspectos ambientales y espaciales en pro de mejorar las estrategias para la ordenación y la sostenibilidad de la pesquería del calamar gigante.

En una escala regional más amplia, existe un creciente interés por investigar los procesos y mecanismos que han llevado a la expansión del rango de distribución y la mayor presencia de grandes concentraciones de calamar gigante tanto en el Pacífico nororiental como en el Pacífico sudoriental (NIGMATULLIN *et al.* 2001, FIELD *et al.* 2007, ARANCIBIA *et al.* 2007, ZEIDBERG y ROBINSON 2007) dándose particular atención a la posible influencia de los cambios climáticos y los efectos que puedan tener el agotamiento por la pesca de los potenciales depredadores de las diferentes etapas de la historia de vida del calamar gigante, favoreciendo su crecimiento y expansión. Estudios recientes realizados por IMARPE

Furthermore, IMARPE has an active research and monitoring program focused directly on jumbo flying squid, which provides updated information on their biology and fishery, including indicators of their distribution and abundance in the Peruvian sea. YAMASHIRO *et al.* (2018) describe the sampling and data recording procedures followed, with the aim of having a standardized tool that contributes to the availability of reliable data and information on the biology and fishery of jumbo flying squid in Peru. This fishery monitoring program is being revised to expand the coverage of IMARPE observers at landing sites and to begin placing observers aboard the artisanal fleet, focusing on the artisanal fleet fishing for this species.

As part of IMARPE's regular activities, a series of research studies are being carried out on the distribution, migration, habitat preferences, trophic ecology, reproductive processes, age and growth, population structure and other aspects of the biology, biogeography and population dynamics of jumbo flying squid, the most recent results of which are briefly described in this volume. In addition, other research programs are starting to be developed, such as the one aimed at examining the spatio-temporal variability of the distribution of jumbo flying squid off Peru and at identifying possible relationships between environmental factors and the habitat of this species. For this purpose, both the information from the hydroacoustic cruises and the commercial fleet will be analyzed, and various methods based on sole presence data will be applied (e.g.: BARBET-MASSIN *et al.* 2012, BRODIE *et al.* 2015, ELITH *et al.* 2006, ITURBIDE *et al.* 2015, PHILLIPS & DUDÍK 2008, SCHMITT *et al.* 2017, VANDERWAL *et al.* 2009). It is hoped that these relationships can be used to assess likely changes in spatial distribution due to environmental variations that are caused by climate change or other factors, and contribute to the development of a scientific basis on environmental and spatial aspects in order to improve strategies for the management and sustainability of the jumbo flying squid fishery.

On a broader regional scale, there is growing interest in investigating the processes and mechanisms that have led to the expansion of the range and the increased presence of large concentrations of jumbo flying squid in both the Northeast and Southeast Pacific (NIGMATULLIN *et al.* 2001, FIELD *et al.* 2007, ARANCIBIA *et al.* 2007, ZEIDBERG & ROBINSON 2007), paying particular attention to the possible influence of climate change and the effects of depletion, by fishing, of potential predators at different stages of the life history of jumbo flying squid, favoring their growth and expansion. Recent IMARPE studies



sugieren que el comportamiento, el patrón de distribución, la abundancia local y total, el tamaño corporal y el tiempo y tamaño o la edad de madurez sexual podrían modificarse notablemente bajo condiciones ambientales extremadamente cálidas o frías típicas de eventos intensos de El Niño y La Niña, por lo que también se alientan investigaciones adicionales en esa dirección.

## 12. EVALUACIÓN DE STOCK

Desde 1999, las evaluaciones del calamar gigante en aguas peruanas se han basado predominantemente en los estimados de biomasa obtenidos a través de cruceros de prospección hidroacústica conducidos regularmente por IMARPE (SEGURA *et al.* 1996, CASTILLO *et al.* 2009, IMARPE 2015, FLORES *et al.* 2016) complementado con el monitoreo de distribuciones de frecuencia de tallas y CPUE de las pesquerías industriales y artesanales, para obtener una estimación lo más temprana posible de los reclutas que ingresan a la pesquería cada año. Más recientemente, a medida que se han ido ampliando las series de datos de captura, esfuerzo de pesca y CPUE, las evaluaciones del recurso también incluyeron la aplicación de variantes de un modelo de producción excedente (IMARPE 2015a). Además, hay otras fuentes de información que pueden proveer valiosas indicaciones sobre presencia y, eventualmente, sobre niveles de abundancia y otras características de la especie frente al Perú en el pasado reciente, como las que provienen del análisis de contenidos estomacales de cachalotes en el Pacífico sudoriental (VINATEA 1965, CLARKE *et al.* 1998) y, en especial, los que provienen de las observaciones de paralarvas de cefalópodos realizadas durante los cruceros de investigación del IMARPE (AYÓN 2018), que se han venido realizando regularmente y representan una buena indicación de las fluctuaciones en la presencia y abundancia relativa de cefalópodos desovantes en aguas peruanas a través del tiempo.

No se han tratado de aplicar modelos de reducción o agotamiento del stock del tipo Leslie o DeLury en el caso del calamar gigante en el sistema norte de la Corriente de Perú debido a la gran dificultad que habría para satisfacer los supuestos y requerimientos para el ajuste de este tipo de modelos. Ello, debido a la complejidad de los patrones de reproducción, reclutamiento, migración y, sobre todo, de la distribución de frecuencia de tallas que se observan en la pesquería a lo largo del año. Porque, al ser multimodales es muy difícil identificar, separar y rastrear a lo largo del año los diversos grupos de tallas modales que se observan. Los que, en el más simple de los casos, podrían resultar de la presencia de cohortes múltiples dentro de una misma clase anual. Pero que, como se plantea líneas arriba, también podrían ser el resultado de la presencia de dos o tres grupos de tallas de madurez y otras características fenotípicas bastante diferenciadas, que podrían representar y/o deberían ser

suggest that behavior, distribution patterns, local and total abundance, body size, and time and size or age at sexual maturity may change significantly under extremely hot or cold environmental conditions that are typical of intense El Niño and La Niña events, and further research is encouraged in this regard.

## 12. STOCK ASSESSMENT

Since 1999, the assessments of jumbo flying squid in Peruvian waters have been predominantly based on biomass estimates obtained through hydroacoustic prospecting cruises conducted regularly by IMARPE (SEGURA *et al.* 1996, CASTILLO *et al.* 2009, IMARPE 2015, FLORES *et al.* 2016) complemented by monitoring of size frequency distributions and CPUE from industrial and artisanal fisheries, in order to obtain the earliest possible estimate of the recruits entering the fishery each year. More recently, as the catch, fishing effort and CPUE data series have expanded, resource assessments have also included the application of variants of a surplus production model (IMARPE 2015a). There are also other sources of information that can provide valuable indications of the presence and, eventually, abundance levels and other characteristics of the species off Peru in the recent past, such as those from the analysis of stomach contents of sperm whales in the southeastern Pacific (VINATEA 1965, CLARKE *et al.* 1998) and, in particular, those from observations of cephalopod paralarvae made during IMARPE research cruises (AYÓN 2018), which have been conducted regularly and represent a good indication of fluctuations in the presence and relative abundance of spawning cephalopods in Peruvian waters over time.

No attempt has been made to apply Leslie or DeLury stock reduction or depletion models in the case of jumbo flying squid in the northern system of the Peruvian Current due to the great difficulty in satisfying the assumptions and requirements for the adjustment of these type of models. This is due to the complexity of the reproduction, recruitment, migration and, above all, size frequency distribution patterns observed in the fishery throughout the year because, as they are multimodal, it is very difficult to identify, separate and track throughout the year the various modal size-groups being observed. Which, in the simplest of cases, could result from the presence of multiple cohorts within the same year class. But, as discussed above, they could also be the result of the presence of two or three groups with size at maturity and other quite different phenotypic characteristics, which could represent and/or should be treated as different population subunits with

tratados como subunidades poblacionales diferentes con áreas de distribución que se superponen, al menos parcial y temporalmente. Sin embargo, se está investigando la posibilidad de adaptar o desarrollar un modelo alternativo que a través del análisis de datos a nivel mensual, al inicio de la temporada anual de pesca, permita estimar la situación del stock, su captura potencial y otros parámetros poblacionales para el resto del año.

### Estimaciones de biomasa acústica

En principio, la ocurrencia de dos o más grupos o subunidades poblacionales con tallas y otras características fenotípicas diferenciadas, no debería afectar las estimaciones de biomasa con el método hidroacústico y esto lo hace uno de los métodos de preferencia que ha venido utilizando el IMARPE, para hacer las primeras evaluaciones de la población de calamar gigante frente a las costas del Perú.

El IMARPE ha estado utilizando las prospecciones acústicas para evaluar la biomasa de la anchoveta, y otras especies pelágicas, desde la década de los años 1960. Las estimaciones de estas prospecciones han mejorado sustancialmente con la introducción del método de eco-integración a principios de la década de los 1970 (JOHANNESON y ROBLES 1977), la actualización constante de los equipos empleados y la capacitación de los científicos y técnicos que los operan. A partir de 1999, el IMARPE modificó ligeramente el diseño y la cobertura de sus prospecciones acústicas regulares, para incluir también al calamar gigante, además de otras especies importantes del ecosistema marino peruano (FLORES *et al.* 2016).

Las prospecciones siguen un diseño de muestreo sistemático paralelo, con transectos perpendiculares a la costa cada 12 a 17 mn (JOHANNESON y ROBLES 1977, MACLENNAN y SIMMONDS 1992). El equipo utilizado se ha actualizado regularmente y en los últimos años los datos acústicos se han recopilado utilizando ecosondas científicas Simrad modelo EK500 y EK60, con transductores a frecuencias de 38, 120 y 200 kHz. Se usa el software "Echoview" para el post-procesamiento de los registros acústicos. El equipo hidroacústico se calibra al comienzo de cada crucero utilizando esferas de cobre de 23 mm (para 120 kHz), 60 mm (para 38 kHz) y 13,7 mm (para 200 kHz) como blancos estándar (FOOTE *et al.* 1987, SIMRAD 1997). Además, cuando se usa más de un barco se hace una inter-calibración para estandarizar las mediciones de sus sistemas acústicos.

Debido a la combinación de sus objetivos, los cruceros de prospección acústica generalmente cubren toda el área costera de las aguas jurisdiccionales peruanas de norte a sur y desde 10 hasta 100 mn de distancia de la costa, con algunos transectos hasta solo 80 mn y otros hasta 120 mn de la costa, dependiendo de las condiciones ambientales

overlapping areas of distribution, at least partially and temporarily. Nonetheless, the possibility is being investigated for adapting or developing an alternative model that, through the analysis of monthly data at the beginning of the annual fishing season, will allow assessing the state of the stock, its potential catch and other population parameters for the rest of the year.

### Acoustic biomass estimates

In principle, the occurrence of two or more population groups or subunits with different sizes and other phenotypic characteristics should not affect biomass estimates with the hydroacoustic method, and this makes it one of the preferred methods that IMARPE has been using to make the first assessments of the jumbo flying squid population off the Peruvian coast.

IMARPE has been using acoustic surveys to assess the biomass of anchoveta, and other pelagic species, since the 1960s. The estimates of these surveys have improved substantially with the introduction of the eco-integration method in the early 1970s (JOHANNESON & ROBLES 1977), the constant updating of the equipment used and the training of the scientists and technicians who operate them. Since 1999, IMARPE has slightly modified the design and coverage of its regular acoustic surveys, to include the jumbo flying squid, as well as other important species of the Peruvian marine ecosystem (FLORES *et al.* 2016).

Surveys follow a systematic parallel sampling design, with transects perpendicular to the coast every 12 to 17 nm (JOHANNESON & ROBLES 1977, MACLENNAN & SIMMONDS 1992). The equipment used has been regularly updated and, in recent years, acoustic data has been collected using Simrad scientific echo sounders model EK500 and EK60, with transducers at 38, 120 and 200 kHz frequencies. "Echoview" software is used for post-processing of the acoustic recordings. The hydroacoustic equipment is calibrated at the beginning of each cruise using 23 mm (for 120 kHz), 60 mm (for 38 kHz) and 13.7 mm (for 200 kHz) copper spheres as standard targets (FOOTE *et al.* 1987, SIMRAD 1997). Also, when more than one vessel is used, an inter-calibration is done to standardize the measurements of its acoustic systems.

Due to the combination of their objectives, acoustic survey cruises generally cover the entire coastal area of Peruvian jurisdictional waters from north to south and from 10 to 100 nm from the coast, with some transects up to only 80 nm and others up to 120 nm from the coast, depending on the environmental

y la distribución de la anchoveta, la principal especie objetivo en la mayoría de estas prospecciones. Por lo tanto, se sabe que al cubrir sólo la zona costera entre 10 y 100 mn de la costa, las prospecciones proporcionan índices relativos de la biomasa acústica y, eventualmente, estimaciones acústicas de la biomasa<sup>3</sup> de solo una parte del stock de calamar gigante.

Y, como se explicó al referirnos a la distribución espacial líneas arriba (Figs. 1, 2, 3) la porción del stock que se encuentra dentro de las 100 millas náuticas de la costa puede variar mucho estacionalmente, con el ciclo ontogenético y entre años, debido a las condiciones ambientales cambiantes que afectan la distribución geográfica del calamar gigante. Por lo tanto, estas estimaciones de la biomasa relativa o de la biomasa absoluta deben tomarse como la biomasa mínima de calamar gigante disponible en aguas jurisdiccionales peruanas en un momento dado.

Se sabe que el calamar gigante tiene una distribución longitudinal mucho más amplia, que se extiende mucho más allá de las 200 mn de la costa y se sabe también que, por efecto de la variabilidad ambiental típica del mar peruano, la porción del stock o stocks de calamar gigante frente al Perú, que se distribuye dentro de la franja de 100 mn de la costa, varía también mucho, tanto estacionalmente como de un año a otro. Por lo tanto, si bien son válidas para las áreas cubiertas, las evaluaciones con el método hidroacústico deben considerarse como subestimaciones de la biomasa real del calamar gigante en aguas peruanas.

Durante el verano de 2015, el IMARPE realizó un crucero de prospección acústica, específicamente diseñado para evaluar la biomasa de calamar gigante, usando dos barcos de investigación en un área extendida hasta 270 mn de la costa (IMARPE 2015) pero esta prospección se centró únicamente en las áreas de distribución más septentrional y meridional del calamar gigante en aguas peruanas, que son donde se han venido concentrando la mayoría de las áreas de pesca de las flotas artesanales locales dedicadas a la pesca de este recurso (Fig. 5). Se logró solo una estimación parcial de la biomasa de calamar gigante disponible en aguas peruanas, pero presumiblemente una mejor evaluación, más enfocada de la biomasa disponible para la flota artesanal local peruana que se concentra en el norte y en el sur.

conditions and distribution of the anchoveta, the main target species in most of these surveys. Therefore, it is known that by covering only the coastal area between 10 and 100 nm from the coast, the surveys provide relative indices of the acoustic biomass and, eventually, acoustic estimates of the biomass<sup>3</sup> of only a part of the jumbo flying squid stock.

Additionally, as explained when referring to the spatial distribution above (Figs. 1, 2, 3), the portion of the stock within 100 nautical miles of the coast can vary greatly seasonally, with the ontogenetic cycle, and between years, due to the changing environmental conditions that affect the geographical distribution of the jumbo flying squid. Therefore, these estimates of relative biomass or absolute biomass should be taken as the minimum biomass of jumbo flying squid available in Peruvian jurisdictional waters at any given time.

It is known that the jumbo flying squid has a much wider longitudinal distribution, which extends well beyond the 200 nm from the coast and it is also known that, due to the effect of the environmental variability typical of the Peruvian sea, the portion of the stock or stocks of jumbo flying squid off Peru, which is distributed within the 100 nm of the coast, also varies greatly, both seasonally and from year to year. Therefore, while valid for the areas covered, hydroacoustic assessments should be considered as underestimates of the actual biomass of jumbo flying squid in Peruvian waters.

During the summer of 2015, IMARPE conducted an acoustic survey cruise, specifically designed to assess the biomass of jumbo flying squid, using two research vessels in an extended area up to 270 nm of the coast (IMARPE 2015), but this survey focused only on the most northern and southern distribution areas of jumbo flying squid in Peruvian waters, which are where most of the fishing areas of the local artisanal fleets dedicated to fishing for this resource have been concentrated (Fig. 5). Only a partial estimate of the biomass of jumbo flying squid available in Peruvian waters was achieved, but presumably a better, more focused assessment of the biomass available to the local Peruvian artisanal fleet concentrated in the north and south was obtained.

3 Los índices relativos de biomasa acústica asumen que las tasas de conversión de las señales acústicas retrodispersadas observadas a biomasa estimada se mantienen constantes y, por lo tanto, proporcionan estimaciones de las fluctuaciones y tendencias de la biomasa de calamar gigante que son más sólidas y confiables que las estimaciones de la biomasa en términos absolutos (ej.: en toneladas), que dependen de la precisión del valor absoluto de las tasas de conversión de las señales acústicas retrodispersadas a biomasa de calamar gigante, sobre las cuales hay todavía un cierto nivel de incertidumbre. Este es otro de los aspectos bajo investigación en el IMARPE.

3 Relative acoustic biomass indices assume that the conversion rates of observed backscattered acoustic signals to estimated biomass remain constant and therefore provide estimates of fluctuations and trends in jumbo flying squid biomass that are more robust and reliable than estimates of biomass in absolute terms (e.g., in tons), which depend on the precision of the absolute value of the backscattered acoustic signal conversion rates to jumbo flying squid biomass, for which there is still some uncertainty. This is another aspect under investigation at IMARPE.

Durante ese crucero de evaluación acústica de 2015 se estimó una biomasa total de 1,9 millones de toneladas de calamar gigante en solo partes seleccionadas del área total de su distribución en aguas peruanas, usando el BIC José Olaya Balandra al norte, cubriendo dos áreas seleccionadas entre 4 y 200 mn de distancia de la costa, entre las latitudes 05°00'S (Paita) y 09°00'S (Chimbote) y el BIC Humboldt al sur, cubriendo tres áreas seleccionadas entre 4 y 270 mn de distancia de la costa, entre las latitudes 14°00'S (bahía Independencia) y 20°00'S. En las áreas exploradas al norte con el BIC José Olaya Balandra se estimó una biomasa total 550 mil t de calamar gigante, mientras que en las áreas exploradas al sur con el BIC Humboldt se estimó una biomasa total de casi 1,35 millones de toneladas (IMARPE 2015).

During that 2015 acoustic assessment cruise, a total biomass of 1.9 million tons of jumbo flying squid was estimated in only selected parts of the total range of its distribution in Peruvian waters, using the R/V José Olaya Balandra to the north, covering two selected areas between 4 and 200 nm distance from the coast, between latitudes 05°00'S (Paita) and 09°00'S (Chimbote), and the R/V Humboldt to the south, covering three selected areas between latitudes 14°00'S (Independencia Bay) and 20°00'S. In the areas explored to the north with the R/V José Olaya Balandra, a total biomass of 550,000 t of jumbo flying squid was estimated, while in the areas explored to the south with the R/V Humboldt, a total biomass of almost 1.35 million t was estimated (IMARPE 2015).

Las estimaciones de biomasa obtenidas a través de las prospecciones acústicas entre 1999 y 2015, agrupadas por estación, se muestran en la figura 13 donde, como ya se indicó, se observa gran variabilidad estacional e interanual en las biomásas de calamar gigante estimadas dentro de las 100 mn de la costa. Se destaca que las estimaciones de biomasa más altas corresponden a la estación de verano, cuando las masas de agua preferidas por el calamar gigante se acercan más a la costa. Y las estimaciones más bajas corresponden a la estación invernal, cuando el calamar gigante se aleja de la costa. También se observa la fluctuación interanual dentro de las 100 mn de la costa, debida sin duda a la combinación de fluctuaciones ambientales y de la biomasa total de calamar gigante frente al Perú. En esos años, la biomasa máxima estimada dentro de las 100 mn fue de 1,7 millones de toneladas en el verano de 2004. En el verano de 2015, la biomasa estimada dentro de las 100 mn de la costa en áreas seleccionadas al norte (04°00' a 08°00'S) y al sur (15°00' a 19°00'S) fue de 887 mil t.

The biomass estimates obtained through the acoustic surveys between 1999 and 2015, grouped by season, are shown in Figure 13, where, as already noted, there is great seasonal and interannual variability in the estimated jumbo flying squid biomass within 100 nm of the coast. It should be noted that the highest biomass estimates correspond to the summer season, when the water masses preferred by the jumbo flying squid are closer to the coast, and the lowest estimates are for the winter season, when the jumbo flying squid moves away from the coast. The interannual fluctuation within 100 nm of the coast is also observed, undoubtedly due to the combination of environmental fluctuations and the total biomass of jumbo flying squid off Peru. In those years, the maximum estimated biomass within 100 nm was 1.7 million tons in the summer of 2004. In the summer of 2015, the estimated biomass within 100 nm of the coast, in selected areas to the north (04°00' to 08°00'S) and south (15°00' to 19°00'S), was 887,000 t.

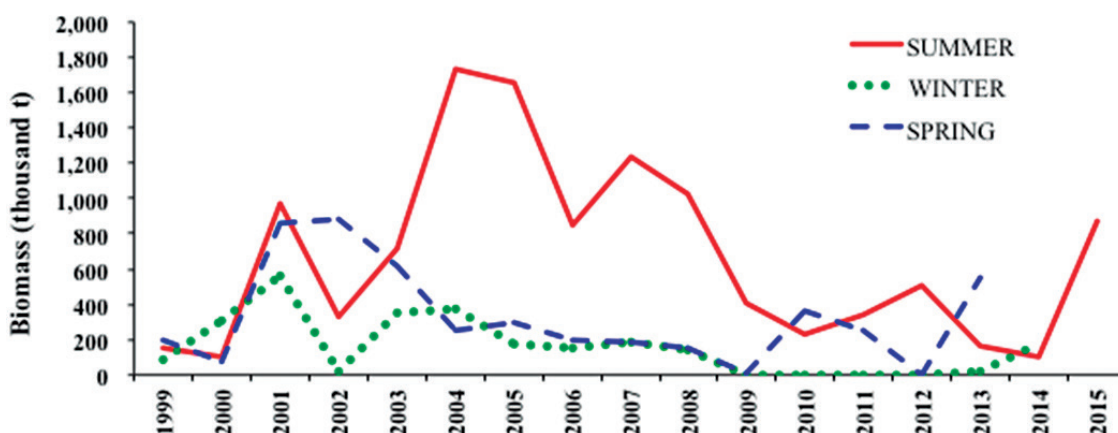


Figura 13.- Estimaciones acústicas de biomasa de calamar gigante (*D. gigas*) por estación, años 1999-2015, dentro de las 100 mn de la costa a lo largo de toda la costa peruana (años 1999-2014) y dentro de áreas seleccionadas al norte y al sur (verano 2015)

Figure 13. Acoustic biomass estimates of jumbo flying squid (*D. gigas*) by season, years 1999-2015, within 100 nm from the coast along the whole Peruvian coast (years 1999-2014) and within selected areas to the north and to the south (summer 2015)

Además del costo elevado que limita las posibilidades de tener coberturas espaciales más amplias, otra de las dificultades más saltantes que se encuentran con la aplicación del método hidroacústico para la evaluación de stock del calamar gigante, está relacionado con su adecuada identificación y valoración en los registros acústicos nocturnos, cuando se acerca a la superficie para alimentarse y se encuentran en una capa mixta con organismos más pequeños, como el plancton y una variedad de peces y otras especies pelágicas y mesopelágicas de las cuales se alimenta. Al respecto, cabe señalar que se ha encontrado que los estimados de biomasa de calamar gigante cuando se usan sólo los registros acústicos nocturnos tienden a ser más altos que cuando se usan sólo los registros diurnos, llegando en algunos casos al doble. Y hay la fundada sospecha que ello se debería a que durante las horas nocturnas la potencia de blanco o ecos de respuesta del calamar gigante podrían aumentar significativamente por la contaminación causada por la proximidad de peces y otros organismos pequeños con mayor respuesta de eco y, sobre todo, por la ingestión nocturna de peces y otros organismos con una alta potencia de blanco o respuesta de eco (ej., peces pequeños con vejiga natatoria).

Está claro que un calamar gigante que acaba de ingerir una gran cantidad de peces u organismos con una alta potencia de blanco producirá una respuesta de eco mucho más fuerte que un calamar gigante con el estómago vacío, durante el día. Sin lugar a dudas este es otro aspecto que debe ser investigado a fin de corregir evaluaciones acústicas pasadas y futuras. Pero este problema puede ser aún más complicado, ya que como se muestra en la figura 10, el grado de llenura de los estómagos de calamar gigante y la composición porcentual de peces y otras presas tiende a fluctuar marcadamente de un año a otro, y como muestran ALEGRE *et al.* (2014), también fluctuaría estacionalmente y por distancia a la costa.

Durante los cruceros tradicionales, orientados a la evaluación de recursos pelágicos, se realizan muestreos regulares con una red de arrastre pelágica estándar a fin de determinar la composición por especies de los registros acústicos observados. Las redes pelágicas capturan ejemplares de calamar gigante de diversos tamaños, pero, lamentablemente, sus capturas no necesariamente representan adecuadamente las tallas en la población de calamar gigante muestreada, sobre todo si se trata de calamares gigantes de tallas grandes, que evaden más fácilmente las redes pelágicas empleadas. Por ello, durante los cruceros diseñados específicamente para la evaluación del calamar gigante, se utilizan redes pelágicas combinadas con líneas manuales con poteras de diferentes tamaños para comprobar la presencia y determinar la composición por tamaños de los cardúmenes de calamar gigante detectados acústicamente. Además, en estos cruceros específicos

In addition to the high cost that limits the possibilities of having wider spatial coverage, another of the most relevant difficulties encountered with the application of the hydroacoustic method for the stock assessment of jumbo flying squid is related to its proper identification and appraisal in nocturnal acoustic records, when it approaches the surface to feed and is found in a mixed layer with smaller organisms, such as plankton and a variety of fish and other pelagic and mesopelagic species on which it feeds. In this regard, it should be noted that estimates of jumbo flying squid biomass have been found to be higher when using only night-time acoustic records than when using only daytime records, in some cases reaching twice as much. There is also a well-founded suspicion that this is due to the fact that during nighttime hours the jumbo flying squid target strength or echo signals could increase significantly due to pollution caused by the proximity of fish and other small organisms with a stronger echo response and, above all, by the nocturnal ingestion of fish and other organisms with a high target strength or echo response (e.g. small fish with a swim bladder).

It is clear that a jumbo flying squid that has just ingested a large number of fish or organisms with a high target strength will produce a much stronger echo response than a jumbo flying squid on an empty stomach, during the day. Undoubtedly, this is another aspect that must be investigated in order to correct past and future acoustic assessments. But this problem may be even more complicated, since as shown in Figure 10, the degree of fullness of jumbo flying squid stomachs and the percentage composition of fish and other prey tends to fluctuate markedly from year to year, and as shown by ALEGRE *et al.* (2014), would also fluctuate seasonally and by distance from the coast.

During traditional cruises, aimed at the assessment of pelagic resources, regular sampling is carried out with a standard pelagic trawl net to determine the species composition of the observed acoustic recordings. Pelagic nets catch jumbo flying squid of various sizes, but unfortunately, their catches do not necessarily adequately represent the sizes in the sampled jumbo flying squid population, especially in the case of large-sized jumbo flying squids, which more easily evade the pelagic nets used. Therefore, during cruises specifically designed for the assessment of jumbo flying squid, pelagic nets combined with hand lines with squid jigs of different sizes are used to check the presence and determine the size composition of the acoustically detected schools of jumbo flying squid. In addition, on these jumbo flying squid-

para el calamar gigante, se trata de cubrir áreas más amplias en sentido longitudinal a fin de abarcar tanto las áreas costeras como áreas más alejadas de la costa. Pero ello se traduce en cruceros más largos y la investigación rápidamente se topa con una limitación determinante dictada por las restricciones presupuestarias.

Una ventaja del uso de la hidroacústica para la evaluación del calamar gigante es que se pueden usar varias frecuencias de sonido del ecosonda científico (5 frecuencias: 18, 38, 70, 120 y 200 kHz) que permiten una mejor frecuencia de respuesta y facilitan la identificación de las señales acústicas retrodispersadas de esta especie. Las otras tres grandes ventajas del método son que proporcionan evaluaciones directas independientes de la pesca, que las evaluaciones (de biomasa total, distribución general, composiciones de tamaño, etc.) pueden estar disponibles casi en tiempo real, poco después de la finalización del crucero de evaluación acústica y por último, y no por ello la menos importante, estas estimaciones de biomasa incluyen y no son afectadas por la presencia de los dos o tres grupos de tallas de madurez y posibles subunidades poblacionales discutidas líneas arriba.

### Modelo de producción excedente

Como se describe en CSIRKE *et al.* (2015) a principios del 2015 el IMARPE hizo un ejercicio de evaluación del estado de la explotación de calamar gigante en la parte norte del sistema de la Corriente de Perú, mediante la aplicación de un modelo dinámico de biomasa con datos de captura y captura por unidad de esfuerzo (CPUE) de la pesquería industrial y artesanal en aguas jurisdiccionales peruanas y datos de captura de las flotas de largo alcance, que pescaron en la alta mar adyacente durante el período 1999-2014. El esfuerzo y la CPUE para toda la serie se estandarizaron a los de la flota industrial en el período 1999-2011, ya que estos eran los datos disponibles y esa flota tenía registros de haber operado más o menos uniformemente a lo largo de toda la costa peruana desde 20-30 mn hasta 200 mn de distancia de la costa, mientras que la flota artesanal dedicada a la pesca del calamar gigante ha operado más cerca de la costa y se concentra principalmente en el norte y en el sur (Figs. 4, 5).

El modelo de biomasa dinámica se ajustó con la ayuda del software JAGS (PLUMMER 2003) desarrollado para el análisis Bayesiano utilizando el método MCMC (Markov Chain Monte Carlo) el que, a través de simulaciones, permite construir el modelo y estimar sus parámetros de tasa intrínseca de crecimiento poblacional ( $r$ ) y capacidad de carga ( $K$ ) y, a partir de ellos, derivar los estimados del rendimiento o la captura en peso ( $Y_{MRS}$ ) y mortalidad por pesca ( $F_{MRS}$ ) al nivel del máximo rendimiento sostenible (MRS). Como resultado del ajuste de este modelo, se estimó

specific cruises, the aim is to cover larger areas longitudinally in order to cover both coastal areas and areas further from the coast, but this translates into longer cruises, and research quickly encounters a decisive limitation dictated by the budgetary constraints.

An advantage of using hydroacoustics for the assessment of jumbo flying squid is that several sound frequencies of the scientific echo sounder (5 frequencies: 18, 38, 70, 120 and 200 kHz) can be used, which allow a better response frequency and facilitate the identification of the backscattered acoustic signals of this species. The other three major advantages of the method are that they provide direct assessments independently from the fishery, that assessments (of total biomass, general distribution, size compositions, etc.) may be available almost in real time, shortly after the end of the acoustic assessment cruise, and last but not least, these biomass estimates include and are not affected by the presence of the two or three groups of size at maturity and possible population subunits discussed above.

### Surplus production model

As described by CSIRKE *et al.* (2015), in early 2015, IMARPE conducted an exercise to assess the state of exploitation of jumbo flying squid in the northern part of the Peruvian Current system by applying a dynamic biomass model with catch and catch per unit effort (CPUE) data from the industrial and artisanal fisheries in Peruvian jurisdictional waters, and catch data from the distant-water fleets that fished on the adjacent high seas during the period 1999-2014. The effort and CPUE for the whole series were standardized to those of the industrial fleet in the period 1999-2011, as this was the available data and this fleet had records of having operated more or less uniformly along the entire Peruvian coast from 20-30 nm to 200 nm off the coast, while the artisanal fleet engaged in fishing for jumbo flying squid has operated closer to the coast and was mainly concentrated in the north and south (Figs. 4, 5).

The dynamic biomass model was adjusted with the help of the JAGS software (PLUMMER 2003) developed for Bayesian analysis using the MCMC (Markov Chain Monte Carlo) method which, through simulations, allows the model to be constructed and its parameters of intrinsic population growth rate ( $r$ ) and carrying capacity ( $K$ ) to be estimated, and, from them, to derive the estimates of yield or catch in weight ( $Y_{MSY}$ ) and fishing mortality ( $F_{MSY}$ ) at the level of maximum sustainable yield (MSY). As a result of fitting this

una tasa intrínseca de crecimiento poblacional de  $r=1,33$  por año y una capacidad de carga de  $K=4,23$  millones de toneladas para el área de distribución del recurso en aguas jurisdiccionales peruanas y en la alta mar adyacente más próxima a las aguas jurisdiccionales peruanas. Se estimó una mortalidad por pesca al nivel del máximo rendimiento sostenible de  $F_{MRS}=0,664$  y una captura al nivel del máximo rendimiento sostenible de  $Y_{RMS}'=1,40$  millones de toneladas para las aguas jurisdiccionales más la alta mar adyacente y de  $Y_{RMS}=1,05$  millones de toneladas sólo para las aguas jurisdiccionales peruanas. Observándose que las capturas anuales tanto en las aguas peruanas (556 mil t en 2014) como en la alta mar adyacente frente al Perú (aproximadamente 340 mil t en 2014) estarían por debajo de los máximos rendimientos sostenibles estimados, sugiriendo que a fines del 2014 el calamar gigante frente al Perú se encontraba aun en estado de sub-explotación, o de explotación moderada.

Como se señala en ARGÜELLES *et al.* (2016) para la aplicación de este y otros tipos de modelos de producción excedente, se requiere contar con series de tiempo razonables de captura y esfuerzo de pesca, y en principio no es necesario tener otras series de tiempo ni otra información u observaciones biológicas detalladas ni costosas. Y, como en otras especies, su aplicación en el caso del calamar gigante puede proporcionar estimaciones útiles del estado de explotación y las tendencias de la pesquería y las poblaciones explotadas, con resultados que pueden expresarse como estimaciones de la captura al nivel del máximo rendimiento sostenible ( $Y_{MRS}$ ), la biomasa actual ( $B_t$ ) en relación a la biomasa al nivel del máximo rendimiento sostenible ( $B_{MRS}$ ), y la mortalidad por pesca actual ( $F_t$ ) en relación a la mortalidad por pesca al nivel del máximo rendimiento sostenible ( $F_{MRS}$ ) o algunas de sus variantes, que prevén niveles de explotación algo más conservadores, como la mortalidad por pesca al 10% ( $F_{0,1}$ ) que corresponde al nivel en el cual la pendiente del rendimiento sostenible (normalmente del rendimiento por recluta) es 10% de la pendiente al origen o 2/3 de la mortalidad por pesca ( $F_{2/3}$ ) donde la mortalidad por pesca se reduce a 2/3 de la  $F_{MRS}$  que son parámetros relativamente fáciles de obtener y suelen ser atractivos y fáciles de entender por quienes tienen que usarlos para asesorar o para tomar decisiones sobre la ordenación de la pesca.

Sin embargo, también se ha señalado que este grupo de modelos y métodos indirectos se basa en suposiciones rígidas, tales como que la captura es proporcional al tamaño de la población y al esfuerzo de pesca aplicado, y que existe un fuerte efecto dependiente de la densidad que domina la dinámica poblacional, lo que implica una relación stock-reclutamiento con

model, an intrinsic rate of population growth of  $r=1.33$  per year and a carrying capacity of  $K=4.23$  million tons was estimated for the area of distribution of the resource in Peruvian jurisdictional waters and in the adjacent high seas closest to Peruvian jurisdictional waters. The other estimated parameters were the fishing mortality at the level of the maximum sustainable yield of  $F_{MSY}=0.664$ , a catch at the level of the maximum sustainable yield of  $Y_{MSY}'=1.40$  million tons for the Peruvian jurisdictional waters plus the adjacent high seas, and of  $Y_{MSY}=1.05$  million tons for only the Peruvian jurisdictional waters. It should be noted that the annual catches in both Peruvian waters (556,000 t in 2014) and in the adjacent high seas off Peru (approximately 340,000 t in 2014) would be below the estimated maximum sustainable yields, suggesting that by the end of 2014 the jumbo flying squid off Peru was still in a state of under-exploitation, or moderately exploited.

As noted by ARGÜELLES *et al.* (2016), for the application of this and other types of surplus production models, reasonable time series of catch and fishing effort are required, and, in principle, no further time series or other detailed or costly biological information or observations are required, and, as in other species, its application to jumbo flying squid can provide useful estimates of the state of exploitation and trends of the fishery and exploited stocks, with results that can be expressed as estimates of catch at the level of the maximum sustainable yield ( $Y_{MSY}$ ), current biomass ( $B_t$ ) relative to the biomass at the level of the maximum sustainable yield ( $B_{MSY}$ ), and current fishing mortality ( $F_t$ ) relative to fishing mortality at the level of the maximum sustainable yield ( $F_{MSY}$ ), or some of its variants, which provide for somewhat more conservative levels of exploitation, such as fishing mortality at 10% ( $F_{0,1}$ ) which corresponds to the level at which the slope of sustainable yield (usually yield per recruit) is 10% of the slope at the origin, or 2/3 of fishing mortality ( $F_{2/3}$ ) where fishing mortality is reduced to 2/3 of  $F_{MSY}$ . All of which are parameters that are relatively easy to obtain and are usually attractive and easy to understand by those who have to use them to advise or make decisions about fisheries management.

However, it has also been pointed out that this group of models and indirect methods is based on rigid assumptions, such as that the catch is proportional to the size of the stock and the fishing effort applied, and that there is a strong density dependent effect that dominates the population dynamics, which implies a stock-recruitment relationship with a

un fuerte efecto depensatorio. Suposiciones que difícilmente se cumplirán en el caso de la pesquería y la población o poblaciones de calamar gigante.

Además, estos métodos tienen otras limitaciones bien conocidas. Como la necesidad de tener un buen contraste en la serie de tiempo que incluya observaciones por encima y por debajo de la  $B_{RMS}$ , y la incapacidad de incorporar información biológica básica pero reveladora sobre posibles cambios en ciertas características y, el estado del stock o stocks evaluados, como la estructura por tallas o edad, el crecimiento corporal, la madurez sexual, la periodicidad e intensidad del desove, la mortalidad natural, la extensión de las áreas de distribución, etc.

Y por último, es importante señalar que por sí solos, los modelos de producción excedente no son capaces de dar una alerta temprana en caso de reducciones severas del stock debido a sobrepesca o causas ambientales (o una combinación de ambas). De hecho, si el stock evaluado está disminuyendo o ha disminuido, los modelos de producción excedente advertirán esta ocurrencia solo *post-factum*, cuando los valores de CPUE hayan disminuido lo suficiente para dejar en evidencia la declinación de la población explotada, con el problema adicional que, si la causa de la disminución es independiente de la pesquería, la disminución puede pasar desapercibida por un tiempo, hasta que se traduzca en una disminución detectable tanto a través de las capturas como de los índices de CPUE.

La situación puede ser particularmente preocupante en el caso del calamar gigante que se captura tanto en aguas bajo jurisdicción nacional como en la altamar adyacente, donde es explotado por una flota internacional en un área bajo la competencia de un organismo intergubernamental, la Organización Regional de Ordenamiento Pesquero del Pacífico Sur (OROP-PS, o SPRFMO por sus siglas en inglés) de la cual Perú es uno de los 15 miembros activos, donde cualquier medida de ordenación pesquera debe ser tomada con el acuerdo de todos sus miembros, con la demora natural que ello implica.

En un contexto nacional fluido y razonablemente bien administrado, el lapso de tiempo que puede transcurrir desde el inicio de una declinación importante y duradera del stock explotado hasta la evaluación de la situación y la toma de las decisiones de ordenación pesquera que sean pertinentes, se puede reducir a unas pocas semanas e, inclusive, a unos pocos días si se trata de la adopción de medidas precautorias provisionales. En cambio, aun en el caso de una organización de ordenación pesquera intergubernamental pequeña y ágil, como la OROP-PS (SPRFMO) este proceso puede tomar varios meses e incluso un año, lo que en el caso de una severa

strong depensatory effect. These are assumptions that are unlikely to be met for the fishery and the jumbo flying squid stock(s).

In addition, these methods have other well-known limitations, such as the need to have a good contrast in the time series that includes observations above and below the  $B_{MSY}$ , and the inability to incorporate basic yet revealing biological information about possible changes in certain characteristics and the state of the stock or stocks assessed, such as size or age structure, body growth, sexual maturity, spawning periodicity and intensity, natural mortality, extension of distribution areas, etc.

And finally, it is important to note that surplus production models alone are not capable of providing early warning in the event of severe stock declines due to overfishing or environmental causes (or a combination of both). In fact, if the assessed stock is declining or has declined, the surplus production models will only signal this occurrence *post-factum*, when the CPUE values have decreased sufficiently to show the decline of the exploited stock, with the additional problem that, if the cause of the decline is independent of the fishery, the decline may go unnoticed for some time, until it translates into a detectable decline in both catches and CPUE rates.

The situation may be particularly worrying in the case of jumbo flying squid caught both in waters under national jurisdiction and in the adjacent high seas, where they are exploited by an international fleet in an area under the competence of an intergovernmental body, the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO) of which Peru is one of the 15 active members, where any fishery management measure must be taken with the agreement of all its members, with the natural delay that this implies.

In a fluid and reasonably well-managed national context, the period of time that may elapse from the onset of a significant and lasting decline in the exploited stock to the assessment of the situation and the adoption of relevant fishery management decisions can be reduced to a few weeks, or even a few days for interim precautionary measures. In contrast, even in the case of a small and agile intergovernmental fisheries management organization, such as the SPRFMO, this process can take several months or even a year, which in the case of a severe decline in the stock of a short-live species such as the jumbo flying squid may be an undesirable and dangerously long time.



declinación del stock de una especie de vida tan breve como el calamar gigante puede ser un tiempo indeseable y peligrosamente largo.

En el caso de Perú, los modelos de producción excedente han demostrado ser herramientas útiles para la evaluación y ordenación de la pesquería de calamar gigante, sobre todo porque en los últimos años, del 2001 al 2016, la pesquería peruana de calamar gigante se ha basado mayormente, y en algunos años casi exclusivamente, en el grupo fenotípico o subunidad poblacional compuesta por ejemplares de tallas grandes de maduración sexual. Aunque últimamente ha habido algunos problemas para el ajuste de estos modelos debido a los efectos de los recientes eventos de El Niño sobre la abundancia, distribución y la estructura por tallas, y el debilitamiento consiguiente de algunos de los supuestos requeridos por el modelo. Pero, aun así, en el Perú, la aplicación del modelo de producción excedente al caso de la pesquería peruana de calamar gigante continúa proporcionando información valiosa ya que se utiliza en combinación con las estimaciones derivadas de la aplicación del método hidroacústico más directo y una serie de otras observaciones biológicas, ambientales y pesqueras.

Ha ayudado que, hasta el momento, ambos métodos, las evaluaciones por el método directo de la hidroacústica y por el método indirecto de los modelos de producción excedente, han proporcionado estimaciones comparables, compatibles con las altas capturas obtenidas, que confluyen en indicar que el calamar gigante en aguas peruanas se encuentra aún sub-explotado o moderadamente explotado. También es de destacar que se ha demostrado la gran ayuda que brinda el monitoreo regular que hace el IMARPE de los varios parámetros biológicos, ambientales y pesqueros, al proporcionar información casi en tiempo real sobre posibles cambios en la estructura, comportamiento, distribución y otras características del stock y de la pesquería, que no son fácilmente registrados por los cruceros de evaluación hidroacústica o por los modelos de producción excedente si estos se realizaran aisladamente. Y es este conjunto de fuentes de información lo que hasta la fecha ha venido contribuyendo a confirmar el estado saludable del stock o stocks de calamar gigante en aguas peruanas.

Una fuente de preocupación importante al aplicar los modelos de producción excedente, así como otros métodos de evaluación de stock, se refiere a la estructura o unidad del stock. En el caso del calamar gigante frente al Perú, esta puede ser una fuente importante de preocupación, dada la evidente presencia de los tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales descritos en forma sucinta en la Tabla 1. Afortunadamente, como se explicó líneas arriba, la mayoría del calamar gigante presente y capturado en aguas jurisdiccionales peruanas desde

In the case of Peru, surplus production models have proven to be useful tools for the assessment and management of the jumbo flying squid fishery, especially since in recent years, from 2001 to 2016, the Peruvian fishery for this species has been based largely, and in some years almost exclusively, on the phenotypic group or population subunit composed of large-size at sexual maturity squids. Though recently there have been some problems to fit these models due to the effects of recent El Niño events on the abundance, distribution and size structure, and the consequent fading of some of the assumptions required by the model. But even so, in Peru, the application of the surplus production model to the case of the Peruvian jumbo flying squid fishery continues to provide valuable information as it is used in combination with estimates derived from the application of the more direct hydroacoustic method and a number of other biological, environmental and fishery observations.

It has helped that, so far, both methods, the direct hydroacoustic method and the indirect method of surplus production models, have provided comparable estimates that are compatible with the high catches obtained, which contributes to indicate that the jumbo flying squid in Peruvian waters is still under-exploited or moderately exploited. It should also be noted that IMARPE's regular monitoring of the various biological, environmental and fishery parameters have shown to be very helpful in providing near real-time information on possible changes in the structure, behavior, distribution and other characteristics of the stock and fishery, which are not easily recorded by hydroacoustic assessment cruises or by surplus production models if these were conducted in isolation. It is this set of sources of information that, to date, has contributed to confirm the healthy state of the stock or stocks of jumbo flying squid in Peruvian waters.

A major source of concern when applying surplus production models, as well as other stock assessment methods, relates to the structure or unit of stock. In the case of the jumbo flying squid off Peru, this may be a major source of concern, given the evident presence of the three phenotypic groups or population subunits briefly described in Table 1. Fortunately, as explained above, most of the jumbo flying squid present and caught in Peruvian jurisdictional waters since 2000 belong to the phenotypic group or population subunit of large-size at sexual maturity. Therefore, until 2016, the issue of the three phenotypic groups or sub-units

el año 2000 pertenece al grupo fenotípico o subunidad poblacional de talla grande de madurez sexual. Por lo tanto, hasta el 2016, el tema de los tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales de calamar gigante se mantuvo como un problema importante, pero no inminente, al menos en el caso de la pesquería peruana. Sin embargo, este no es el caso para la pesquería de calamar gigante en la alta mar adyacente, en el área de aplicación de la Convención de la OROP-PS (SPRMO), donde se observa la predominancia de ejemplares de talla de madurez media y pequeña, con grupos similares a los que se observaron y predominaron en aguas peruanas en el período 1989-2000. Y no se descarta que en algún momento se produzca un cambio de régimen ambiental que modifique nuevamente la estructura poblacional, y posiblemente también la abundancia, de calamar gigante en aguas peruanas, donde se podrían volver a presentar condiciones similares a las observadas en los decenios de los años 1980 y 1990, cuando en las aguas peruanas predominaron los grupos fenotípicos con tallas medias y pequeñas de madurez sexual.

Observaciones preliminares en aguas peruanas indican que durante 2017 y primeros meses del 2018 ha aumentado la presencia del grupo de calamares gigantes de tallas medias de madurez sexual, y posiblemente también de los de tallas pequeñas, alternando su presencia con el grupo de calamares gigantes de tallas grandes de madurez sexual. Es posible que se trate de un cambio transitorio debido a la reciente ocurrencia de cambios ambientales del tipo El Niño y La Niña. Pero si el cambio se hiciera persistente, habría que considerar la posibilidad de un cambio de régimen en el caso del calamar gigante en aguas peruanas, semejante pero en sentido inverso al observado entre el período de los años 1989 a 2000 y el período de los años 2001 a 2016, donde se cambió de un período en que predominaron ejemplares del grupo fenotípico de tallas medias y pequeñas de maduración sexual a otro donde predominaron ejemplares del grupo fenotípico de tallas grandes de maduración sexual, como se ilustra en la figura 11.

### **Índice de abundancia de paralarvas**

La presencia y abundancia de estadios muy tempranos de la vida puede ser empleada como un indicador de la presencia y abundancia de los estadios adultos desovantes y bajo ciertas condiciones puede ser también un indicador del potencial de reclutamientos futuros. Como parte de las observaciones regulares que realiza el IMARPE durante sus cruceros de evaluación de recursos pelágicos, se han venido tomando muestras de plancton con red Hensen de 0,60 m de diámetro de boca en arrastres verticales desde 50 m de profundidad hasta la superficie, donde además del fitoplancton y zooplancton se observan huevos y formas larvianas de peces, moluscos y otras especies del mar peruano. AYÓN (2018) ha analizado los datos de presencia y

of the jumbo flying squid population remained an important, but not imminent, problem, at least in the case of the Peruvian fishery. This is not the case, however, for the fishery for jumbo flying squid in the adjacent high seas, in the area of application of the SPRFMO Convention, where the predominance of medium and small-size at maturity squids are observed, with groups similar to those observed and predominant in Peruvian waters in the period 1989-2000. And it is not ruled out that at some point there will be an environmental regime change that will once again modify the population structure and possibly also the abundance of jumbo flying squid in Peruvian waters, shifting to conditions similar to those observed in the 1980s and 1990s, when the phenotypic groups with medium and small sizes of sexual maturity predominated in Peruvian waters.

Preliminary observations in Peruvian waters indicate that during 2017 and the first months of 2018, there has been an increased presence of jumbo flying squids of the medium-size at sexual maturity group, and probably also of those in the small-size group, alternating their presence with squids in the large-size at maturity group. This may be a temporary environmentally-driven change due to the recent occurrence of El Niño and La Niña, but if the change were to be persistent, it would be worth considering the possibility of a regime change in the case of jumbo flying squid in Peruvian waters, similar but in the inverse sense to that observed from the period of 1989-2000 to the period of the years 2001-2016, during which it changed from a period dominated by squids of the phenotypic group of medium and small size at sexual maturity to one dominated by squids of the phenotypic group of large sizes at sexual maturity, as shown in figure 11.

### **Index of abundance of paralarvae**

The presence and abundance of very early life-history stages can be used as an indicator of the presence and abundance of adult spawning stages, and, under certain conditions, can also be an indicator of the potential for future recruitment. As part of the regular observations made by IMARPE during its pelagic resource assessment cruises, plankton samples have been collected with a 0.60 m diameter Hensen net in vertical trawls from 50 m depth to the surface, where, in addition to phytoplankton and zooplankton, eggs and larval forms of fish, mollusks and other species of the Peruvian sea are observed. AYÓN (2018) has analyzed the presence and abundance data of cephalopod paralarvae from these surveys carried out during 94 research

abundancia de paralarvas de cefalópodos provenientes de esos muestreos, realizados durante 94 cruceros de investigación llevados a cabo hasta 100 mn de la costa a lo largo de toda la costa entre los años 1980 y 2012, con algunos cruceros que ocasionalmente extendieron algunos de sus perfiles hasta 200 mn de la costa.

Entre los principales hallazgos de Ayón (2018) destacan el haber encontrado un significativo cambio en la abundancia relativa de paralarvas alrededor del año 1998 (Fig. 14) y que, mientras en la década de los años 1980-1989 se observa una baja incidencia de paralarvas, las que estuvieron presentes en solo el 2,67% de las estaciones muestreadas, durante la década de los años 1990-1999 aumenta la abundancia y frecuencia de paralarvas a lo largo de toda la costa, llegando a encontrarse en el 11,78% de las estaciones muestreadas. La abundancia e incidencia de paralarvas aumenta ligeramente durante los años 2000-2009, encontrándose en 13,31% de las estaciones muestreadas y entre 2010 y 2014 aumenta al 23,05% de las estaciones muestreadas.

En la identificación y recuento de paralarvas no se hace una distinción por especies y se incluyen, seguramente, paralarvas de una gran variedad de especies de cefalópodos del mar peruano, como *Argonauta*, *Abraliopsis*, *Gonatidae*, *Octopodidae*, entre otros, pero, sin duda, gran parte de esas paralarvas corresponden al calamar gigante y la menor abundancia relativa de paralarvas en la década de los años 1980-1989 y su mayor abundancia relativa en las últimas dos décadas dan una clara indicación de la fluctuación de la abundancia de estadios desovantes de calamar gigante en el área muestreada, y por extensión en la aguas peruanas en su conjunto.

cruises carried out up to 100 nm from the coast along the coast between 1980 and 2012, with some cruises occasionally extending some of their profile tracks to 200 nm from the coast.

Among the main findings of Ayón (2018), it is worth noting that a significant change was found in the relative abundance of paralarvae around 1998 (Fig. 14) and that, while a low incidence of paralarvae was observed between 1980 and 1989, period in which paralarvae were present in only 2.67% of the sampled stations, during the period 1990-1999 the abundance and frequency of paralarvae along the entire coast increased, being present in 11.78% of the sampled stations. The abundance and incidence of paralarvae increased slightly during the years 2000-2009, being found in 13.31% of the sampled stations, and between 2010 and 2014 it increased to 23.05% of the sampled stations.

In the identification and counting of paralarvae, no distinction is made by species and the counts surely include paralarvae of a great variety of species of cephalopods of the Peruvian sea, such as *Argonauta*, *Abraliopsis*, *Gonatidae*, *Octopodidae*, among others, but, without a doubt, a large part of these paralarvae correspond to jumbo flying squid, and the relative lower abundance of paralarvae in the 1980s and their relative higher abundance in the last two decades give a clear indication of the fluctuation of the abundance of spawning stages of jumbo flying squid in the sampled area, and by extension the Peruvian waters as a whole.

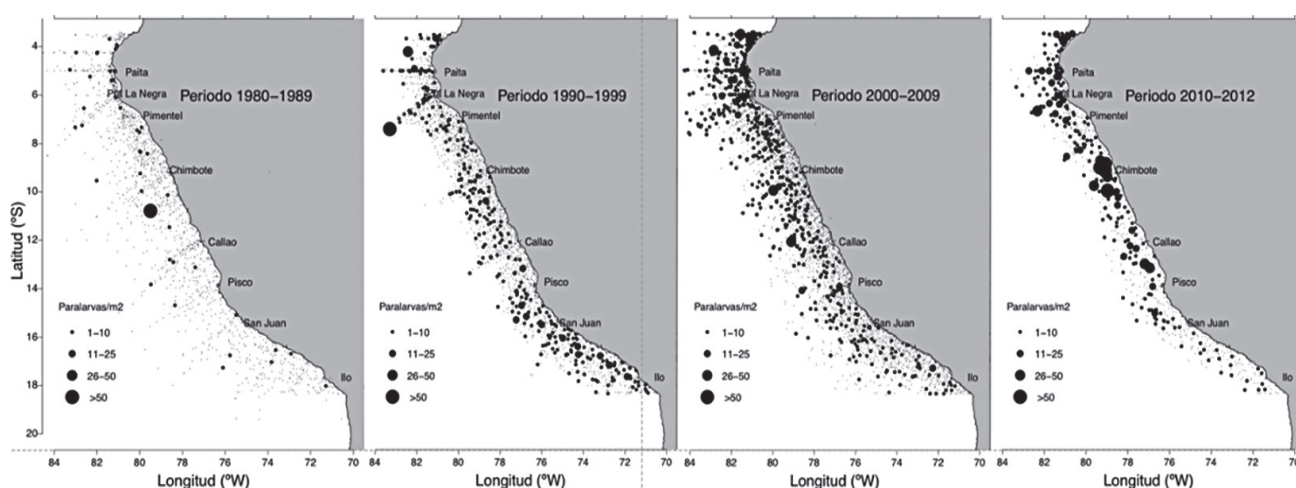


Figura 14.- Distribución espacial y abundancia relativa de paralarvas de cefalópodos a lo largo de la costa peruana hasta 100 mn de la distancia de la costa, por decenios, años 1980-2012 (Ayón 2018)

Figure 14. Spatial distribution and relative abundance of cephalopod paralarvae along the Peruvian coast within 100 nm from the coast, by decades, years 1980-2012 (Ayón 2018)

### 13. ORDENACIÓN PESQUERA

La pesquería peruana del calamar gigante tuvo su desarrollo inicial a fines de los años 1980 y principios de los años 1990. Actualmente, es la segunda pesquería más importante en el Perú, tanto en términos de volumen como de ingresos en divisas, ya que la mayoría de las capturas se destinan al mercado de exportación, habiendo generado exportaciones por un valor al embarque, FOB, de 505 millones de dólares americanos en 2014 y 406 millones de dólares americanos en 2007, la mayor parte como productos congelados (96,5%) además de harina (3,2%) y conservas (0,3%) (PROMPERU 2016, 2017). Esta pesquería tiene un impacto social notable ya que la mayor parte de su expansión en los años 2000 estuvo basada en el aumento de las capturas y del direccionamiento de la flota artesanal local hacia esa pesquería. Y desde 2012 toda la captura peruana de calamar gigante es realizada por flotas artesanales locales, que según la última encuesta realizada (CASTILLO *et al.* en preparación) llega a un total de 4.622 embarcaciones, incluyendo poteras puras (2.269), poteras-espineleras (789) y poteras combinadas con otras artes de pesca (1.564). Se estima que las 4.622 embarcaciones artesanales dedicadas a la pesca de calamar gigante dan empleo directo a más de 20.000 pescadores embarcados.

En este mismo volumen GUEVARA-CARRASCO *et al.* (2018) examinan cómo se ha ido desarrollando la ordenación de la pesquería del calamar gigante en el Perú desde que esta se inició hace casi 30 años y, al hacerlo, también consideran los aspectos normativos en relación a otros aspectos principales que han influenciado y aun influyen el desarrollo ordenado de esta pesquería, incluyendo factores operativos, comerciales, ambientales y biológicos. Se destaca que hasta el año 1990 en el Perú no había regulaciones de ordenación pesquera específicas para el calamar gigante, debido a que no había una pesquería dirigida a esta especie y los desembarques eran muy bajos y resultaban principalmente de capturas accidentales. Como señalan GUEVARA-CARRASCO *et al.* (2018) las primeras medidas de ordenación pesquera del calamar gigante fueron adoptadas en 1991, cuando bajo acuerdos bilaterales el Perú otorgó licencias de pesca a hasta 31 barcos poteros industriales de Japón y Corea para capturar calamar gigante en aguas peruanas entre 1991 y 1995. La concesión de las licencias y operaciones de estos barcos poteros industriales estuvieron reguladas por una serie de normas legales (Decreto Supremo N° 005-91-PE, Decreto Supremo N° 004-92-PE y Decreto Supremo N° 008-92-PE). Estas incluían regulaciones de esfuerzo de pesca, cuotas de captura, limitaciones del área de pesca y límites de talla mínima.

### 13. FISHERY MANAGEMENT

The Peruvian jumbo flying squid fishery had its initial development in the late 1980s and early 1990s. Currently, it is the second most important fishery in Peru, both in terms of volume and foreign exchange earnings, since most of the catches are directed to the export market, having generated exports with a free on board, FOB, value worth US\$505 million in 2014 and US\$406 million in 2007, most of them as frozen products (96.5%), flour (3.2%) and canned food (0.3%) (PROMPERU 2016, 2017). This fishery has a remarkable social impact since most of its expansion in the years 2000s was based on the increase in catches and in the targeting of the local artisanal fleet towards this fishery, and since 2012, all the Peruvian catch of jumbo flying squid is made by local artisanal fleets, which according to the latest survey (CASTILLO *et al.* in preparation) reaches a total of 4,622 vessels, including pure jiggers (2,269), combined jigger-longliners (789) and jiggers combined with other fishing gears (1,564). It is estimated that the 4,622 artisanal vessels dedicated to fishing for jumbo flying squid directly employ more than 20,000 fishermen on board.

In this same volume, GUEVARA-CARRASCO *et al.* (2018) examine how the management of the jumbo flying squid fishery in Peru has been developing since it began almost 30 years ago and, in doing so, also consider the regulatory aspects in relation to other main aspects that have influenced and still influence the orderly development of this fishery, including operational, commercial, environmental and biological factors. It is highlighted that, until 1990, in Peru there were no specific fishery management regulations for jumbo flying squid, due to the fact that there was no directed fishery for this species and the landings were very low and resulted mainly from bycatches. As GUEVARA-CARRASCO *et al.* (2018) point out, the first fishery management measures for jumbo flying squid were adopted in 1991, when under bilateral agreements Peru granted fishing licenses to up to 31 industrial jigger vessels from Japan and Korea to catch jumbo flying squid in Peruvian waters between 1991 and 1995. The licensing and operations of these industrial jigger vessels were regulated by a series of legal rulings (Supreme Decree No. 005-91-PE, Supreme Decree No. 004-92-PE and Supreme Decree No. 008-92-PE). These included fishing effort regulations, catch quotas, fishing area limitations and minimum size limits.

A medida que se fue desarrollando esta pesquería, se aprobó un Plan de Ordenamiento Pesquero más formal para el calamar gigante (Resolución Ministerial N° 155-94-PE) que entró en vigor en 1994 (GUEVARA-CARRASCO *et al.* 2018) que, entre otras medidas, incluía un sistema de cuotas por buque y tipo de pesca, limitación de las áreas de pesca y disposiciones para estimular el desarrollo de una pesquería artesanal local de calamar gigante. Este Plan de Ordenamiento se ha ido modificando en años sucesivos a fin de ampliar o actualizar algunos de sus aspectos.

Mientras que la flota artesanal no tenía ni tiene limitaciones en cuanto a las áreas de pesca donde puede operar, aparte de las regulaciones que prohíben toda pesca a menos de 200 m de islas y lugares seleccionados de anidación de aves guaneras a lo largo de la costa, la flota industrial autorizada a capturar calamar gigante en aguas peruanas, solo tenía permitido operar lejos de la costa a una distancia mínima que entre 1991 y 1997 se fijó en 30 mn, entre 1998 y 2010 se redujo a 20 mn y en 2011 se amplió a 80 mn de distancia de la costa. Pero después de diciembre de 2011 no se otorgó ni renovó ninguna licencia para la pesca industrial de calamar gigante en aguas peruanas y desde 2012 toda la pesca de calamar gigante en aguas peruanas es realizada por la flota artesanal local (GUEVARA-CARRASCO *et al.* 2018).

Desde octubre de 2011, la pesquería del calamar gigante en el Perú está normada por el 'Reglamento de Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante o Pota (*Dosidicus gigas*)', aprobado mediante Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE (PRODUCE 2011) y al amparo de ese reglamento se dan cada año otros dispositivos legales que incluyen, entre otros, las cuotas o límites máximos de captura de esta especie para el año.

En los últimos 15 años la pesquería peruana del calamar gigante se ha venido evaluando y ordenando como si todo el calamar gigante capturado por la flota peruana proviniera de una sola unidad poblacional, lo que se puede considerar como válido ya que, como se destaca líneas arriba, la mayoría, si no todo el calamar gigante presente y capturado en aguas jurisdiccionales peruanas desde el año 2001 hasta el año 2016, ha sido del grupo fenotípico o subunidad poblacional de calamar gigante de talla grande de madurez sexual. Sin embargo, de confirmarse un cambio significativo en la presencia, abundancia y predominancia de los grupos fenotípicos en aguas peruanas, habrá que considerar un cambio en las estrategias de evaluación y ordenación pesquera que considere la presencia de dos o más subunidades poblacionales de calamar gigante con regímenes de abundancia fluctuantes.

As this fishery developed, a more formal Fishery Management Plan for jumbo flying squid was adopted (Ministerial Resolution N° 155-94-PE) and entered into force in 1994 (GUEVARA-CARRASCO *et al.* 2018), which, among other measures, included a quota system by vessel and type of fishing, limitation of fishing areas and provisions to encourage the development of a local artisanal fishery for jumbo flying squid. This Management Plan has been modified in successive years in order to expand or update some of its aspects.

While the artisanal fleet had no limitations on the fishing areas where it can operate, apart from the regulations that prohibit all fishing less than 200 m from islands and selected nesting sites of guano birds along the coast, the industrial fleet authorized to catch jumbo flying squid in Peruvian waters was only allowed to operate far from the coast at a minimum distance of 30 nm between 1991 and 1997, reduced to 20 nm between 1998 and 2010 and expanded to 80 nm from the coast in 2011. But after December 2011, no licenses were granted or renewed for industrial fishing of jumbo flying squid in Peruvian waters and since 2012 all fishing of this species in Peruvian waters is carried out by the local artisanal fleet (GUEVARA-CARRASCO *et al.* 2018).

Since October 2011, the fishery for jumbo flying squid in Peru has been regulated by the bylaw on the 'Regulation on the Management of the Jumbo Flying Squid (*Dosidicus gigas*) Fishery', approved by Supreme Decree N° 014-2011-PRODUCE (PRODUCE 2011) and under this regulation other legal provisions are put in place each year, including, among others, quotas or maximum catch limits for this species for the year.

In the last 15 years, the Peruvian fishery for jumbo flying squid has been evaluated and ordered as if all the jumbo flying squid caught by the Peruvian fleet were from a single population unit, which can be considered valid since, as noted above, most, if not all, of the jumbo flying squid present and caught in Peruvian jurisdictional waters from 2001 to 2016 have been from the phenotypic group or population subunit of large size sexual maturity jumbo flying squids. Nevertheless, if a significant change in the presence, abundance and predominance of phenotypic groups in Peruvian waters is confirmed, a change in the assessment and fisheries management strategies would need to be considered, to take into account the presence of two or more jumbo flying squid population subunits and fluctuating abundance regimes.

#### 14. RESUMEN DE CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Del examen de los resultados de las diversas evaluaciones realizadas por el IMARPE y los resultados de sus otras fuentes de información y observaciones sobre la pesquería, el recurso y su hábitat que se resumen en este volumen se puede concluir que el nivel de explotación del stock o stocks de calamar gigante en aguas peruanas se ha mantenido por debajo del máximo permisible y por lo tanto, se le puede considerar como un recurso sub-explotado o moderadamente explotado.

Diferencias observadas en las tallas de madurez sexual, tallas máximas de crecimiento y sus áreas más comunes de distribución, confirman que frente al Perú ocurren los tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales descritos por NIGMATULLIN *et al.* (2001). Estos tres grupos o unidades poblacionales se han observado casi persistentemente en el ecosistema costero y oceánico frente al Perú, los grupos de tallas de madurez sexual media y grande se observan con mayor frecuencia en aguas peruanas y los grupos de tallas pequeña y media se observan con mayor frecuencia en la alta mar adyacente, presentándose como grupos dominantes separados, en períodos de tiempo diferentes y con una más o menos clara segregación espacial de sus núcleos de mayor abundancia, que tienden a alterarse esporádicamente o por períodos de una o más décadas ante cambios ambientales del tipo de El Niño, La Niña, El Viejo y La Vieja. Y al menos en aguas peruanas, las fluctuaciones en la abundancia de estos grupos fenotípicos se asemejan y parecen tener cierta sincronía con los cambios de régimen a escala decadal observados en otras especies del sistema norte de la Corriente de Perú, como la anchoveta y el jurel. La naturaleza y mecanismos de ocurrencia de estas fluctuaciones merecen ser investigadas más en profundidad.

Estudios recientes realizados por IMARPE sugieren que el comportamiento, patrón de distribución, abundancia local y total, el tamaño corporal y el tiempo y tamaño o la edad de madurez sexual podrían modificarse notablemente bajo condiciones ambientales extremadamente cálidas o frías, típicas de eventos intensos de El Niño y La Niña, por lo que también se deben alentar investigaciones ulteriores en esa dirección.

La presencia y fluctuaciones de estos tres grupos fenotípicos o subunidades poblacionales de calamar gigante en aguas peruanas plantean muchos interrogantes, demandas y desafíos serios e interesantes para la ciencia y la ordenación pesquera. En especial con respecto a cuáles son los mejores métodos de evaluación de stock a aplicar en este caso, cuál es el enfoque y cuáles serían las estrategias de ordenación pesquera más adecuadas, tanto con

#### 14. SUMMARY OF CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

From the examination of the results of the various assessments conducted by IMARPE and the results of its other sources of information and observations on the fishery, the stock(s) and its habitat, summarized in this volume, it can be concluded that the level of exploitation of the jumbo flying squid stock or stocks in Peruvian waters has remained below the maximum allowable level and can therefore be considered as an under-exploited or moderately exploited resource.

Differences observed in the sizes at sexual maturity, maximum growth size and its most common areas of distribution, confirm that the three phenotypic groups or population subunits described by NIGMATULLIN *et al.* (2001) occur in Peru. These three population groups or units have been observed almost persistently in the coastal and oceanic ecosystem off Peru (the groups of medium and large-size at sexual maturity are observed more frequently in Peruvian waters and the small and medium-size groups are observed more frequently in the adjacent high seas), where they tend to appear as separate dominant groups, in different periods of time and with a more or less clear spatial segregation of their nuclei of greatest abundance, which tend to alter sporadically or for periods of one or more decades due to environmental changes such as El Niño, La Niña, El Viejo and La Vieja. And at least in Peruvian waters, the fluctuations in the abundance of these phenotypic groups resemble and seem to have some synchrony with the decadal-scale regime changes observed in other species of the northern Peruvian Current system, such as anchoveta and jack mackerel. The nature and mechanisms of occurrence of these fluctuations deserve further investigation.

Recent IMARPE studies suggest that the behavior, distribution pattern, local and total abundance, body size, and the time and size or age at sexual maturity may change significantly under extremely warm or cold environmental conditions that are typical of intense El Niño and La Niña events, and further research in this regard should also be encouraged.

The presence and fluctuations of these three phenotypic groups or population subunits of jumbo flying squid in Peruvian waters raise many serious and interesting questions, demands and challenges for fisheries science and management, in particular, with respect to which would be the best stock assessment methods to be applied in this case, and the approach and the most appropriate fisheries

respecto a la pesca en aguas jurisdiccionales peruanas como en la alta mar adyacente.

Estos tres grupos tienen características fenotípicamente tan diferentes que, aunque no se tengan evidencias concretas de que pertenecen a subunidades poblacionales genéticamente diferentes, es muy probable que tengan que ser evaluados y posiblemente, también deberán ser sometidos a medidas de ordenación pesquera como si se trataran de unidades o subunidades poblacionales diferentes.

Este no ha sido un mayor problema en el caso de la pesquería peruana del calamar gigante entre los años 2001 y 2016 ya que la pesca se ha basado mayormente y en algunos años casi exclusivamente en el grupo fenotípico o subunidad poblacional compuesta por ejemplares de tallas de maduración grande. Pero si se produjera un cambio de régimen, y cambiaran la abundancia y los porcentajes de participación de estos tres grupos fenotípicos en las capturas, habría que revisar algunos de los métodos de evaluación y las estrategias de ordenación pesquera empleados.

En una escala regional más amplia, además del tema de los grupos fenotípicos o subunidades poblacionales de calamar gigante, existe un creciente interés por investigar los procesos y mecanismos que han llevado a la expansión del rango de distribución y la mayor presencia de grandes concentraciones de calamar gigante tanto en el Pacífico nororiental como sudoriental, dándose particular atención a la posible influencia que puedan tener sobre las poblaciones de calamar gigante los cambios climáticos y los efectos de la reducción por la pesca de las poblaciones de especies depredadoras de las diferentes etapas de la historia de vida del calamar gigante, que podrían favorecer su crecimiento, sobrevivencia y expansión poblacional.

management strategies, both with respect to the fishery in Peruvian jurisdictional waters and in the adjacent high seas.

These three groups have such phenotypically different characteristics that, although there is no concrete evidence that they belong to genetically different population subunits, it is very likely that they will have to be evaluated and possibly also be subject to fisheries management measures as if they were different population units or subunits.

This has not been a major problem in the case of the Peruvian fishery for jumbo flying squid between 2001 and 2016, since the fishery has been based mostly and, in some years, almost exclusively on the phenotypic group or population subunit composed of large-size maturing squids. But if there is a regime change, and the abundance and percentages of participation of these three phenotypic groups in the catches change, some of the assessment methods and fisheries management strategies used would need to be revised.

On a broader, regional scale, in addition to the issue of phenotypic groups or subunits of jumbo flying squid populations, there is growing interest in investigating the processes and mechanisms that have led to the expansion of the range and the increased presence of large concentrations of jumbo flying squid in both the Northeastern and Southeastern Pacific. There is also particular interest in the possible influence of climate change on the jumbo flying squid populations, and in the effects that reducing by fishing the populations of species that prey on different life-history stages of jumbo flying squid could have, by favoring their growth, survival and population expansion.

## 15. REFERENCIAS /REFERENCES

- ALEGRE A, ESPINOZA P, ESPINO M. 2013. Ecología trófica del jurel *Trachurus murphyi* en el Perú entre 1977-2011. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco y M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. Número especial 20(1): 75-82.
- ALEGRE A, MÉNARD F, TAFUR R, ESPINOZA P, ARGÜELLES J, MAEHARA V, FLORES O, SIMIER M, BERTRAND A. 2014. Comprehensive model of Jumbo squid *Dosidicus gigas* trophic ecology in the Northern Humboldt current system. PLoS One 9(1), e85919: 11p doi: 10.1371/journal.pone.008591
- ANDERSON C I H, RODHOUSE P G. 2001. Life cycles, oceanography and variability: ommastrephid squid in variable oceanographic environments. Fisheries Research. 54: 133-143.
- ANÓNIMO. 2016. National report of Chinese Taipei to SPRFMO Scientific Committee on the squid jigging fishery in the Southeast Pacific Ocean. Paper presented at the 4<sup>th</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, The Hague, Kingdom of the Netherlands, 10 - 15 October 2016. SPRFMO Doc. SC-04-16: 12 p.
- ANÓNIMO. 2017. National report of Chinese Taipei to SPRFMO Scientific Committee on the squid jigging fishery in the Southeast Pacific Ocean. Paper presented at the 5<sup>th</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, Shanghai, China. 23-28 September 2017. SPRFMO Doc. SC5-Doc23\_rev1: 12 p.
- ARANCIBIA H, BARROS M, NEIRA S, MARKAIDA U, YAMASHIRO C, SALINAS C, ICOCHEA L, CUBILLOS L, IBÁÑEZ C, LEÓN R, PEDRAZA M, ACUÑA E, CORTÉS A, KESTERNICH V. 2007. Informe Final proyecto FIP 2005-38. Análisis del impacto de la jibia en las pesquerías chilenas de peces demersales. Universidad de Concepción/Universidad Católica del Norte. 299 p + anexos.
- ARGÜELLES J. 1996. Crecimiento y reclutamiento del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú (1991-1994). Inf prog Inst Mar Perú N° 23: 14 p.

- ARGÜELLES J, RODHOUSE P, VILLEGAS P, CASTILLO G. 2001. Age, growth and population structure of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* in Peruvian waters. *Fisheries Research*. 54: 51-61.
- ARGÜELLES J, TAFUR R, TAIPE 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. *Fisheries Research*. 106: 185-192.
- ARGÜELLES J, LORRAIN A, CHEREL Y, GRACO M, TAFUR R, ALEGRE A, ESPINOZA P, TAIPE A, AYÓN P, BERTRAND A. 2012. Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current System. *Mar. Biol.* 159: 2105-2116.
- ARGÜELLES J, CSIRKE J, YAMASHIRO C, MARIATEGUI L, TAFUR R. 2016. Notes on research needs and the type and level of detail of the data on fishing activities and fishing impacts to be required from all fleets fishing for jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) in the SPRFMO Convention area. Paper presented at the 4<sup>th</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO. The Hague, Netherlands. 10-15 October. SPRFMO Doc. SC-04-20: 10 p. (<https://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Meetings-2013-plus/SC-Meetings/4th-SC-Meeting-2016/SC04-papers/SC-04-20-Research-needs-and-level-of-detail-required-from-fleets-fishing-for-D-gigas.pdf>)
- ARGÜELLES J, CSIRKE J, MARIATEGUI L, CASTILLO R. 2017. Distribution, size composition, possible stock structure and the assessment of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off Peru. Paper presented at the 5<sup>th</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, Shanghai, China. 23-28 September. SPRFMO Doc. SC5-SQ07\_rev1: 11 p. (<https://www.sprfmo.int/assets/SC5-2017/SC5-SQ07-rev1-Distribution-Size-Stock-structure-and-Assessment-for-Jumbo-flying-squid.pdf>)
- 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 2012. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 167-177.
- ARKHIPKIN A, MURZOV S. 1986. Age and growth patterns of *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae). In: Ivanov, B. (Ed.) Present state of fishery for squids and prospects of its development. VNIRO Press, Moscow. (In Russian, Spanish Translation). 107-123.
- 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. (<https://doi.org/10.1139/cjfas-2014-0386>)
- AYÓN P. 2018. Variabilidad espacial y temporal de paralarvas de cefalópodos (1980-2014) en el mar peruano. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 253-265.
- BARBET-MASSIN M, JIGUET F, ALBERT H C, THUILLER W. 2012. Selecting pseudo-absences for species distribution models: how, where and how many? *Methods Ecol. Evol.* 3: 85-107. doi:10.1111/j.2041-210X.2011.00172.x
- BAZZINO G. 2001. Análisis de los efectos ambientales sobre la distribución y abundancia del calamar *Illex argentinus* (Cephalopoda, Ommastrephidae) en la Zona Común de Pesca Argentino-Uruguaya. Tesis para optar al grado de Magister en Ciencias con Mención en Pesquerías. Universidad de Concepción. Chile. 116 p.
- 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: Álvaro E. Tresierra Aguilar (Ed) Anales I Congreso Nacional de Biología Pesquera 28 de junio al 01 de julio 1984, Trujillo-Perú. 10-16.
- 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): 139 p.
- BOUCHON M, LIMACHE J, ULLOA D. 2018. Captura incidental de la pota (*Dosidicus gigas*) en la pesquería de cerco peruana. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 212-221.
- BOYLE P R, BOLETZKY S V. 1996. Cephalopod populations: definitions and dynamics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London Series B*. 351: 985-1002.
- BRODIE S, HOBDAV A J, SMITH J A, EVERETT J D, TAYLOR M D, GRAY C A, SUTHERS I M. 2015. Modelling the oceanic habitats of two pelagic species using recreational fisheries data. *Fish. Oceanogr.* 24: 463-477. doi:10.1111/fog.12122
- CASTILLO R, PERALTILLA S, ALIAGA A, FLORES M, BALLON M, CALDERÓN J, GUTIERREZ M. 2009. Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano. *Inf Inst Mar Perú*. 32: 7-28.
- CASTILLO G, FERNÁNDEZ J, GUEVARA-CARRASCO R, MEDINA A. En preparación. Tercera encuesta estructural de la pesquería artesanal en el litoral peruano - Resultados generales. *Inf Inst Mar Perú*.
- CHAVEZ F, BERTRAND A, GUEVARA-CARRASCO R, SOLER P, CSIRKE J. 2008. The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Prog Oceanogr.* 79: 95-105 (Science Direct). versión en español en: [http://www.imarpe.gob.pe/paita/documentos/Editorial\\_Conf\\_Humboldt.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/paita/documentos/Editorial_Conf_Humboldt.pdf)
- CHOI S-G, LEE J H, KIM E, CHUNG S, LEE J B, AN D. 2017. Annual Report of Korea to the 5th Scientific Committee Meeting of the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO). Paper presented at the 5<sup>th</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, Shanghai, China. 23-28 September 2017. SPRFMO Doc. SC5-Doc25\_rev1: 15 p. <http://www.sprfmo.int/assets/SC5-2017/SC5-Doc25-rev1-Korean-Annual-report-in-2017-revised.pdf>
- CHUNG W-S, LU C-C. 2005. The influence of temperature and salinity on the statolith of the oval squid *Sepioteuthis lessoniana* Lesson, 1830 during early developmental stages. *Phuket Marine Biological Centre Research Bulletin*. 66: 175-185.
- CIEZA DE LEÓN, P. 1553. La Crónica del Perú. Editora Calpe, Madrid (reproducido por McKew Parr Collection, Magellan and the Age of Discovery, Presented to Brandeis University, 1961): 368 p. <https://ia801406.us.archive.org/3/items/lacrnicaelper00ciez/lacrnicaelper00ciez.pdf>
- CISNEROS R, TAFUR R. 2017. Dieta del calamar gigante *Dosidicus gigas* en la zona norte (Paita) y sur (Camaná) durante 2016. Informe Anual, Proyecto "Monitoreo biológico-pesquero del calamar gigante a bordo de la



- flota artesanal en las principales áreas de extracción de la costa peruana". Inf Int Inst Mar Perú. 12 p.
- 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.
- CLARKE R, PALIZA O. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). Rev. Biol. Mar. Oceanogr. 35: 1-38.
- COSGROVE J A, SENDALL K A. 2005. First records of *Dosidicus gigas*, the Humboldt squid in the temperate North-eastern Pacific. Archives of the British Columbia Royal Museum, Victoria, Canada. 10 p. (<https://www.researchgate.net/publication/265815348>)
- CSIRKE J. 1989. Changes in the catchability coefficient in the Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) fishery. In D. Pauly, P. Muck, J. Mendo, I. Tsukayama (eds). The Peruvian upwelling ecosystem: dynamics and interactions. ICLARM Conference Proceedings. (18): 207-219.
- CSIRKE J, GUEVARA-CARRASCO R, CÁRDENAS G, ÑIQUÉN M, CHIPOLLINI A. 1996. Situación de los recursos anchoveta (*Engraulis ringens*) y sardina (*Sardinops sagax*) a principios de 1994 y perspectivas para la pesca en el Perú, con particular referencia a las regiones norte y centro de la costa peruana. Bol Inst Mar Perú. Vol. 15 (1): 23 p.
- CSIRKE J. 2013. El Jurel *Trachurus murphyi* en el Perú. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. Número especial 20(1): 5-8.
- CSIRKE J, ALEGRE A, ARGÜELLES J, GUEVARA-CARRASCO R, MARIÁTEGUI L, SEGURA M, TAFUR R, YAMASHIRO C. 2015. Main biological and fishery aspects of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Peruvian Humboldt Current System. Paper presented at the 3<sup>rd</sup> meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO. Port Vila, Vanuatu. 28 September - 3 October 2015. SPRFMO Doc. SC-03-27: 33p. (<http://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Meetings-2013-plus/SC-Meetings/3rd-SC-Meeting-2015/Papers/SC-03-27-Biological-and-fishery-aspects-of-the-jumbo-squid-in-the-Peruvian-Humboldt-current.pdf>)
- EHRHARDT N, JACQUEMIN P, GARCIA F, GONZALEZ G, LOPEZ J M, ORTIZ J, SOLIS A. 1983. On the fishery and biology of the giant squid, *Dosidicus gigas*, in the Gulf of California, Mexico. In: Advances in assessment of world cephalopod resources. Edited by JF Caddy. FAO Fishery Technical Paper. (231): 306-40.
- ELITH J, GRAHAM C H, ANDERSON R P, DUDI'K M, FERRIER S, GUISAN A, HIJMANS R J, HUETTMANN F, LEATHWICK J R, LEHMANN A, LI J, LOHMANN L G, LOISELLE B A, MANION G, MORITZ C, NAKAMURA M, NAKAZAWA Y, OVERTON J Mc C, PETERSON A T, PHILLIPS S J, RICHARDSON K S, SCACHETTI-PEREIRA R, SCHAPIRE R E, SOBERÓN J, WILLIAMS S, WISZ M S, ZIMMERMANN N E. 2006. Novel methods improve prediction of species' distributions from occurrence data. Ecology (Cop.). 29, 129-151. doi:10.1111/j.2006.0906-7590.04596.x
- 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. Número especial 20(1): 9-20.
- FIELD J C, BALTZ K, PHILLIPS A J, WALKER W. 2007. Range expansion and trophic interactions of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, in the California Current. CCOFI Rep. 48: 131-146.
- FIELD J C, ELLIGER C, BALTZ K, GILLESPIE G E, GILLY W F, RUIZ-COOLEY R I, PEARSE D, STEWART J S, MATSUBU W, WALKER W. 2013. Foraging ecology and movement patterns of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the California Current System. Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr. 95: 37-51. doi:10.1016/j.dsr2.2012.09.006
- FISHERIES AGENCY OF JAPAN. 2009. The R/V Kaiyo Maru 2007 Cruise Report - Japan and Peru joint study of the Jumbo Flying squid, *Dosidicus gigas*, in the Eastern Pacific Ocean. Fisheries Agency of Japan. 177 p.
- FLORES M, VERA S, MARCELO R, CHIRINOS E. 1994. Estadísticas de los desembarques de la pesquería marina peruana 1983-1992. Inf Inst Mar Perú. 104: 200 p.
- FLORES R, ESPINO M, LUQUE G, QUISPE J. 2013. Patrones de variabilidad ambiental en el mar peruano. En: Csirke J., R. Guevara-Carrasco & M. Espino (Eds.). Ecología, pesquería y conservación del jurel (*Trachurus murphyi*) en el Perú. Rev. peru. biol. Número especial. 20(1): 21 - 28.
- FLORES M, SEGURA M, ALIAGA A. 2016. Biomasa y distribución del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el mar peruano aplicando el método hidroacústico: 1999-verano 2015. Bol Inst Mar Perú. 43(1): 10 p. (<http://bibliomarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/3065/Informe%2043%281%29-1.pdf?sequence=1>)
- FOOTE K G, KNUDSEN H P, VESTNES G, MACLENNAN D N, SIMMONDS E J. 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: a practical guide. Int. Coun. Explor. Sea Coop. Res. Rep. No. 144: 69 p.
- GARCILASO DE LA VEGA I. 1609. Primera parte de los Comentarios Reales, que tratan del origen de los Incas, Reyes que fueron del Perú. Pub. en oficina de Pedro Crasbeeck, Lisboa: 536 p. (<http://shemer.mslib.huji.ac.il/lib/W/ebooks/001531300.pdf>)
- GILLY W F, MARKAIDA U, BAXTER C H, BLOCK B A, BOUSTANY A, ZEIDBERG L D, REISENBICHLER K, ROBISON B, BAZZINO B, SALINAS C. 2006. Vertical and horizontal migrations by the jumbo squid *Dosidicus gigas* revealed by electronic tagging. Marine Ecology Progress Series. 324: 1-17.
- GOICOECHEA 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 del 2007. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 160-166.
- GUEVARA-CARRASCO R, YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, ARGÜELLES J. 2018. Aspectos de la ordenación pesquera del calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*) y la variabilidad climática en el Perú. Bol Inst Mar Perú. 33(2): 285-301.
- IBÁÑEZ C, ARANCIBIA H, CUBILLOS L. 2008. Biases in determining the diet of jumbo squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off southern-central Chile (34°S-40°S). Helgol. Mar. Res. 62: 331-338 (<https://doi.org/10.1007/s10152-008-0120-0>)
- IBÁÑEZ C. 2010. Estructura poblacional y diversidad genética de calamares con historias de vida contrastantes en el sistema de corrientes de Humboldt. Tesis para optar al grado de Doctor en Ciencias con mención en Ecología y Biología Evolutiva. 130 p.
- IBÁÑEZ C, CUBILLOS L, TAFUR R, ARGÜELLES J, YAMASHIRO C, POULIN E. 2011. Genetic diversity and demographic history of *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the Humboldt Current System. Marine Ecology Progress Series. 431: 163-171.

- IBÁÑEZ C M, POULIN E. 2014. Genetic structure and diversity of squids with contrasting life histories in the Humboldt Current System. *Hibrobiologica*. 24(1): 1-10.
- IMARPE. 2000. Estudio experimental para la evaluación hidroacústica del calamar gigante, realizado como parte del Crucero de evaluación acústica de recursos pelágicos BIC José Olaya Balandra 0007-08, 17 de julio - 17 de agosto de 2000. Inf interno IMARPE.
- IMARPE. 2000a. Memoria 2000. IMARPE, Callao, Perú. 104 p (<http://biblioiimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/1215/anoario%202000.pdf?sequence=1>)
- IMARPE. 2015. Crucero de investigación del calamar gigante, CR. 1501-02, 20 enero al 09 febrero de 2015. BIC José Olaya Balandra - Zona Norte, BIC Humboldt-Zona Sur. Informe Ejecutivo, IMARPE, Callao: 54 p (<http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/CruceroInvestigacionCalamarGigante.pdf>)
- IMARPE. 2015a. Situación del calamar gigante durante el 2014 y perspectivas de pesca para el 2015. Informe interno IMARPE, Callao, marzo 2015: 10 p ([http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/inf\\_calmar\\_2014\\_pers2015.pdf](http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe/inf_calmar_2014_pers2015.pdf))
- IMARPE. 2018. Informe Ejecutivo del Crucero de investigación del calamar gigante, Cr. 1711-12, 21 noviembre al 12 de diciembre de 2017, BIC "José Olaya Balandra"- Zona Norte, BIC "Humboldt" - Zona Sur. IMARPE, Callao, enero 2018: 40 p ([http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/informe\\_calmar\\_gigante\\_nov\\_dic\\_2017.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/informe_calmar_gigante_nov_dic_2017.pdf))
- IMARPE. 2018a. Situación del calamar gigante durante el 2017 y perspectivas de pesca para el 2018. IMARPE, Callao, febrero 2018: 14 p. ([http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/informe\\_perspectivas\\_calamar2018.pdf](http://www.imarpe.gob.pe/imarpe/archivos/informes/informe_perspectivas_calamar2018.pdf))
- IMARPE-JAMARC. 1991. Joint survey report on jumbo flying squid conducted with Instituto del Mar del Perú (IMARPE) and Japan Marine Resources Research Center (JAMARC) by the R/V Shinko Maru No. 2 (In the waters Peruvian 200-mile zone, including adjacent waters), from 4 November to 17 December 1989. JAMARC Report. No. 18: 58 p.
- IMARPE-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 Instituto del Mar del Perú (IMARPE) and Japan Marine Fishery Resources Research Center (JAMARC), carried out from 12 October 1990 to 10 January 1991. JAMARC Report. No. 19: 61 p.
- ITURBIDE M, BEDIA J, HERRERA S, DEL HIERRO O, PINTO M, GUTIÉRREZ J M. 2015. A framework for species distribution modelling with improved pseudo-absence generation. *Ecol. Modell.* 312: 166-174. doi:10.1016/j.ecolmodel.2015.05.018
- JAMARC. 1999. Report of the Kaiyo Maru cruise for study on the resources of two Ommastrephid squids, *Dosidicus gigas* and *Ommastrephes bartramii*, in the Pacific Ocean, during September 11 - December 24, 1997. Fisheries Agency of Japan. 207 p.
- JOHANNESSON K, ROBLES A. 1977. Echo surveys of Peruvian anchoveta. *Rapp. P.-V. Réun. Cons. Int. Explor. Mer.* 170: 237-244.
- KEYL F, ARGÜELLES J, TAFUR R. 2011. Interannual variability in size structure, age, and growth of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) assessed by modal progression analysis. *ICES J. Mar. Sci.* 68(3): 507-518. (<https://doi.org/10.1093/icesjms/fsq167>)
- KOHLHEPP G. 2005. Scientific findings of Alexander von Humboldt's expedition into the Spanish-American Tropics (1799-1804) from a geographical point of view. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences.* 77(2): 325-342. (<https://pdfs.semanticscholar.org/24db/e5e30513797632aa21a27ad0e5c1d9510cf9.pdf>)
- KREUZER R. 1984. Cephalopods: handling, processing and products. FAO Fisheries Technical Paper. (254): 108 p.
- KUROIWA M. 1998. Exploration of the jumbo squid, *Dosidicus gigas*, resources in the Southeastern Pacific Ocean with notes on the history of jigging surveys by the Japan Marine Fishery Resources Research Center: 89-105. In: Okutani, T. (Ed.). *Contributed papers to International Symposium on Large Pelagic Squids*, Tokyo, July 18-19, 1996. JAMARC. 269 p.
- LI G, CHEN X, ZOU X, LIU B. 2016. China's National Report Part II: Squid Jigging Fishery. Paper presented at the 4th meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO. The Hague, Kingdom of the Netherlands, 10-15 October 2016. SPRFMO Doc. SC-04-11 rev1: 11 p. (<http://www.sprfmo.int/assets/Meetings/Meetings-2013-plus/SC-Meetings/4th-SC-Meeting-2016/SC04-papers/SC-04-11-rev1-Chinas-Annual-Report-Part-II-Revised-Squid-jigging-fishery.pdf>)
- LI G, CHEN X, LIU B, XU L. 2017. China's Annual Report to the 2017 SPRFMO Scientific Committee, Part II: the squid jigging fishery. Paper presented at the 5th meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO. Shanghai, China, 23-28 September 2017. SPRFMO Doc. SC5-Doc. 17: 9 p. (<http://www.sprfmo.int/assets/00-SC5-2017/SC5-Doc17-Chinas-Annual-report-part-II-Squid.pdf>)
- 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. (Presented at the 4th meeting of the Scientific Committee of the SPRFMO, The Hague, Netherlands, 10-15 October 2016 as document SPRFMO SC-04-19). *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. Vol. 31(1): 81-91.
- LIU B, CHEN X & YI Q. 2013a. A 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*. 31(3): 523-533. (<http://dx.doi.org/10.1007/s00343-013-2182-3>)
- LLUCH-BELDA D, SCHWARTZLOSE R A, SERRA R, PARRISH R, KAWASAKI T, HEDGECOCK D, CRAWFORD R J M. 1992. Sardine and anchovy regime fluctuations of abundance in four regions of the world oceans: a workshop report. *Fish. Oceanogr.* 1(4): 339-347.
- LORRAIN A, ARGÜELLES J, ALEGRE A, BERTRAND A, MUNARON J M, RICHARD P, CHEREL Y. 2011. Sequential isotopic signature along gladius highlights contrasted individual foraging strategies of jumbo squid (*Dosidicus gigas*). *PLoS One* 6 (7) e22194: 6p. (<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0022194>)
- MACLENNAN D, SIMMONDS J. 1992. *Fisheries Acoustics*. London, Chapman and Hall Eds. 325 p.
- MARIÁTEGUI L, TAIPE A. 1996. Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. *Inf Prog Inst Mar Perú*. 34: 3-27.
- MARIÁTEGUI L, SANJINEZ M, TAIPE A, YAMASHIRO C. 2018. Distribución y concentración de *Dosidicus gigas*

- (d'Orbigny, 1835) en el Perú y aguas adyacentes. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 178-211.
- MARKAIDA U, SOSA-NISHIZAKI O. 2003. Food and feeding habits of jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) from the Gulf of California, Mexico. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 83: 1-16.
- MARKAIDA U, ROSENTHAL J J, GILLY W F. 2005. Tagging studies on the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) in the Gulf of California, Mexico. *Fish. Bull.* 103(1): 219-226.
- MARKAIDA U. 2006. Food and feeding of jumbo squid *Dosidicus gigas* in the Gulf of California and adjacent waters after the 1997-98 El Niño event. *Fisheries Research*. 79: 16-27.
- MARKAIDA U. 2006a. Population structure and reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* from the Gulf of California after the 1997-1998 El Niño event. *Fisheries Research*. 79: 28-37.
- MASUDA S, YOKAWA K, YATSU A, KAWAHARA S. 1998. Growth and population structure of *Dosidicus gigas* in the Southeastern Pacific. In: Okutani, T. (Ed.). *Large Pelagic Squid*. 107-118.
- MORRIS C C. 1991. Statocyst fluid composition and its effects on calcium carbonate precipitation in the squid *Alloteuthis subulata* (Lamarck, 1798): towards a model for biomineralization. *Bulletin of Marine Science*. 49(1-2): 379-388.
- NESIS K N. 1970. The biology of the giant squid of Peru 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.
- 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.
- PAULINO C, ARONI E, XUA H, ALBURQUEQUE E, DEMARCO H. 2017. Use of nighttime visible images in the study of the spatial and temporal variability of fishing areas of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) outside Peruvian EEZ 2004-2015. *Fisheries Research*. 191: 144-153.
- PAULY D. 1998. Why squid, though not fish, may be better understood by pretending they are. *South African Journal of Marine Science*. 20: 47-58. DOI: 10.2989/025776198784126269
- PEREA A, SÁNCHEZ J, BUITRÓN B. 2018. Escala de madurez gonadal del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835). *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 137-152.
- PHILLIPS S J, DUDÍK M. 2008. Modeling of species distributions with Maxent: New extensions and a comprehensive evaluation. *Ecography (Cop.)*. 31: 161-175. doi:10.1111/j.0906-7590.2008.5203.x
- PLUMMER M. 2003. JAGS: A program for analysis of Bayesian graphical models using Gibbs sampling. *DSC 2003 Working Papers*: 8 p. (<http://www.ci.tuwien.ac.at/Conferences/DSC-2003>)
- POPOVICI Z, CHACÓN DE POPOVICI G. 2003. El sistema de la Corriente del Perú. *Revista Pesca*. Lima, Perú, Setiembre-October. 18-20 pp.
- PRODUCE. 2011. Reglamento del ordenamiento pesquero del calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*). Decreto Supremo N° 014-2011-PRODUCE. *Diario Oficial El Peruano*, 5 de octubre de 2011, Lima, Perú. 451118-451120.
- PROMPERU. 2016. Informe Anual 2016, Desarrollo del comercio exterior pesquero en el Perú. PROMPERU.94p. [http://www.siicex.gob.pe/siicex/recursos/sectoresproductivos/2016\\_Desenvolvimiento\\_Pesquero\\_Promperu.pdf](http://www.siicex.gob.pe/siicex/recursos/sectoresproductivos/2016_Desenvolvimiento_Pesquero_Promperu.pdf)
- PROMPERU. 2017. Informe Anual 2017, Desarrollo del comercio exterior pesquero en el Perú. PROMPERU.94p. <http://www.siicex.gob.pe/siicex/recursos/sectoresproductivos/Desenvolvimiento%20Pesquero%20Acuicola%202017%20PromPeru.pdf>
- ROPER C F E, SWEENEY M J, NAUEN C E. 1984. FAO species catalogue. Vol. 3. Cephalopods of the world. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fishery Synopsis*. 125: 277 p.
- ROSAS R. 2007. Descripción de la alimentación del calamar gigante *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 en la costa occidental de la Península de Baja California. Tesis Para optar el grado de Maestro en Ciencias. La Paz, Baja California. 84 p.
- ROSAS-LUIS R, TAFUR-JIMENEZ R, ALEGRE-NORZA A R, CASTILLO-VALDERRAMA P R, CORNEJO-URBINA R M, SALINAS-ZAVALA C A, SÁNCHEZ P. 2011. Trophic relationships between the jumbo squid (*Dosidicus gigas*) and the lightfish (*Vinciguerria lucetia*) in the Humboldt Current System off Peru. *Sci. Mar.* 75: 549-557.
- RUBIO R, 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 pp.
- RUIZ-COOLEY R, GENDRON D, AGUIÑIGA S, MESNICK S, CARRIQUIRY J D. 2004. Trophic relationship between sperm whale and squid using stable isotopes of C and N. *Marine Ecology Progress Series*. 277: 275-283.
- SAKAI M, YAMASHIRO C. (Eds.). 2013. Informe final. Crucero de investigación conjunta del calamar gigante *Dosidicus gigas*, BIC Kaiyo Maru 2011-2012 (16 diciembre 2011 al 19 enero 2012). Final report, Joint research cruise of jumbo flying squid *Dosidicus gigas*, R/V Kaiyo Maru, 2011-2012 (16 December 2011 to 19 January 2012). FRA, IMARPE & Fisheries Agency, Japan. 77 p.
- SAKAI M, VIJAI D, YAMASHIRO C, WAKABAYASHI T. 2018. Observations on embryos and embryonic development from an egg mass of the jumbo squid *Dosidicus gigas* spawned under captive conditions. *Bol Inst. Mar Perú*. 33(2): 153-159.
- SALAZAR C M, GIAMPIETRI L A, ALARCÓN J R, THORNE D. 2018. Lineamientos para la adecuación y desarrollo de una flota peruana especializada en la captura del calamar gigante o pota *Dosidicus gigas*. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 266-284.
- SÁNCHEZ G, TOMANO S, YAMASHIRO C, FUJITA R, WAKABAYASHI T, SAKAI M, UMINO T. 2016. Population genetics of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in the northern Humboldt Current system based on mitochondrial and microsatellite DNA markers. *Fisheries Research*. 175: 1-9. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2015.11.005>)
- SANDOVAL-CASTELLANOS E, URIBE-ALCOCER M, DÍAZ-JAIMES P. 2007. Population genetic structure of jumbo squid (*Dosidicus gigas*) evaluated by RAPD analysis. *Fisheries Research*. 83: 113-118.
- 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.

- SANDOVAL-CASTELLANOS E, URIBE-ALCOCER M, DÍAZ-JAÍMES P. 2010. Population genetic structure of the Humboldt squid (*Dosidicus gigas*, d'Orbigny, 1835) inferred by mitochondrial DNA analysis. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 385: 73–78.
- SCHMIEDER O. 1964. Alexander von Humboldt. Persönlichkeit, wissenschaftliches Werk und Auswirkung auf die moderne Länderkunde. *Geographische Zeitschrift*. Wiesbaden 52: 81–95. (cited in Kohlhepp 2005)
- SCHMITT S, POUTEAU R, JUSTEAU D, DE BOISSIEU F, BIRNBAUM P. 2017. SSDM: An R package to predict distribution of species richness and composition based on stacked species distribution models. *Methods Ecol. Evol.* 1–9. doi:10.1111/2041-210X.12841
- SCHWEIGGER E. 1964. El Litoral Peruano. Segunda Edición. Auspiciada por la Universidad Nacional Federico Villarreal, Lima. Gráfica Morsom S.A., Lima, Perú. 435 p.
- SEGURA M, CASTILLO R, RUBIO J, TELLO E, GUTIERREZ M, ALIAGA A. 1996. Crucero de investigaciones sobre el recurso calamar gigante o pota a bordo del BIC SNP-1. Cr.9510-11. *Inf Prog Inst Mar Perú*. 34: 29-65. (<http://biblioimarpe.imarpe.gob.pe:8080/bitstream/handle/123456789/1184/IP%2034.2.pdf?sequence=1>)
- SEIBEL B A. 2011. Critical oxygen partial pressures and metabolic suppression in oxygen minimum zones. *J Exp Biol*. 214: 326–336.
- SEIBEL B A. 2013. The jumbo squid, *Dosidicus gigas* (Ommastrephidae), living in oxygen minimum zones. II: Blood–oxygen binding. *Deep Sea Res. Part II Top. Stud. Oceanogr.* 95: 139–144. (doi:10.1016/j.dsr2.2012.10.003)
- SHCHETINNIKOV A S. 1989. Food spectrum of *Dosidicus gigas* (Oegopsida) in the ontogenesis. *Zoologicheskii Zhurnal*. 68: 28-39 (In Russian with English abstract).
- SIMRAD. 1997. Operator manual Simrad EK500 Fishery research echo sounder. P2170-Rev. G. Simrad AS, Horten, Norway: 232 p. ([https://www.simrad.com/www/01/NOKBG0397.nsf/AllWeb/9F0DB3E3763D8CD3C-125718B00332E5A/\\$file/043762ag\\_ek500\\_operator\\_manual\\_english\\_complete.pdf?OpenElement](https://www.simrad.com/www/01/NOKBG0397.nsf/AllWeb/9F0DB3E3763D8CD3C-125718B00332E5A/$file/043762ag_ek500_operator_manual_english_complete.pdf?OpenElement))
- SPRATT J D. 1979. Age and growth of the market squid, *Loligo opalescens* Berry, from statoliths. *CalCOFI Reports*. 20: 58–64.
- SPRFMO. 2015. Convention on the Conservation and Management of High Seas Fishery Resources in the South Pacific Ocean. Published by the South Pacific Regional Fisheries Management Organization (SPRFMO), Wellington, New Zealand. 50 p (<http://www.sprfmo.int>)
- STAAAF D J, RUIZ-COOLEY R J, ELLIGER C, LEBARIC Z, CAMPOS B, MARKAIDA U, GILLY W F. 2010. Ommastrephid squids *Sthenoteuthis oualaniensis* and *Dosidicus gigas* in the eastern Pacific show convergent biogeographic breaks but contrasting population structures. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 418: 165-178.
- TAFUR R, RABÍ M. 1997. Reproduction of the jumbo squid, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coasts. *Sci. Mar.* 61 (Supl. 2): 33-37.
- TAFUR R, VILLEGAS P, RABÍ M, YAMASHIRO C. 2001. Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* Cephalopod: Ommastrephidae) in Peruvian waters. *Fisheries Research*. 54: 33-50.
- TAFUR R, KEYL F, ARGÜELLES J. 2010. Reproductive biology of jumbo squid *Dosidicus gigas* in relation to environmental variability of the northern Humboldt Current System. *Mar Ecol Prog Ser.* 400: 127–141.
- TAFUR R, MARIÁTEGUI L, CONDORI W, BUITRÓN B. 2016. Protocolo para muestreo biológico y biométrico de cefalópodos. *Inf Inst Mar Perú*. 43(4): 375-401.
- TAFUR R, PEREA A, BUITRÓN B. 2018. Aspectos reproductivos del calamar gigante *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) en el mar peruano. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 119-136.
- ULLOA P, FUENTEALBA M, RUIZ V. 2006. Hábitos alimentarios de *Dosidicus gigas* (d' Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Teuthoidea) frente a la costa centro-sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*. 79: 475-479.
- VANDERWAL J, SHOO L, GRAHAM C, WILLIAMS S E. 2009. Selecting pseudo absence data for presence-only distribution modeling: How far should you stray from what you know? *Ecol. Modell.* 220 (4): 589–594. doi:10.1016/j.ecolmodel.2008.11.010
- VINATEA J E. 1965. Estudio cuantitativo del contenido estomacal del cachalote (*Physeter catodon*) en el área de Pisco (1961 1963). Tesis de Bachiller en Ciencias Biológicas, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú. 101 p.
- WORMUTH J H. 1976. The biogeography and numerical taxonomy of the oegopsid squid family Ommastrephidae in the Pacific Ocean. *Bull. Scripps Inst. Oceanogr.* 23: 90 p.
- WORMUTH J H. 1998. Workshop deliberations on the Ommastrephidae; a brief history of their systematics; and a review of the systematics, distribution, and biology of the genera *Martialia* Rochebrune and Mabile, 1889; *Todaropsis* Girard, 1890; *Dosidicus* Steenstrup, 1857; *Hyaloteuthis* Gray, 1849 and *Eucleoteuthis* Berry, 1916. In Voss, N. A., M. Vecchione, R. B. Toll & M. J. Sweeney (Eds.), *Systematics and biogeography of cephalopods*. *Smith. Contrib. Zool.* 586 (II): 373-384.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, TAIPE A. 1997. Cambios en la distribución y concentración del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) frente a la costa peruana durante 1991-1995. *Inf Prog Inst Mar Perú*. 52: 3-40.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, TAFUR R, CASTILLO G, ARGÜELLES J, GOICOHEA C, ALEGRE A, SÁNCHEZ J, TAIPE A, SANJINEZ M. 2018. Sistema de monitoreo de la pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas* en el Perú. *Bol Inst Mar Perú*. 33(2): 222-252.
- YATSU A, TAFUR R, MARAVI C. 1999. Embryos and rhynchoteutian paralarvae of the Jumbo Flying Squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda) obtained through artificial fertilization from Peruvian waters. *Fish Sci (Tokyo)*. 65: 904-908.
- YATSU A, YAMANAKA K, YAMASHIRO C. 1999a. Tracking experiments of the jumbo flying squid *Dosidicus gigas* with an ultrasonic telemetry system in the Eastern Pacific Ocean. *Bull. Nat. Res. Inst. Far Seas Fish.* 36: 55-59.
- YOKAWA K. 1995. Isozyme comparison of large, medium and small size specimens of *Dosidicus gigas*. *Proceedings Research Conference Squid Resources Fishery Condition*. Hachinohe, 1993: 48 – 52 (in Japanese).
- ZEIDBERG L D, ROBISON B H. 2007. Invasive range expansion by the Humboldt squid, *Dosidicus gigas*, in the Eastern North Pacific. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 04:12948–12950.
- ZUMHOLZ K, HANSTEEN T, KLÜGEL A, PIATKOWSKI U. 2006. Food effects on statolith composition of the common cuttlefish (*Sepia officinalis*). *Marine Biology*. 150: 237–244.



## PUBLICACIONES CIENTÍFICAS SERIADAS DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ (IMARPE)

Boletín IMARPE Bol Inst Mar Perú ISSN 0458-7766 (BIMP)  
Informe IMARPE Inf Inst Mar Perú ISSN 0378-7702 (IIMP)

### INSTRUCCIONES A LOS AUTORES

En principio, sus páginas están abiertas a las investigaciones realizadas por el personal técnico y científico del propio Instituto del Mar del Perú (IMARPE), y podrán aceptarse trabajos realizados en otras instituciones o laboratorios, en idioma castellano o inglés o bilingüe, autorizados por la Dirección Ejecutiva Científica, previa calificación por Revisores Especializados y aceptación del Comité Editorial. Además, publica Notas científicas, Notas técnicas, Reseñas bibliográficas y Obituarios referidos a destacados investigadores marinos, peruanos y de otras nacionalidades.

#### ESCRITOS ORIGINALES

La solicitud para publicación de un trabajo en el IIMP o el BIMP, deberá ser remitida a la sede del Instituto del Mar del Perú, dirigida al Director Ejecutivo Científico. Cuando el artículo provenga de una institución externa al IMARPE, deberá estar acompañado de una carta de presentación en la que el autor plantee la disposición para que sea revisado y editado de acuerdo al formato establecido por el IMARPE.

Los artículos deberán presentarse impresos en original, a una columna, (incluyendo ilustraciones y tablas) en una sola cara en papel tamaño A4, a doble espacio y con márgenes amplios. Se acompañará además de la versión digital en CD o USB. Los textos deberán seguir estrictamente la estructura que se describe a continuación, o serán devueltos a los autores.

La primera página incluirá: (1) **TÍTULO DEL TRABAJO** (explícito, descriptivo y tan corto como sea posible), debajo, irá el título traducido al inglés; (2) **EL NOMBRE COMPLETO DEL AUTOR O LOS AUTORES** (a) el autor debe decidir una forma definitiva de expresar su nombre, es decir no utilizar a veces los dos nombres de pila y los dos apellidos; otras veces sólo un nombre y un apellido; otras veces poner sólo iniciales para el segundo nombre y el segundo apellido; si esto cambia, en los registros y en las bases de datos, ya se trataría de autores diferentes; (b) se aconseja a los autores que generalmente utilizan sus dos apellidos, los unan mediante un guion; también debe incluirse la dirección institucional, el correo electrónico, en notas al pie de página.

En las páginas siguientes, deberá ir un **RESUMEN** en español, incluyendo **PALABRAS CLAVE** y un **ABSTRACT** en inglés, incluyendo **KEYWORDS** (Resúmenes en otros idiomas son opcionales). También debe incluirse el título abreviado sugerido para los encabezamientos de páginas impares. Las notas, reseñas bibliográficas, etc. no tendrán resúmenes.

Los **textos** deberán ser concisos, claros y directos, e incluirán: **INTRODUCCIÓN**, **MATERIAL Y MÉTODOS**, **RESULTADOS**, **DISCUSIÓN** (podría ser un solo capítulo, **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**) y **CONCLUSIONES**, además de **AGRADECIMIENTOS** y **REFERENCIAS DE LITERATURA**. En Agradecimientos, solo se dedicarán a las personas y/o instituciones que directamente colaboraron en la ejecución del trabajo.

Las Notas científicas y técnicas son artículos primarios, noticias de resultados cuya información es de interés para la comunidad científica. La extensión del texto no será mayor de 8 páginas. Esta sección debe tener las siguientes partes: Título, autor(es), texto de la Nota, Agradecimientos y Referencias.

Los artículos referidos a nuevas especies, nuevos registros, ampliación de distribución geográfica, estarán incursos en las Notas científicas, y el autor(es) deberá(n) indicar el depósito de los ejemplares en un centro de referencia taxonómico.

Los nombres científicos deberán ser escritos en cursivas e irán acompañados por autor y año cuando sean citados por primera vez en el texto. Los nombres científicos deben ser corroborados con cuidado.

En las citas bibliográficas en el texto, los nombres de autores irán en letras **VERSALES**, seguidos por el año de publicación, p.ej. (GUEVARA-CARRASCO 2004), ESPINOZA y ZEBALLOS (2004) o ESTRELLA *et al.* (2006).

En las **REFERENCIAS** se incluirán únicamente los artículos mencionados en el texto, y se seguirá estrictamente el formato de publicación del IMARPE. Se ordenarán alfabéticamente por autor y cronológicamente para cada autor. Los títulos de publicaciones periódicas irán abreviados. Las referencias a libros o capítulos de libros deberán ser completas, incluyendo ciudad, editorial y paginación. En todos los casos, los nombres del autor principal y los colaboradores, en la relación de

Referencias, se anotarán por el apellido y la inicial del nombre de pila, sin punto, solamente separado por coma; año de publicación; Título del artículo, Revista y número de páginas. Ejs.: DELGADO E, SÁNCHEZ S, CHANG F, VILLANUEVA P. 2001. TÍTULO ARTÍCULO...REVISTA...Vol. (Núm.): pp.

En las referencias electrónicas, la norma general incluye también el nombre del autor, fecha de publicación en internet, título del artículo o documento <URL>, fecha de acceso, Ejemplos:

- BROWNING T. 1997. Embedded visuals: student design in Web spaces. Kairons: A Journal foreachers of Writing in Webb Environments 3(1). <http://english.ttu.edu/kairons/2.1/features/browning/bridge.html>. Access 1997 Oct 21.
- KENNETH IA. 2000. A Buddhist response to the natures of human rights. Journal of Buddhist Ethics 8(4), <http://www.cac.psu.edu/jbe.twocont.html>. Obtenido el 20 de febrero de 2001.

Se recomienda el tipo "palatino", y su tamaño en el artículo variará de la siguiente manera:

Título en español, **14 NEGRA ALTA** (= mayúsculas) **centrado**.

Título en inglés, **12 NEGRA ALTA centrado**.

Autores: nombre, *12 cursiva blanca*; dirección *9 blanca, centrado*

**Resumen y Capítulos, 12 negra, alta. Subcapítulo, 12 negra alta y baja** (mayúscula y minúscula), alineado a la izquierda.

Texto en general 11 blanca. Referencias de Literatura, en tamaño 10 blanca.

### Ilustraciones y tablas

Las fotografías, dibujos, gráficos y mapas serán considerados como **FIGURAS**, numeradas consecutivamente con guarismos arábigos. Se recomienda remitir las ilustraciones y tablas como imágenes digitalizadas contenidas en archivos electrónicos (separadas del archivo conteniendo el texto). Las imágenes digitalizadas con máxima resolución, las tablas en sus programas originales o insertos en Power point cuando se utilizan programas diferentes a Office (ej. Surfer, etc.).

Cuando sea pertinente, la ilustración llevará una indicación del grado de aumento o reducción con respecto al original; se recomienda utilizar una barra en escala métrica e indicar el tamaño final con que deberá aparecer en la publicación, tomando en cuenta el formato de publicación del IMARPE. Toda ilustración deberá estar claramente identificada con nombres de autores, título del manuscrito y número de figura. Las leyendas para las ilustraciones, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

Si las figuras fuesen realizadas en programas en los que realizan procesamientos de datos, o si fueran escaneadas, deben guardarse en un archivo TIFF, tamaño natural, 600 dpi. Las gráficas de origen electrónico deben de enviarse en formato nativo editable (archivo.xls, archivo.wmf, archivo.svg, archivo.eps). Los mapas en formatos SHP. Fotos de cámaras digitales en formato JPGE mayor a 3 Mpixel. Otros archivos independientes en formato TIFF, BMP, Ai, PSD.

Las **TABLAS** deberán ir numeradas consecutivamente, con guarismos arábigos, e impresas en páginas aparte. Sus leyendas, numeradas consecutivamente, irán en página aparte, luego del texto del artículo.

### Notas:

**Las medidas y sus abreviaturas deben corresponder al Sistema Internacional de Unidades (SI).**

1. En el Sistema Internacional de Unidades (**SI**): Algunos de los símbolos actuales aceptados son: **m** (metro), **cm** (centímetro), **mm** (milímetro), **km** (kilómetro), **kg** (kilogramo), **g** (gramo), **ha** (hectárea), **mn** (milla náutica), **L** (litro), **mL** (mililitro), **W** (vatio), **kW** (kilovatio), **Hz** (hertzio), **kHz** (kilohertzio).
2. En la escritura de cantidades: No debe usarse el punto decimal, sino la coma decimal. Ej. Un sol con cincuenta céntimos será S/. **1,50** (~~está mal si se escribe 1.50~~). Ver también a continuación.
  - Las cantidades de miles y millones, deben separarse por puntos, cada tres dígitos: Ej. Oncemil quinientos soles con cincuenta céntimos será: S/. **11.500,50** (~~estará mal si se escribe 11,000.50~~)-
  - quince millones trescientos cincuenta mil y veinticinco céntimos se deberá escribir **15.350.000,25**
  - Cuando en un texto se tratan cifras con muchos ceros puede escribirse en letras. Ej. 1.000.000.000 (mejor escribir **mil millones**), o en vez de 100.000 escribir **cien mil**.

Consultas a: [scarrasco@imarpe.gob.pe](mailto:scarrasco@imarpe.gob.pe), [editora01@imarpe.gob.pe](mailto:editora01@imarpe.gob.pe), [vvaldiviesom@yahoo.es](mailto:vvaldiviesom@yahoo.es)





# AÑOS Y NÚMEROS DE LAS PUBLICACIONES CIENTÍFICAS DEL IREMAR Y DEL IMARPE

BOLETÍN IREMAR (ISSN 020-3920) Año 1963 Vol. 1 Números 1-5  
 INFORME IREMAR (ISSN 0475-1672) Año 1962 (Vol. 1) Números 1-6(6)  
 Año 1963 (Vol. 2) Números 7-22 (16)  
 Año 1964 (Vol. 3) Números 23-28 (6)

<b>BOLETÍN IMARPE (Bol Inst Mar Perú, ISSN 0458-7766)</b>								
AÑO	Vol.	Números	Año	Vol.	Números	Año	Vol.	Números
1964	I	1	1984	IX	2,3,4,5,6	2002	-----	-----
1965		2, 3	1985	X	1,2,3,4,5,6,6a	2003	-----	-----
1966		4,5,6		+ 2 extraord.	1,2	2004	XXI	1-2
1967	-----	-----			1	2005	XXII	1-2
1968	A	7,8,9,10	1986	XI		2006	-----	-----
1969	II	1,2,3,4	1987	+ 3 extraord.	2,3,4,5,6,7	2007	-----	-----
1970		5,6		XII	1,2,3,4,5,6	2008	XXIII	1-2
1971	-----	-----	1988	XIII		2009	XXIV	1-2
1972		7,8,9	1989	XIV	1,2	2010	XXV	1-2
1973	-----	-----	1990	-----	1,2	2011	XXVI	1-2
1974		10	1991	-----	1,2	2012	XXVII	1-2
1974	III	1,2,3	1992	-----	-----	2013	XXVIII	1-2
1975	-----	-----	1993	-----	-----	2014	XXIX	1-2
1976	-----	4	1994	-----	-----	2015	XXX	1-2
1977		5	1995	XV	-----	2016	XXXI	1-2
1978	IV	1,3	1996	XVI	1,2	2017	XXXII	1, 2
1979	-----	-----	1997		1,2	2018	XXXIII	
1980	-----	-----	1998	XVII	1-2			
1981	V, VI+ 1 extrad.	-----	1999	XVIII	1-2			
1982	VII	-----	2000	XIX	1-2			
1983	VIII	1	2001	XX	1-2			

<b>INFORME IMARPE (Inf Inst Mar Perú, ISSN 0378-7702)</b>									
AÑO	(Vol.)	NÚMEROS	AÑO	(Vol.)	NÚMEROS	AÑO	(Vol.)	NÚMEROS	
1965	(01)	01-09 (9)	1985	----	-----	2005	----	-----	
1966	(02)	10-15 (6)	1986	(17)	89 (1)	2006	(33)	1 (1)	
1967	(03)	16-19 (4)	1987	(18)	90-91 (3)	2007	(34)	1,2,3,4 (4)	
1968	(04)	20-26 (7)	1988	(19)	92-93 (2)	2008	(35)	1,2,3,4 (4)	
1969	(05)	27-30 (4)	1989	(20)	94-96 (3)	2009	(36)	1-2, 3-4 (2)	
1970	(06)	31-35 (5)	1990	(21)	97-99 (3)	2010	(37)	1-2, 3-4 (2)	
1971	(07)	36-37 (2)	1991	(22)	100-101 (2)	2011	(38)	1,2,3,4 (4)	
1972	(08)	38-40 (3)	1992	(23)	102-104 (3)	2012	(39)	1-2, 3-4 (2)	
1973	(09)	41-43 (3)	1993	----	-----	2013	(40)	1-2, 3-4 (2)	
1974	(10)	44 (1)	1994	(24)	105 (1)	2014	(41)	1-4 (1)	
1975	---	-----	1995	(25)	106-115 (10)	2015	(42)	1,2,3,4 (4)	
1976	---	-----	1996	(26)	116-122 (7)	2016	(43)	1,2,3,4 (4)	
1977	---	-----	1997	(27)	123-129 (7)	2017	(44)	1,2,3,4 (4)	
1978	(11)	45-51 (7)	1998	(28)	130-142 (7)	2018	(45)	1,2	
1979	(12)	52-73 (22)	1999	(29)	143-150 (8)				
1980	(13)	75-78 (4)	2000	(30)	151-158 (8)				
1981	(14)	79-82 (4)	2001	(31)	159-164 (6)				
1982	---	-----	2002	----	-----				
1983	(15)	83-85 (3)	2003	----	-----				
1984	(16)	86-88 (3)	2004	(32)	1,2,3,4 (4)				

<b>INFORME PROGRESIVO IMARPE</b>					
1995	1-16 (16)	1998	73-96 (24)	2001	136-159 (24)
1996	17-48 (32)	1999	97-111 (15)	2002	-----
1997	49-72 (24)	2000	112-135 (24)	2003	-----

<b>ANUARIO CIENTÍFICO TECNOLÓGICO IMARPE (ISSN 1813-2103)</b>		
2004 Vol. 3 Enero-diciembre 2003	2010 Vol. 9 Enero-diciembre 2009	2016 Vol. 15 Enero-diciembre 2015
2005 Vol. 4 Enero- diciembre 2004	2011 Vol. 10 Enero-diciembre 2010	2017 Vol. 16 Enero-diciembre 2016
2006 Vol. 5 Enero-diciembre 2005	2012 Vol. 11 Enero-diciembre 2011	2018 Vol. 17. Enero-diciembre 2017
2007 Vol. 6 Enero-diciembre 2006	2013 Vol. 12 Enero-diciembre 2012	
2008 Vol. 7 Enero-diciembre 2007	2014 Vol. 13 Enero-diciembre 2013	
2009 Vol. 8 Enero-diciembre 2008	2015 Vol. 14 Enero-diciembre 2014	

Para pedidos de publicaciones, solicitar el Catálogo de Publicaciones, dirigiendo su correspondencia a:  
 BIBLIOTECA DEL INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ, Apartado Postal 22, Callao, Perú.  
 Correo Electrónico: [imarpe-bib@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe-bib@imarpe.gob.pe). También consultar el Repositorio Digital en [www.imarpe.gob.pe](http://www.imarpe.gob.pe)



**Instituto del Mar del Perú**

Esquina Gamarra y General Valle  
s/n Apartado postal 22. Callao Perú  
Central Telefónica 208 8650  
C.electrónico: [imarpe@imarpe.gob.pe](mailto:imarpe@imarpe.gob.pe)