



INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

# INFORME

ISSN 0378-7702

Volumen 42, Número 4



Octubre-Diciembre 2015  
Callao, Perú

## VARIABILIDAD ESPACIAL DE LA PESQUERÍA DE *Dosidicus gigas* (D'ORBIGNY, 1835) CALAMAR GIGANTE DEL 2004 al 2012

### SPATIAL VARIABILITY OF FISHERY GIANT SQUID *Dosidicus gigas* (D'ORBIGNY, 1835) FROM 2004 TO 2012

Carlos Paulino<sup>1</sup>Marceliano Segura<sup>2</sup>Germán Chacón<sup>3</sup>

#### RESUMEN

PAULINO C, SEGURA M, CHACÓN G. 2015. Variabilidad espacial de la pesquería de *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) calamar gigante del 2004 al 2012. *Inf Inst Mar Perú*. 42(4): 474-485.- Se efectuó un análisis de la distribución espacial de operaciones de pesca de la flota calamarera industrial dentro y fuera de la zona económica exclusiva peruana (ZEE) con relación a la temperatura superficial de mar (TSM) y concentración de clorofila-a (Cl-a) para el periodo 2004-2012. La data de operaciones de pesca se dividió en tres periodos en función a distancia a la costa considerando regulaciones de pesca, de enero 2004 a octubre 2010, de noviembre 2010 a diciembre 2011 y 2012. Durante el primer periodo, se identificaron dos patrones mensuales de distribución espacial, de enero a julio fue a lo largo del litoral desde Paita (5°S) hasta San Juan de Marcona (15°22'S) y de agosto a diciembre entre Chimbote y Paita. En el segundo periodo, las operaciones de pesca formaron pequeñas concentraciones y puntos de pesca dispersas debido a la restricción de pesca dentro de las 80 millas náuticas desde noviembre del 2010. Durante el 2012 la flota se localizó fuera de la ZEE. Las mayores concentraciones de la flota se ubicaron entre 30 a 90 millas náuticas de la costa. Mayores concentraciones de pesca se localizaron en Paita-Chimbote (5°-9°S) y Callao-San Juan de Marcona (12°03'-15°22'S). Las faenas de pesca se realizaron en un rango amplio de TSM entre 14,1 y 26,8 °C, con mayor incidencia en temperaturas entre 18,4 a 22 °C, con tendencia a localizarse en áreas de mayor temperatura durante los últimos años. Respecto a la clorofila-a, la flota faenó entre concentraciones de clorofila-a de 0 a 9,5 mg/m<sup>3</sup> dentro de la ZEE, y entre 0,2 y 0,5 mg/m<sup>3</sup> fuera de la ZEE. Se observó un patrón de distribución de flota, asociado a las anomalías de temperatura superficial de mar del área El Niño 1+2, a la distribución latitudinal y una variabilidad cíclica mensual de la TSM.

PALABRAS CLAVE: *Dosidicus gigas*, distribución espacial, flota calamarera, TSM, clorofila-a

#### ABSTRACT

PAULINO C, SEGURA M, CHACÓN G. 2015. Spatial variability of fishery giant squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) from 2004 to 2012. *Inf Inst Mar Perú*. 42(4): 474-485.- An analysis of the spatial distribution of fishing for industrial giant squid fishing fleet within and outside the Peruvian exclusive zone (EEZ) in relation to sea surface temperature (SST) and chlorophyll-a (Chl-a) was made for the period 2004-2012. The data from fishing operations are divided into three periods according to distance from shore fishing regulations considering, from January 2004 to October 2010, November 2010 to December 2011 and 2012. During the first period, two monthly patterns identified spatial distribution, from January to July was along the coast from Paita (5°S) to San Juan de Marcona (15°22'S) and from August to December between Chimbote and Paita. In the second period, fishing operations and formed small concentrations of dispersed fishing spots due to the restriction of fishing within 80 nautical miles since November 2010. In 2012 the fleet was located outside the EEZ. The highest concentrations of the fleet were between 30 to 90 nautical miles offshore. Higher concentrations were found fishing from Paita-Chimbote (5°-9°S) and Callao-San Juan de Marcona (12°03'-15°22'S). Fishing operations were conducted in a wide range of SST between 14.1 °C and 26.8 °C, with the highest incidence in temperatures between 18.4 to 22 °C, with a tendency to locate in areas of higher temperature over the last years. Regarding the chlorophyll-a, the fleet fished between chlorophyll-a concentrations from 0 to 9.5 mg/m<sup>3</sup> within the EEZ, and between 0.2 and 0.5 mg/m<sup>3</sup> outside the EEZ. A pattern of distribution fleet, associated anomalies of sea surface temperature in the area El Niño 1+2, the latitudinal distribution and a cyclic monthly SST variability was observed.

KEYWORDS: *Dosidicus gigas*, spatial distribution, giant squid fishing fleet, TSM, Chlorophyll-a

1 Instituto del Mar del Perú, Área funcional de Sensoramiento Remoto, Av. Argentina 2245-Callao, Lima-Perú, E-mail: cpaulino@imarpe.gob.pe

2 Instituto del Mar del Perú, Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca, Gral. Valle y Gamarra S/N, Chucuito-Callao

3 Instituto del Mar del Perú, Área Funcional de Artes de Pesca, Av. Argentina 2245-Callao, Lima-Perú

## 1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante o pota (*Dosidicus gigas*), es uno de los principales recursos del mar peruano, con una importante actividad pesquera a nivel artesanal e industrial de bandera extranjera (japonesa, coreana y taiwanesa). La distribución de este recurso es amplia, favorecida por su naturaleza de ser una especie altamente migratoria. Su hábitat, en el Océano Pacífico Oriental, abarca desde los 60°N a los 60°S (GERSHANOVIICH et al. 1974, HATFIELD y HOCHBERG 2007, IBÁÑEZ y CUBILLOS 2007, ROPER et al. 1984), y por el oeste llega hasta los 125°W. En el hemisferio sur, las mayores concentraciones se ubican en la región oceánica frente a Perú, y en el hemisferio norte en el Golfo de California (NESIS 1983).

Debido a sus características biológicas tales como rápido crecimiento, maduración temprana, vida corta, alta capacidad migratoria y complejos patrones de reclutamiento (BOYLE y BOLETZKY 1996), permite a las poblaciones de calamares habitar en zonas caracterizadas por regímenes oceanográficos amplios en aguas oceánicas y costeras, así como en aguas tropicales y templadas (ANDERSON y RODHOUSE 2001).

En Perú, la pesquería del calamar gigante tuvo mayor actividad principalmente por la presencia de una flota industrial constituida por barcos especializados y equipados con sistemas de luces y máquinas automáticas, con capacidad de bodega de 300 a 1000 t que iniciaron sus operaciones en 1991 (TAIPE et al. 2001), lo que fue aprobado en el Reglamento para la Operación de Barcos Calamareros (DS. N° 005-91-PE; 13-12-91), y posteriormente regulado por el Plan de Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante o Pota (RM. N° 155-94-PE; 30-04-94); actualmente se encuentra vigente el Reglamento del Ordenamiento de Calamar Gigante o Pota (DS. N°014-2011-PE).

El Decreto Supremo No. 005-91-PE, estableció que las faenas de pesca debían realizarse fuera de las 30 millas náuticas desde la línea de costa; en 1993 con el reglamento (DS. N°003-93-PE y 008-93-PE) se permitió la pesca desde las 20 mn. Posteriormente, en el 2011 con el Decreto Supremo No. 014-2011-PRODUCE, las embarcaciones industriales tanto nacionales como extranjeras deberían realizar faenas de pesca entre las 80 y las 200 mn, esta normativa tuvo el objetivo de constituir la pesquería del calamar gigante mediante el desarrollo de una flota nacional especializada y la optimización de la industria para el consumo humano directo.

La actividad extractiva se realiza principalmente durante la noche, las embarcaciones utilizan potentes lámparas de luz para atraer al calamar (RODHOUSE et al. 2001). Las lámparas son de haluro metálico

incandescente suspendidas en cables en la cubierta principal del barco. Los grandes barcos industriales faenan con 150 o más lámparas que suelen ser de 2kW cada una; las embarcaciones artesanales pueden utilizar una única lámpara. Las lámparas generalmente emiten una luz blanca, pero a veces se intercalan algunas lámparas verdes (INADA y OGURA 1988). WALUDA et al. (2004) utilizaron imágenes de satélite durante la noche del DMSP/OLS, los datos fueron facilitados por el Centro Nacional de Geofísica de NOAA Datos (NGDC) y los datos de localización de buques (latitud, longitud y tiempo) fueron obtenidos a través de un Sistema de Ubicación Regional (CLS) por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) con el fin de cuantificar el esfuerzo de pesca de la pesquería de *D. gigas* en las costas de Perú y de alta mar adyacente con ambos tipos de datos. Además, la administración pesquera peruana implementó el sistema de seguimiento satelital (SISESAT) para el monitoreo, control y vigilancia de las embarcaciones pesqueras (Vessel Monitoring System - VMS) en favor de una mejor administración de los recursos hidrobiológicos, permitiendo establecer observaciones sistemáticas (en el tiempo y espacio) de las actividades de las flotas pesqueras dentro y fuera de su Zona Económica Exclusiva.

Desde fines de la década de los 90's, el Instituto del Mar del Perú-IMARPE cuenta con información satelital en forma diaria de la localización (latitud y longitud) en tiempo casi real de la flota pesquera industrial y, a través del procesamiento es posible determinar las faenas de pesca, información que sirve para realizar investigaciones orientadas a un adecuado manejo y sostenibilidad de los recursos marinos.

Este trabajo tiene como objetivo analizar la dinámica espacio temporal de las embarcaciones calamarereras e identificar patrones de su distribución espacial, dentro y fuera de la ZEE y su relación con parámetros ambientales como la temperatura superficial del mar (TSM) y concentración de Clorofila-a (Cl-a) para el periodo 2004 - 2012.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de localización satelital de la flota potera provienen del Sistema de Seguimiento Satelital de Embarcaciones (SISESAT) que son procesados en el Área de Sensoramiento Remoto IMARPE. Este sistema permite obtener información de la ubicación espacial de las embarcaciones que cuentan con transmisores GPS a bordo.

El SISESAT registra la ubicación de un barco cada hora, esto significa 24 registros por día para una misma embarcación que incluye información de la fecha, hora, velocidad, rumbo y nombre. Para determinar que una

embarcación calamarera está en operación de pesca, se asumió criterios en base a la velocidad de desplazamiento, el tiempo de permanencia en una determinada zona y a través de entrevistas con investigadores que trabajaron a bordo de embarcaciones poteras.

También, se utilizó datos mensuales de temperatura superficial del mar (TSM) y concentración de clorofila-a, ambos de 4 km de resolución espacial del sensor Aqua-MODIS de nivel L3, distribuidos por la web del proyecto OCEAN COLOR de la Goddard Space Flight Center (GSFC), <http://oceandata.sci.gsfc.nasa.gov/MODISA/Mapped/Daily/4km/SST-chlor/>. El MODIS es un sensor que se encuentra a bordo del satélite AQUA PM, que es parte de la misión internacional denominada Earth Observing System (EOS), donde participa la National Aeronautics and Space Administration (NASA) con otras agencias espaciales. Asimismo, se usó datos promedios mensuales atmosféricos e índices de TSM del Pacífico Este (área El Niño 1+2, que comprende la región 0-10°S y 80-90°W), obtenidos de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) – National Weather Service Climate Prediction Center para el periodo 1996 a 2014.

A partir de esta serie de datos, se generó información vectorial y raster, que fue integrada en capas temáticas dentro de un sistema de información geográfica (SIG). Para el análisis estadístico del recurso y su ambiente se utilizó el software R versión 3.0.2.

La data analizada comprendió la dinámica de pesca de la flota en el área de estudio entre Zorritos (3°47'S) hasta el límite sur del Perú, desde las 20 hasta las 500 mn de distancia de costa. Esta zona está dominada por el sistema de la corriente de Humboldt, de aguas frías producto del intenso afloramiento costero, ricas en nutrientes que hace esta región muy productiva (Fig. 1).

Los gráficos estadísticos fueron generados a partir de los registros del número de operaciones de pesca realizadas por área isoparalitoral (polígonos creados por la proyección imaginaria de la línea de costa cada 10 mn, las mismas que son cortadas cada 30 minutos por los paralelos de latitud, hasta una distancia de 300 mn desde la línea de costa, cada polígono está

codificado para facilitar los cálculos y su ubicación espacial (GUTIÉRREZ y PERALTILLA 1999), relacionándola con la temperatura superficial del mar, concentración de clorofila-a, latitud y distancia a costa. Solo se consideraron aquellas áreas isoparalitorales que contenían al menos una operación de pesca.

### 3. RESULTADOS

#### TIPOS DE FLOTA CALAMARERA SEGÚN NACIONALIDAD

Durante el periodo de estudio, la flota pesquera industrial estuvo conformada por 30 embarcaciones extranjeras autorizadas para la pesca. De este total, 14 fueron japonesas, 12 coreanas y 4 taiwanesas (Tabla 1). Asimismo, se observó que durante los años 2004 y 2010 hay un mayor número de barcos operando con respecto a otros años, a diferencia del 2011 y 2012 cuando hubo 4 embarcaciones realizando las faenas de pesca.

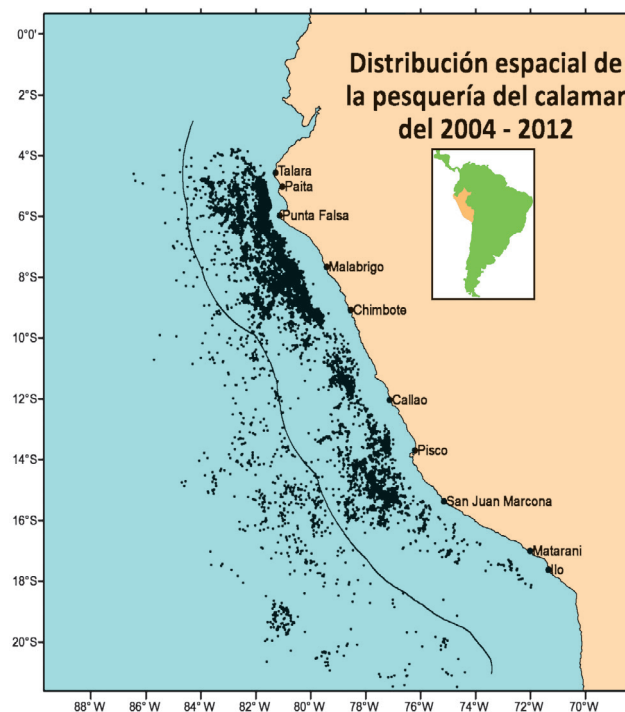


Figura 1.- Área de estudio y distribución espacial de la flota calamarera dentro y fuera de la ZEE, periodo 2004 - 2012

Tabla 1.- Número de embarcaciones calamareras industriales extranjeras que operaron dentro y fuera de la ZEE peruana del 2004 al 2012

Nacionalidad de la flota	Total: 2004 - 2012		Número de embarcaciones según año									
	n	%	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	
Taiwán	4	13,3				3	1	1	1	1	1	
Corea del Sur	12	40,0	1	3	1		3	5	10			
Japón	14	46,7	13	8	5	3	3	4	4	4	4	
Total embarcaciones	30	100	14	11	6	6	7	10	15	5	5	
%			17,7	13,9	7,6	7,6	8,9	12,7	19,0	6,3	6,3	

### VARIABILIDAD ANUAL DE LA FLOTA CALAMARERA

Las operaciones de pesca se realizaron desde 20 hasta 495 mn. La dinámica anual de la flota permitió identificar patrones de distribución espacial y zonas de pesca bien definidas con alta concentración de flota.

Durante el 2004, las faenas de pesca se realizaron entre las latitudes 5° y 17°S y desde las 20 hasta las 308 mn de distancia a costa. La mayor concentración se localizó en la zona norte (5°-9°S) observándose pequeñas concentraciones fuera de la ZEE peruana. Las áreas de pesca presentaron una reducción progresiva desde el 2005, las áreas de mayor pesca durante este año se localizaron frente a Chimbote, Supe, Pisco y San Juan de Marcona, fueron ligeramente más costeras y su distribución espacial fue desde los 4° hasta los 16°S (Fig. 2).

La reducción de las áreas de pesca fue más evidente en el 2006, durante ese año solo seis embarcaciones operaron y su distribución latitudinal abarcó desde Sechura (5°33'S) hasta Quilca (16°42'S). Tres zonas de pesca concentradas se localizaron frente a Malabrigo-Chimbote (7°10'-9°19'S), Supe-Callao (10°49'-12°29'S) y al norte de Pisco (13°33'S), a distancias de 83, 61 y 57 mn respectivamente; sobresale un perfil diagonal de pesca hasta las 200 mn. Durante el 2007 la flota se localizó, de Zorritos (3°30'S) a Pisco (13°44'S) y con zonas de pesca dispersas hasta 552 mn (17°20'S-80°19'W). Las áreas de mayor concentración abarcaron grandes extensiones desde Talara hasta Chimbote (Fig. 2).

La distribución espacial de la flota durante el 2008 y 2009 fue similar, la pesca se concentró en el norte (4°30' a 8°42'S) en relación a los años anteriores; asimismo, se registró pesca muy dispersa frente a Pisco y Marcona. Durante el 2010, la flota tuvo una distribución espacial muy dispersa y hasta más de 425 mn de la costa. Zonas

de densa concentración se localizaron desde frente a Talara hasta Malabrigo, la dispersión de las operaciones de pesca estuvo relacionada con la restricción de capturas dentro de las 80 mn.

Los registros del 2011 muestran que solo cuatro embarcaciones japonesas trabajaron, siendo precisamente aquellas que operaron durante todo el período de estudio. A diferencia de los años anteriores, en el 2011 las mayores concentraciones de zonas de pesca se localizaron en la zona sur, entre Pisco (13°40'S) y San Juan de Marcona (16°17'S) y en la zona norte (3°55'-8°40'S) desde las 80 hasta las 371 mn de costa. A partir del 2012, la flota industrial decide no renovar sus licencias de pesca dentro de la ZEE peruana, por esa razón las faenas de pesca fueron muy dispersas y con pequeñas áreas de concentración alrededor de los 19°S-81°W a más de 300 mn.

### VARIABILIDAD LATITUDINAL Y DISTANCIA A COSTA

La distribución latitudinal anual de la flota permitió distinguir cuatro patrones de pesca preferentes (Fig. 3a), el primero corresponde del 2004 al 2006 cuando la flota se concentró alrededor de los 10°S, el segundo del 2007 al 2009 en que la flota tiende a desplazarse más al norte (6°S), el tercero ocurrió durante el 2010 cuando la flota presentó una distribución muy dispersa desde los 13°S hasta los 18°S pero con mayor concentración en el norte, finalmente durante el 2011 y 2012 la flota se concentró más al sur, entre los 14° y 19°S.

El análisis latitudinal mensual de la flota (Fig. 3b), permitió observar una tendencia o ciclo continuo de distribución espacial que inició en febrero (13°S) y que conforme transcurrieron los meses se desplazó hacia el norte hasta alcanzar los 8°S en octubre, para luego continuar su desplazamiento nuevamente hacia el sur.

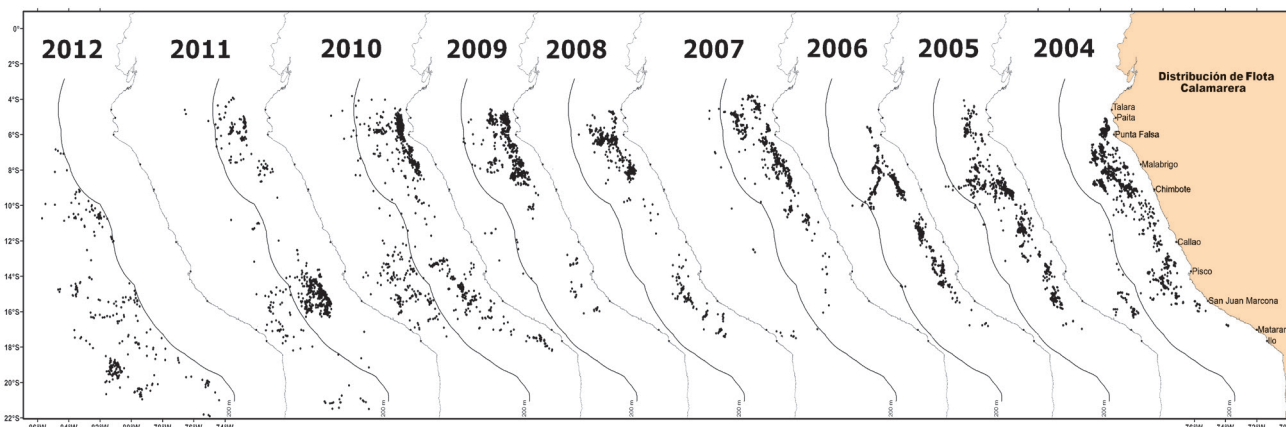


Figura 2.- Distribución espacio-temporal anual de la pesquería de *Dosidicus gigas*, 2004 al 2012

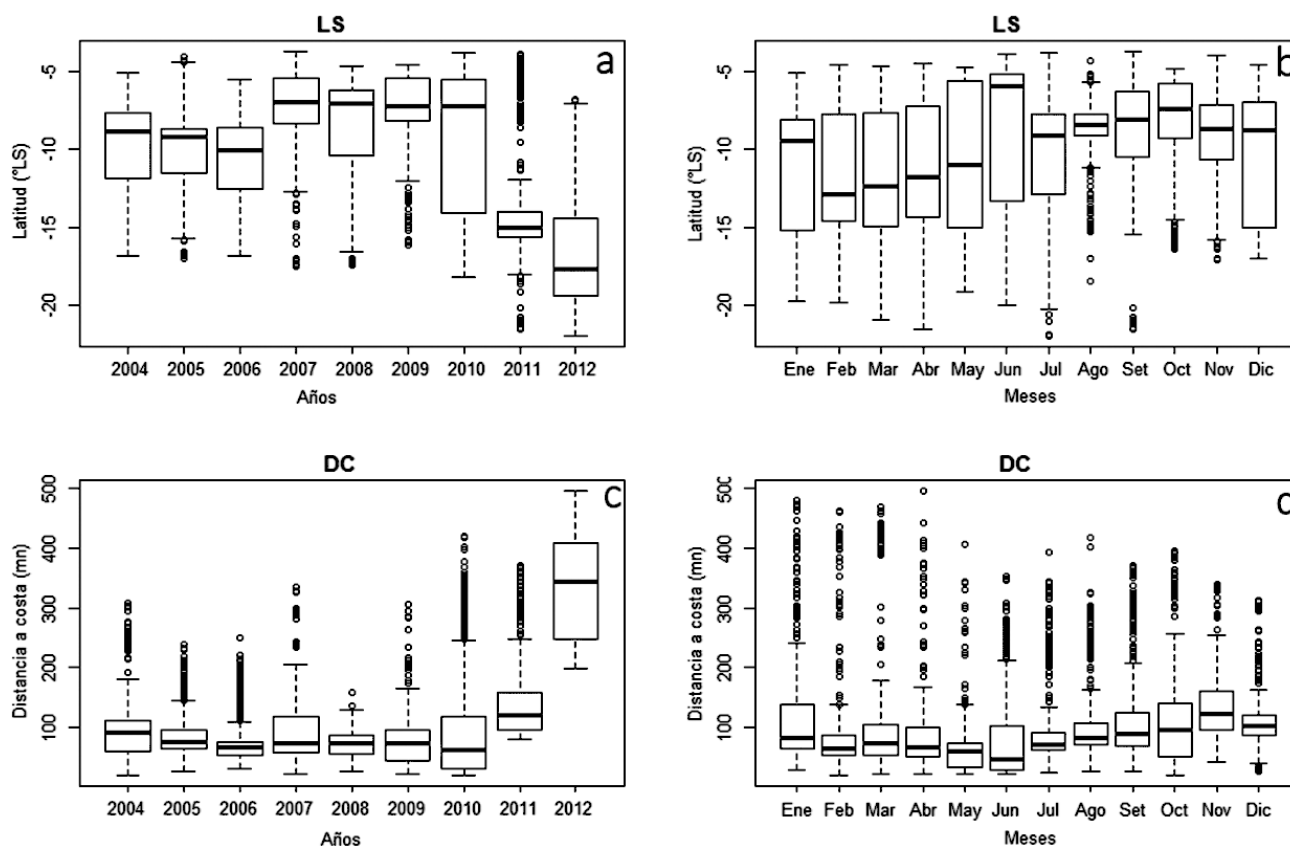


Figura 3.- Distribución anual y mensual de la flota calamarera por latitud y distancia a la costa del 2004 al 2012

Las mayores concentraciones de la flota en relación a la distancia a costa, se registraron desde las 30 hasta las 90 mn (Fig. 3c), a excepción del 2011 y 2012 cuando se detectó amplia distribución de la flota. El análisis mensual por distancia a costa (Fig. 3d) presentó un patrón de acercamiento espacial de operaciones hacia la costa de diciembre a junio, para luego progresivamente alejarse desde julio hasta noviembre.

**VARIABILIDAD MENSUAL INTERANUAL**

El análisis mensual interanual identificó patrones de desplazamiento durante el período de estudio; el primero desde enero 2004 hasta octubre 2010 (Fig. 4) registrando operaciones de pesca formando pequeñas concentraciones a lo largo de la costa y principalmente al frente de Paita, Malabrigo, Chimbote y Pisco (enero a julio). De agosto a diciembre estuvo más concentrado entre los 4°S y 10°S con un desplazamiento mensual hacia el oeste, cubriendo grandes extensiones. De junio a octubre se registró áreas de pesca fuera de la ZEE entre los 13°-16°S y 79°-83°W, con alta probabilidad de presencia del calamar gigante debido a la permanente presencia de la flota sobre esas áreas durante este periodo.

La prohibición de pesca del calamar gigante dentro de las 80 mn a partir de noviembre del 2010, implicó

la búsqueda de nuevas zonas de pesca. Durante los 6 primeros meses la flota se localizó alrededor de los 15°S-78°W, posteriormente se desplazó hacia el norte (mayo-junio), para luego concentrarse nuevamente en el sur al frente de Pisco. A diferencia del periodo anterior, no hubo registros de faenas de pesca en la zona centro de los 8° a 14°S (Fig. 5).

El 2012 presentó pequeñas concentraciones de pesca fuera de las 200 mn. Hubo una preferencia de pesca en la zona sur a más de 300 mn de enero a abril y en octubre; de julio a setiembre y durante diciembre la flota se localizó en el límite de las 200 mn en búsqueda del calamar gigante (Fig. 6).

Las imágenes mensuales muestran un área libre de operaciones de pesca, en la zona central del Perú (10°-14°S), de octubre a diciembre del 2004 al 2010, y durante el 2011, en ambos periodos desde la costa hasta el límite de la ZEE. Esta área podría significar el "límite" que separa dos poblaciones diferentes, tal como lo describen CLARKE y PALIZA (2000) al referirse que el calamar de aguas frías del Perú, representa una población diferente que está separada por la contracorriente ecuatorial de la población del norte, la cual vive en aguas cálidas. Esta misma distribución es posible observarse en las imágenes anuales de desove presentado por TAFUR et al. (2001) para el periodo 1991 - 1995.

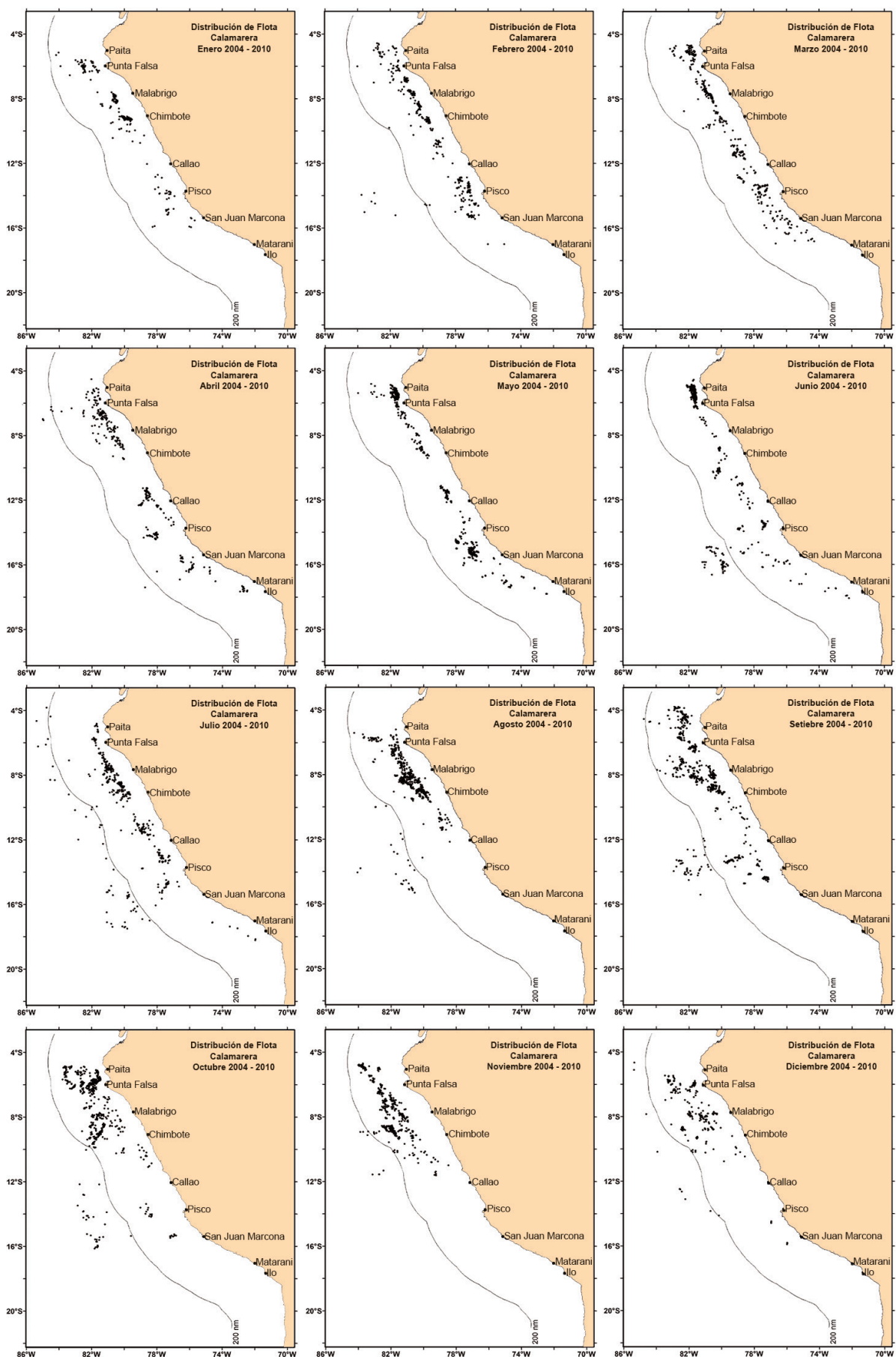


Figura 4.- Distribución espacial mensual de la flota calamarera, periodo 2004 – 2009

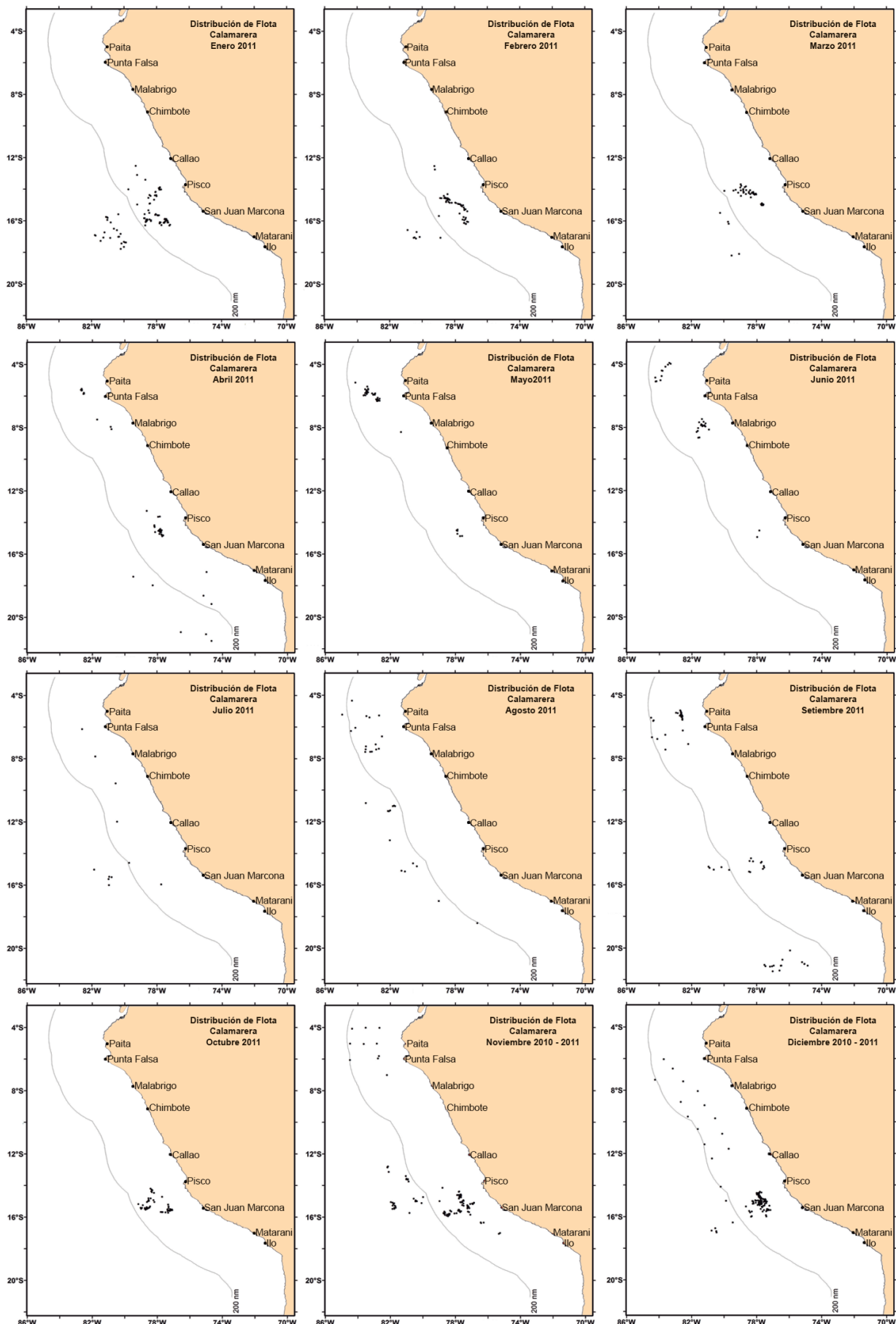


Figura 5.- Distribución espacial mensual de la flota calamarera, periodo noviembre 2010 – diciembre 2011



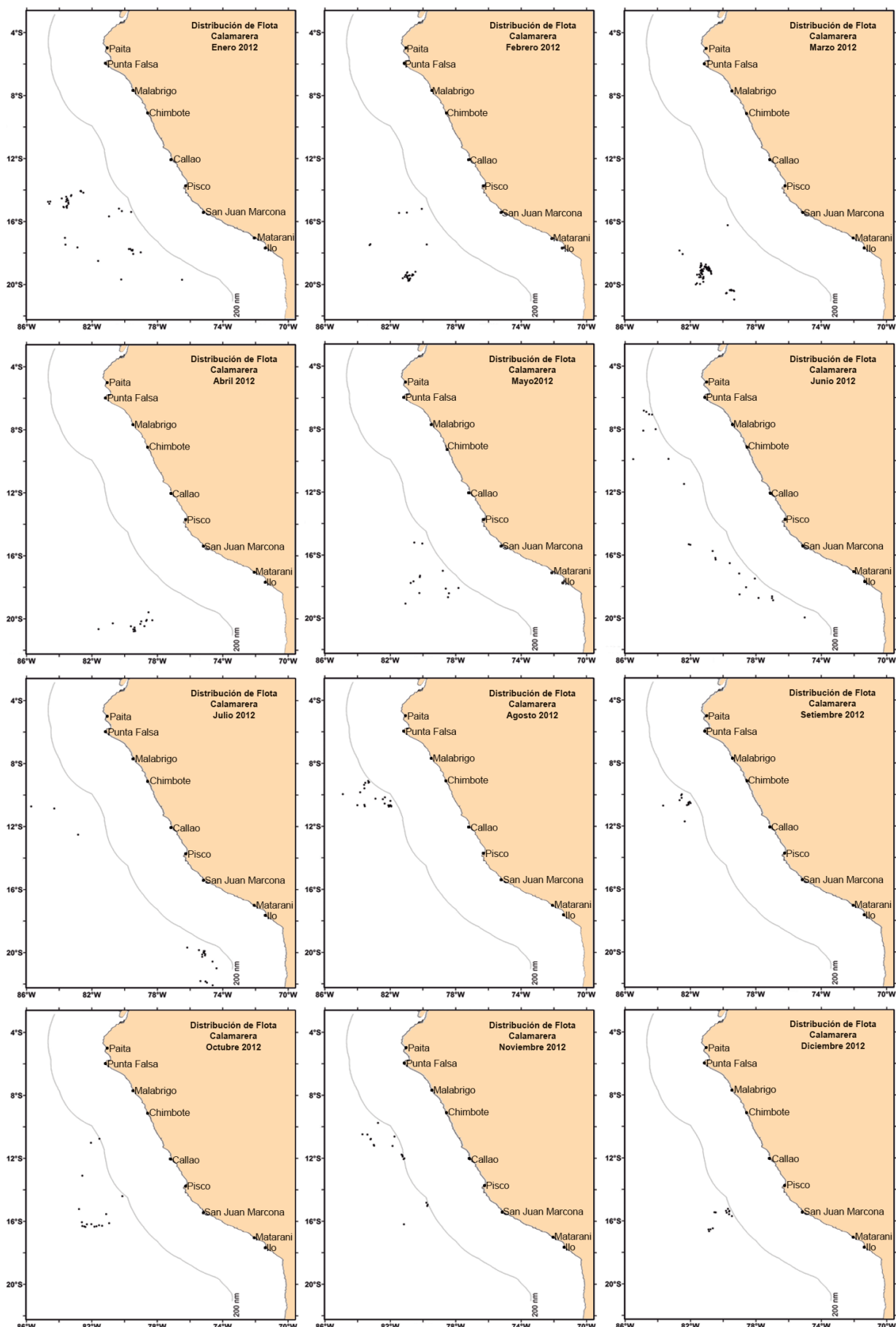


Figura 6.- Distribución espacial mensual de la flota calamarera durante el 2012

**DISTRIBUCIÓN DE LAS OPERACIONES DE PESCA EN RELACIÓN CON LA TSM.**

Se analizó la distribución anual de la flota en relación con las anomalías de TSM para la región El Niño 1+2 (Fig. 7), concluyéndose que durante los años “fríos” hasta -1°C (2004, 2005, inicios del 2006-2007, 2010 y fines del 2011) la flota presentó una distribución espacial dispersa a lo largo del mar peruano. Mientras que durante años “cálidos” hasta +1°C (2008 y 2009) la flota estuvo concentrada en la zona norte.

La figura 8a, muestra los valores de temperatura de las operaciones de pesca durante todo el periodo. Se observa periodos de alta y baja concentración de embarcaciones que faenaron en un rango de TSM de 14,1 a 26,8 °C, pero con mayores concentraciones de pesca entre los 18,4 a 22,0 °C. La variabilidad espacial anual de la TSM, mostró un patrón de localización continua de pesca en áreas con mayor temperatura, registrándose tres pendientes que cubren los periodos del 2004-2006, del 2007-2009 y 2010-2012 (Fig. 8b). También se observó un patrón de distribución espacial cíclico de las operaciones de pesca en relación a la variabilidad mensual de la temperatura, con altas temperaturas de pesca en febrero que fueron disminuyendo progresivamente hasta setiembre (temperatura mínima) para luego incrementarse nuevamente (Fig. 8c).

Las figuras 8d, 8e y 8f presentan los rangos de TSM donde se localizó la flota durante tres periodos diferentes.

En los meses de verano (enero-marzo) la flota faenó en rangos de TSM de 21 a 26,5 °C. En abril se inició la surgencia de Aguas Costeras Frías (ACF), sin embargo, la flota se localizó en casi las mismas áreas que en el verano, entre isotermas de 20 y 23 °C. Durante mayo, el afloramiento costero fue más intenso, las

faenas de pesca se desarrollaron entre isotermas de 17 a 22,5 °C. En junio, la Corriente Costera Peruana Fría (CCPF) cubrió grandes extensiones y zonas de pesca con alta concentración que se localizaron entre Paita hasta Punta Falsa.

De julio a setiembre, la flota se localizó entre rangos de temperatura de 14,5 a 21,5 °C. El incremento de la temperatura superficial de mar en octubre y noviembre, tiene como resultado áreas de pesca en la zona norte (desde Paita a Chimbote), entre isotermas de 18 a 20 °C. En diciembre, la flota faenó en áreas con TSM entre 19,5 y 22,5 °C. La presencia de la flota dentro y fuera de la ZEE durante todo el año, permitió conocer la capacidad del calamar gigante de adaptarse y permanecer casi en las mismas áreas durante prolongados periodos de tiempo, evidenciando su alta capacidad de adaptación a la dinámica ambiental.

**DISTRIBUCIÓN DE OPERACIONES DE PESCA EN RELACIÓN A LA CONCENTRACIÓN DE CLOROFILA-A**

La pesquería de *Dosidicus gigas* es una actividad que se desarrolló fuera de las 20 millas náuticas de la costa, por esa razón su distribución espacial durante el periodo en estudio está relacionada a medianas y bajas concentraciones de clorofila-a (0 a 9,5 mg/m<sup>3</sup>) pero con mayor actividad pesquera entre 0,5 y 2,5 mg/m<sup>3</sup> (Fig. 9a).

Durante los años de amplia distribución espacial de la flota (2004-2006 y 2010) se registraron las concentraciones de clorofila-a de 0,3 a 9,5 mg/m<sup>3</sup>, mientras que del 2007 al 2009 la concentración fue menor (0,2 a 3,8 mg/m<sup>3</sup>) debido a que la flota se localizó en la zona norte; situación diferente ocurrió en el 2011-2012 que registra concentraciones menores a 0,5 mg/m<sup>3</sup>, debido a que la flota potera faenó fuera de las 80 mn (Fig. 9b). En el análisis mensual (Fig. 9c) se detecta que la variabilidad de la concentración de clorofila-a está relacionada a la

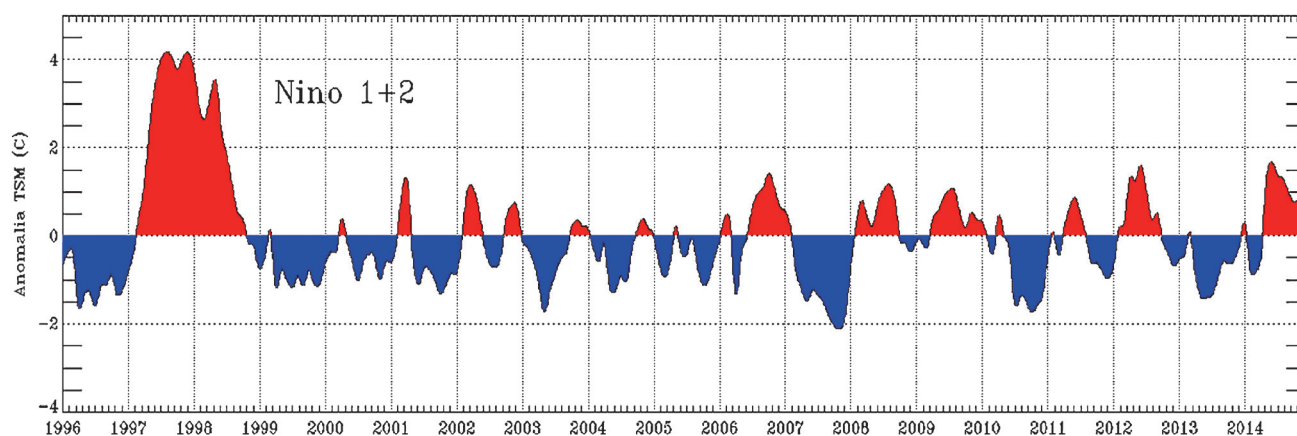


Figura 7.- Anomalía de la temperatura superficial de mar de 1996 al 2014, del área El Niño 1+2

estacionalidad, concentraciones bajas durante el verano (enero a marzo), concentraciones medias entre abril y junio (periodo de intenso afloramiento) y finalmente de julio a diciembre con concentraciones muy bajas debido a la escasa información, principalmente por la nubosidad durante dicho periodo (Fig. 9c).

Las figuras 9d, 9e y 9f muestran la densidad de frecuencia de concentración de la clorofila-a en tres periodos diferentes de acuerdo a las regulaciones de pesca por distancia a costa. Las concentraciones difieren debido al número de operaciones de pesca que presenta cada periodo.

#### 4. DISCUSIÓN

La pesquería del calamar gigante ha tenido diversas restricciones de pesca con respecto a la distancia a costa. Las faenas de pesca desde el 2004 se realizaron fuera de las 20 mn y a partir de noviembre del 2010 fuera de las 80 mn, esto originó una alta dispersión de las zonas de pesca. Las mayores concentraciones de la flota se localizaron entre las 30 y 90 mn de la costa, esta distribución espacial coincide con investigaciones realizadas en base al monitoreo biológico-pesquero a

bordo de la flota calamarera (YAMASHIRO et al. 1997). Zonas de alta concentración se localizaron en Paita-Chimbote (05°S-09°S) y Callao-San Juan de Marcona (12°03'S-15°22'S), TAIPE et al. 2001 también reportó altas concentraciones de pesca en la zona norte.

Durante el periodo de estudio, se localizaron puntos de pesca dispersos que podrían significar la búsqueda de zonas potenciales de pesca. La recurrencia espacial sobre una misma zona durante un largo periodo, evidenció la óptima disponibilidad del recurso. La serie de tiempo analizada, mostró la existencia de un área sin presencia regular de la flota en la zona central del Perú (10°-14°S) desde la costa hasta la ZEE. Esta área podría significar el "límite" que separa dos poblaciones diferentes, tal como lo describen CLARKE y PALIZA (2000) al referirse que el calamar de aguas frías del Perú representa una población diferente, separada por la contracorriente ecuatorial de la población que habita en las aguas cálidas del norte. Esta misma distribución se puede observar en las imágenes anuales de desove presentado por TAFUR et al. (2001) para el periodo 1991 a 1995 y por TAIPE et al. (2001) en la distribución y concentración estacional del *D. gigas* para un periodo más extenso que fue de 1991 a 1999.

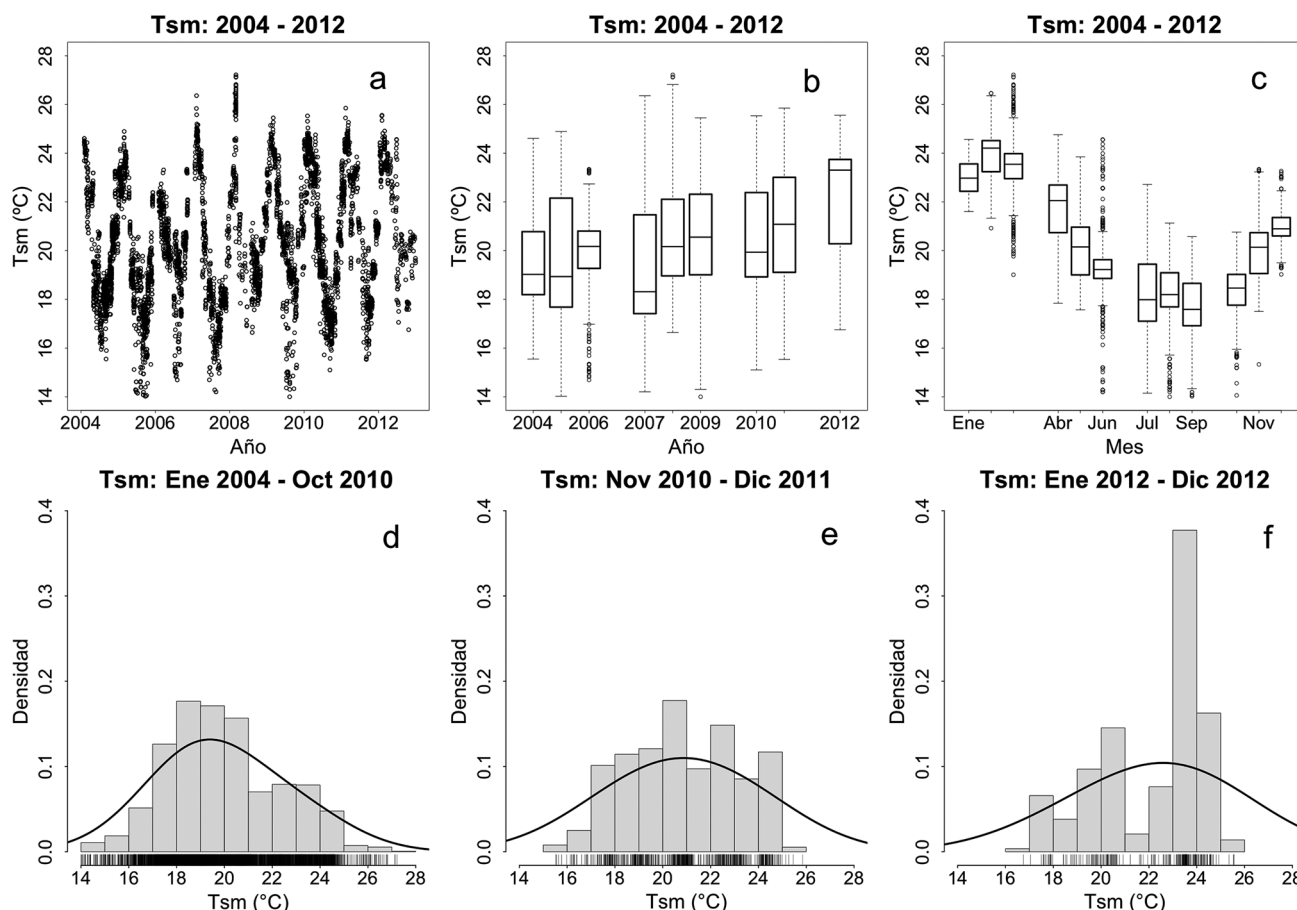


Figura 8.- a) Diagrama de frecuencias de TSM por faenas de pesca 2004-2012. b) Distribución de la TSM por zonas norte, centro y sur. c) Variabilidad anual de la TSM de las faenas de pesca. d) Variabilidad mensual de la TSM de las faenas de pesca

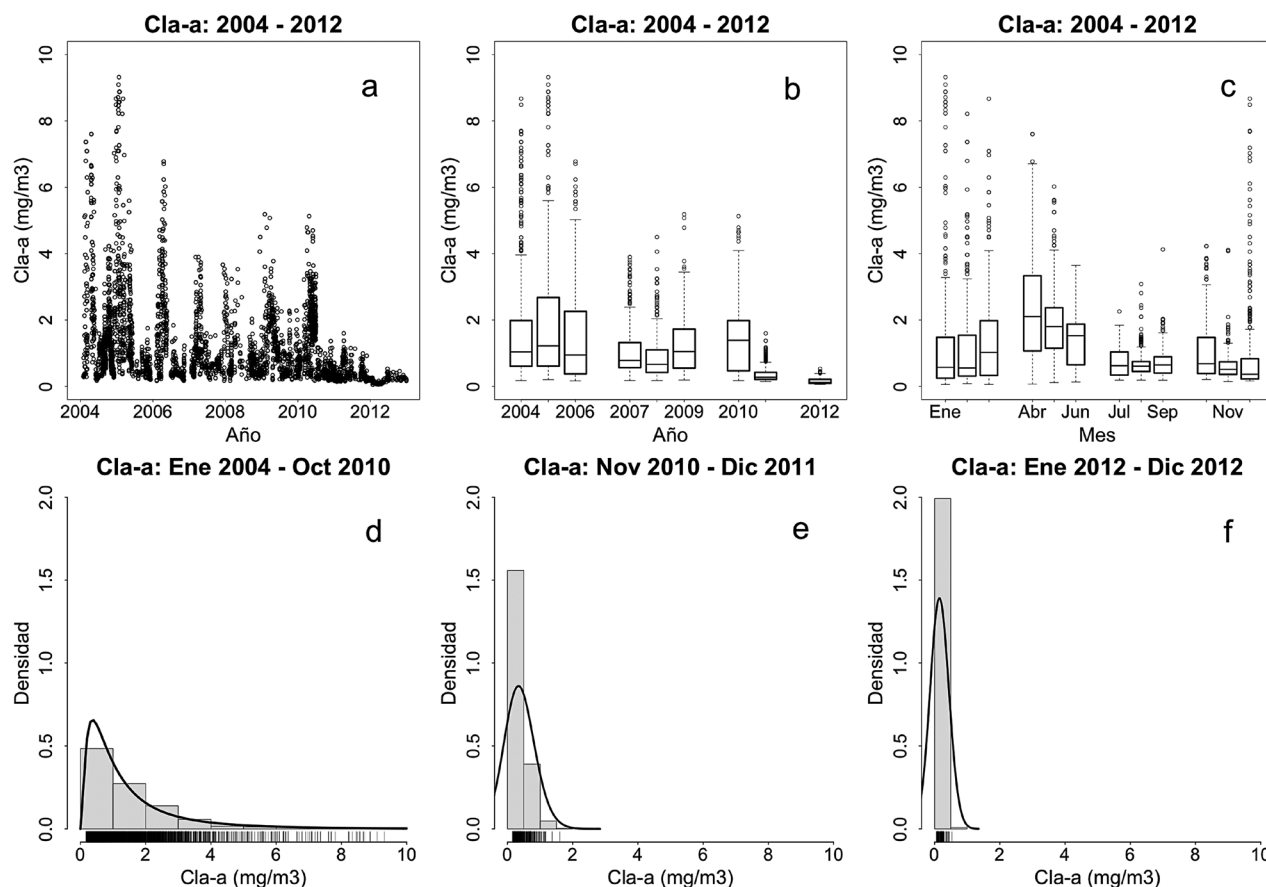


Figura 9.- a) Diagrama de frecuencias de concentración de clorofila-a por faenas de pesca 2004-2012. b) Distribución de la clorofila-a por zonas norte, centro y sur. c) Variabilidad anual de la concentración de la clorofila-a y de las faenas de pesca. d, e, f) Variabilidad mensual de la concentración de la clorofila-a y de las faenas de pesca

A través del estudio de isótopos estables de nitrógeno y carbón a gran escala en la costa del Perú, ARGÜELLES et al. (2012), determinaron que el *D. gigas* tiene la capacidad de explorar una amplia gama de hábitats y recursos en cualquier etapa de su vida. Por otra parte, TAFUR et al. (1997), sugirieron la existencia de dos subpoblaciones basados en el tamaño en la madurez, demostrándose la amplia distribución espacial del recurso durante el periodo analizado, incluyendo su adaptabilidad a la variabilidad de las condiciones oceanográficas.

BILIN LIU et al. (2013) investigaron acerca de la edad, la estructura de maduración y población del calamar gigante fuera de la ZEE del Perú (10°S-18°S) con información de la flota que operó en esa zona durante el periodo 2008 al 2010, concluyendo que las aguas adyacentes a los 11°S pueden ser una potencial área de desove. En relación a lo afirmado por BILIN LIU et al. 2013, a partir del 2010 se registró una importante concentración de pesca en esa área, observándose además que las concentraciones de pesca, que en años anteriores se localizaron en la zona norte, se desplazaron hacia el sur donde encontraron condiciones al parecer óptimas.

Según NESIS 1983, YAMASHIRO et al. 1998, TAIPE et al. 2001 y WALUDA et al. 2006, las más altas concentraciones de calamar en el hemisferio sur se localizan entre los 17 y 23 °C, que es favorable para agregaciones de pesca. Resultados similares asociados a la distribución espacial de la flota, se obtuvieron durante el periodo analizado, lo que corrobora la amplia distribución espacial de la flota aun en condiciones El Niño.

NEVÁREZ-MARTINEZ et al. 2000 e ICHII et al. 2002, definen que la TSM por sí misma no parece estar directamente relacionada a la abundancia del calamar en el Pacífico Este. En términos de captura WALUDA et al. 2006 describen de muy bajas y bajas capturas en la pesquería del *D. gigas* durante eventos extremos de El Niño y La Niña respectivamente. Sin embargo, ROBINSON et al. 2013 encontraron una relación de altas capturas del *D. gigas* en el Golfo de California asociado a periodos de TSM fría (junio 1999 a diciembre 2004) y una disminución de capturas que estaría asociado a un progresivo calentamiento de mar (2005 al 2012). En términos de distribución espacial asociados a anomalía de TSM mensual de la NOAA en la región 1+2, se observa una distribución espacial dispersa y extensa de la flota durante los años “fríos” (2004, 2005, inicios del 2006-2007, 2010, fines del

2011), mientras que en años “cálidos” (2008 y 2009) la flota se localizó muy concentrada específicamente en la zona norte. Resultados similares fueron obtenidos por MARIÁTEGUI y TAIPE (1996) al concluir que desde 1991 a 1994, las capturas se incrementaron de 57.703 a 164.713 t y que estuvieron asociados con periodos cálidos (1992-1993), esta condición implica que la abundancia del *D. gigas* estaría relacionada con anomalías positivas creando condiciones para el óptimo crecimiento, desarrollo, reproducción y la consiguiente generación de zonas con alta densidad en el norte (TAIPE et al. 2001) y que es comprobado también en esta investigación.

En resumen, concluimos que la distribución espacial del *D. gigas* dentro y fuera de la ZEE peruana presenta un nivel de relación a la variabilidad de la temperatura superficial de mar y concentración de clorofila-a durante el periodo 2004-2010, el cual no estuvo condicionado a las normativas de extracción por distancia a la costa. Es importante analizar una serie de datos más extensa que integre otras variables oceanográficas que permitan reafirmar lo observado.

## 5. REFERENCIAS

- ANDERSON CIH, RODHOUSE PG. 2001. Life cycles, oceanography and variability: Ommastrephid squid in variable oceanographic environments. *Fish. Res.* 54: 133-143.
- ARGÜELLES J. et al. 2012. Tracking habitat and resource use for the jumbo squid *Dosidicus gigas*: a stable isotope analysis in the Northern Humboldt Current System, *Marine Biology*, 159, 9: 2105-2116.
- BILIN LIU et al. 2013. Age, maturation, and population structure of the Humboldt squid *Dosidicus gigas* off the Peruvian Exclusive Economic Zones. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*. Volume 31, Issue 1, pp 81-91.
- BOYLE P, BOLETZKY S. 1996. Cephalopod populations: Definitions and dynamics. *Philos. Trans. R. Soc. Lond.* B351:985-1002.
- CLARKE R, PALIZA O. 2000. The Humboldt Current squid *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835). *Revista de Biología Marina y Oceanografía* 35 (1), 1-38.
- GERSHANOVICH DE, NATAROV VV, CHERNY EI. 1974. Oceanologic bases as the forming up of the increased production areas in the Pacific Ocean. *Trudy VNIRO* 98:35-42.
- GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S. 1999. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y de la carta electrónica isoparalitoral en las evaluaciones hidroacústicas de la biomasa de recursos pesqueros en el mar peruano. *Informe Instituto Mar Perú* 146: 25-29.
- HATFIELD EMC, HOCHBERG FG. 2007. *Dosidicus gigas*: northern range expansion events. *CalCOFI Annual Conference 2007*. Shedd Auditorium. Hubbs-Sea World Research Institute, San Diego, CA, 26-28 November 2007: 12.
- IBÁÑEZ CM, CUBILLOS LA. 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.
- ICHI T, MAHAPATRA K, WATANABE T, YATSU A, INAGAKE D, OKADA Y. 2002. Occurrence of jumbo flying squid *Dosidicus gigas* aggregations associated with the countercurrent ridge off the Costa Rica Dome during 1997 El Niño and 1999 La Niña. *Mar Ecol Prog Ser* 231:151-166.
- INADA H, OGURA M. 1988. Historical changes of fishing light and its operation in squid jigging fisheries. *The report of the Tokyo University of Fisheries*, 24: 189-207.
- MARIÁTEGUI L, TAIPE A. 1996. Distribución y abundancia relativa del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. *Inf. Prog. Inst. Mar. Perú* 34, 1-27.
- MINISTERIO DE PESQUERÍA DEL PERÚ. 1991. Reglamento para la Operación de Barcos Calamareros (Decreto Supremo N° 005-91-PE; 13-12-91).
- MINISTERIO DE PESQUERÍA DEL PERÚ. 1994. Plan de Ordenamiento Pesquero del Calamar Gigante o Pota (Resolución Ministerial N° 155-94-PE; 30-04-94).
- MINISTERIO DE PESQUERÍA DEL PERÚ. 2001. Reglamento de Ordenamiento de la Pesquería del Calamar Gigante o *Dosidicus gigas* (Decreto Supremo N°013-2001-PE; 30-03-2001).
- NESIS KN. 1983. *Dosidicus gigas*. In: Boyle, P.R. (Ed.). *Cephalopod Life Cycles*, Vol. 1: Species Accounts. Academic Press, London, pp. 215-231.
- NEVÁREZ-MARTÍNEZ MO, HERNÁNDEZ-HERRERA A, MORALES-BOJÓRQUEZ E, BALMORI-RAMÍREZ A, CISNEROS-MATA MA, MORALES-AZPEITIA R. 2000. Biomass and distribution of the jumbo squid (*Dosidicus gigas*, d'Orbigny 1835) in the Gulf of California, Mexico. *Fish Res* 49:129-140.
- ROBINSON CJ, GÓMEZ-GUTIERREZ J, SALAS DE LEÓN D. 2013. Jumbo squid (*Dosidicus gigas*) landings in the Gulf of California related to remotely sensed SST and concentrations of chlorophyll a (1998-2012). *Fisheries Research*. Volume 137, 97-103 pp.
- RODHOUSE PG, ELVIDGE CD, TRATHAN PN. 2001. Remote sensing of the global light-fishing fleet: an analysis of interactions with oceanography, other fisheries and predators. *Advances in Marine Biology*, 39, 261- 303.
- ROPER CFE, SWEENEY MJ, NAUEN CE. 1984. *Cephalopods of the World*. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. *FAO Fish. Synop.* 125(3): 277 p.
- 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, ROJAS P, ROQUE C. 2001. Distribution and concentrations of jumbo flying squid (*Dosidicus gigas*) off the Peruvian coast between 1991 and 1999. *Fisheries Research* 54, 21-32.
- VECCHIONE M. 1999. Extraordinary abundance of squid paralarvae in the tropical Eastern Pacific Ocean during El Niño of 1987. *Fish Bull* 97:1025-1030.
- 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, 56-63.
- 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. *Informe Progresivo N°52*. Instituto del Mar del Perú. P 3-40.
- YAMASHIRO C, MARIÁTEGUI L, RUBIO J, ARGÜELLES J, TAFUR R, TAIPE A, RABÍ M. 1998. Jumbo flying squid fishery in Peru. In: Okutani T (ed) *Large pelagic squids*. Japan Marine Fishery Resources Research Center, Tokyo, p 119-125.