# EL CALAMAR GIGANTE *Dosidicus gigas* EN EL MAR PERUANO. NOV-DIC 2017, Cr. 1711-12

## THE JUMBO FLYING SQUID *Dosidicus gigas* IN THE PERUVIAN SEA. NOV-DEC 2017, Cr. 1711-12

*Luis Mariátegui*[1] *Ricardo Tafur* *Maria Sanjinez* *Ericka Espinoza*
*Enrique Tello* *Daniel Quispe* *Wilson Carhuapoma* *Carmela Nakazaki*
*David Torres* *Luis La Cruz* *Jhon Robles* *Juan Chambilla*
*Héctor Sarmiento* *Walter Elliott* *Fabiola Zavalaga* *Miguel Sarmiento*

## RESUMEN

Mariátegui L, Tafur R, Sanjinez M, Espinoza E, Tello E, Quispe D, Carhuapoma W, Nakazaki C, Torres D, La Cruz L, Robles J, Chambilla J, Sarmiento H, Elliott W, Zavalaga F, Sarmiento M. 2020. *El calamar gigante* Dosidicus gigas *en el mar peruano. Nov-dic 2017, Cr. 1711-12. Inf Inst Mar Perú. 47(2): 227-260.-* El Crucero de investigación del calamar gigante *Dosidicus gigas (*d'Orbigny, 1835) se efectuó entre el 21 de noviembre y 12 de diciembre 2017 a bordo de los BIC José Olaya Balandra y Humboldt, para estimar índices de abundancia, determinar el estado biológico y poblacional y la interrelación con las condiciones del ambiente marino en sus áreas de concentración. El Olaya cubrió la zona norte desde 4°S hasta 7°S y el Humboldt el sur desde 15°S hasta 18°S y parte de la zona de pesca de aguas adyacentes. En el norte, las Aguas Costeras Frías (ACF) presentaron mayor extensión frente a Talara-Paita, las Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se distribuyeron fuera de las 100 mn y el agua de mezcla (ACF-AES-ASS) a 150 mn frente a Paita. En el sur, las ASS se presentaron asociadas a TSM de 19 °C a 21 °C, y agua de mezcla (ACF-ASS) entre 50 y 100 mn y fuera de 150 mn de la costa. La captura del recurso fue de 1.394,4 kg, correspondiendo 1.387,7 kg a 121 operaciones con líneas de mano con potera y 6,7 kg a 49 lances con red de arrastre de media agua. Los índices de abundancia fueron mayores en la zona norte, con núcleos densos fuera de 120 mn; en el sur fueron menores, reflejando mayor dispersión del recurso. Asimismo, la CPUE en número presentó mayores valores en la zona norte y en peso en la zona sur, debido a la diferencia de tamaños de los ejemplares capturados (pequeños y medianos en el norte, medianos y grandes en el sur). La estructura de tallas varió de 1 a 93 cm de LM. Con línea de mano con potera, las tallas fluctuaron de 18 a 93 cm de LM y con red de arrastre de 1 a 38 cm; en el norte predominaron ejemplares menores a 30 cm y en el sur mayor a 69 cm de LM. La mayor fracción de ejemplares estuvo inmaduro en la zona norte y en estadios maduros y en desove en el sur.

Palabras clave: *Dosidicus gigas*, aspectos ambientales, biológico – pesquero, primavera 2017

## ABSTRACT

Mariátegui L, Tafur R, Sanjinez M, Espinoza E, Tello E, Quispe D, Carhuapoma W, Nakazaki C, Torres D, La Cruz L, Robles J, Chambilla J, Sarmiento H, Elliott W, Zavalaga F, Sarmiento M. 2020. *The jumbo flying squid* Dosidicus gigas *in the Peruvian sea. Nov-Dec 2017, Cr. 1711-12. Inf Inst Mar Peru. 47(2): 227-260.-* From November 21 to December 12, 2017, the Jumbo Flying Squid *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) Research Cruise took place onboard the R/Vs José Olaya Balandra and Humboldt. Its main objectives were to estimate abundance indices and to determine the biological and population status of the squids and the interrelation with the conditions of the marine environment in their areas of concentration. The R/V Olaya covered the northern area from 4°S to 7°S and the R/V Humboldt covered the southern area from 15°S to 18°S and part of the fishing ground in adjacent waters. The Cold Coastal Waters (CCW) in the north were more extensive off Talara-Paita, the Surface Subtropical Waters (SSW) were distributed offshore at 100 nm and the mixing water (CCW-SEW-SSW) was 150 nm off Paita. SSW in the south was associated with an SST ranging from 19 °C to 21 °C, and mixing water (CCW-SSW) between 50 and 100 nm and beyond 150 nm offshore. The amount caught was 1,394.4 kg, of which 1,387.7 kg was collected in 121 jigging catches and 6.7 kg in 49 mid-water trawl sets. Abundance indices were higher in the northern zone, beyond 120 nm, where there are dense nuclei; by contrast, they were lower in the south, reflecting greater dispersion of the resource. Furthermore, the CPUE showed higher values in the northern area (number) while in the southern area, values related to weight were the higher ones, given the difference in the sizes of the fish caught (small and medium in the north, medium and large in the south). The size structure varied from 1 to 93 cm ML. Sizes ranged from 18 to 93 cm ML with handline and 1 to 38 cm with trawl. Specimens smaller than 30 cm and larger than 69 cm ML predominated in the north. The largest fraction of fish was immature in the northern area, and mature and spawning in the south.

Keywords: *Dosidicus gigas*, environmental aspects, biological - fishing, spring 2017

1 IMARPE, DGIRL, esquina Gamarra y Gral. Valle s/n, Callao. lmariategui@imarpe.gob.pe

## 1. INTRODUCCIÓN

El calamar gigante o pota *Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835) es el molusco marino que sustenta la mayor pesquería artesanal del Perú y es además segundo recurso pesquero de importancia económica del país (PRODUCE, 2015). La pesquería de este recurso contribuye al sustento alimentario, a la generación de puestos de trabajo e ingreso de divisas (PROMPERU, 2016).

*D. gigas* es una especie nerítica oceánica de amplia distribución en el Pacífico este, de vida corta y semélparos; son oportunistas que responden rápidamente a los cambios ambientales, lo que determina que sus poblaciones muestren grandes variaciones entre generaciones, lo cual es reflejo de los cambios en los reclutamientos (Nesis, 1970, 1983; Klett, 1996; Anderson & Rodhouse, 2001; Nigmatullin *et al*., 2001).

La alta plasticidad fenotípica (adaptación a cambios ambientales), rápido crecimiento y oportunismo ecológico posibilitan que esta especie pueda ocupar áreas dejadas por otras especies (Arguelles *et al*., 2008; Arguelles & Tafur, 2010). Asimismo, su amplia distribución, grandes migraciones y alta mortalidad natural posibilitarían que sus abundancias puedan disminuir rápidamente ante condiciones adversas (Rodhouse, 2001).

En el Perú, la abundancia de este recurso motivó el aumento del esfuerzo de pesca de la flota artesanal dedicada a la extracción de la pota, con valores de desembarque máximos de 533 mil toneladas en el 2008 y 612 mil toneladas en el 2014 (PRODUCE, 2015) y en el año 2017 se registró una captura de 295.975 t (PRODUCE, 2018).

Con el desarrollo del evento El Niño 2015 (ENFEN, 2017) la flota artesanal potera mostró un claro desplazamiento latitudinal de norte a sur, situación que fue acentuada entre enero y junio 2016, llegando hasta los 15°S (Pisco) y distancias mayores a 100 mn; posteriormente ante El Niño Costero 2017 (ENFEN, 2017; IMARPE, 2017a) se observó un nuevo desplazamiento de la flota hacia la zona central de la costa debido a la dispersión del recurso.

De acuerdo a las recomendaciones del Taller Internacional "Metodologías de Evaluación del calamar gigante *Dosidicus gigas*", realizado en Lima, del 25 al 29 de setiembre de 2017, el objetivo de este crucero fue estimar los índices de abundancia del calamar gigante a partir de información acústica y de artes de pesca, así como determinar su estado biológico y poblacional y su interrelación con las condiciones del ambiente marino en sus principales áreas de concentración en el mar peruano.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las principales zonas de distribución y concentración del calamar gigante en las cuales opera la flota artesanal potera. Se realizaron transectos perpendiculares a la línea de costa entre 20 y 200 mn, a bordo de los BIC José Olaya Balandra que cubrió la zona norte y Humboldt la zona sur (Fig. 1).

La zona norte fue prospectada desde Máncora (4°S) a Pimentel (7°S), la sur lo fue desde San Juan de Marcona (15°S) a Ilo (18°S). Se cubrió parte de la zona de pesca de la flota calamarera industrial en aguas adyacentes, entre 16°S y 21°S hasta 84°W.

**Aspectos ambientales**

Se ejecutaron 397 estaciones oceanográficas superficiales, de las cuales 43 fueron estaciones hidrográficas con lanzamiento de CTD y/o Roseta oceanográfica entre 300 y 500 m de profundidad (Fig. 1B).

En cada barco de investigación y en cada estación oceanográfica se recolectó información de parámetros físicos y químicos del agua de mar. Los registros continuos de temperatura (°C) en la columna de agua se hicieron con un equipo CTD *Sea Bird Electronics* Inc. modelo SBE 19 Plus. Para el registro de la temperatura superficial del mar (TSM) se empleó un termómetro de superficie de -2 a 32 °C (BIC José Olaya Balandra) y un termistor de marca Furuno Modelo T-2000 (BIC Humboldt) instalado en el casco de la embarcación. La recolección de muestras de agua superficial para ambos barcos se realizó empleando un balde de plástico y para la columna de agua se utilizó una Roseta oceanográfica *Sea Bird* Modelo SBE-32 con 11 botellas de 2,5 L de capacidad (BIC José Olaya Balandra) y 4 botellas Niskin de 5 L de capacidad (BIC Humboldt).

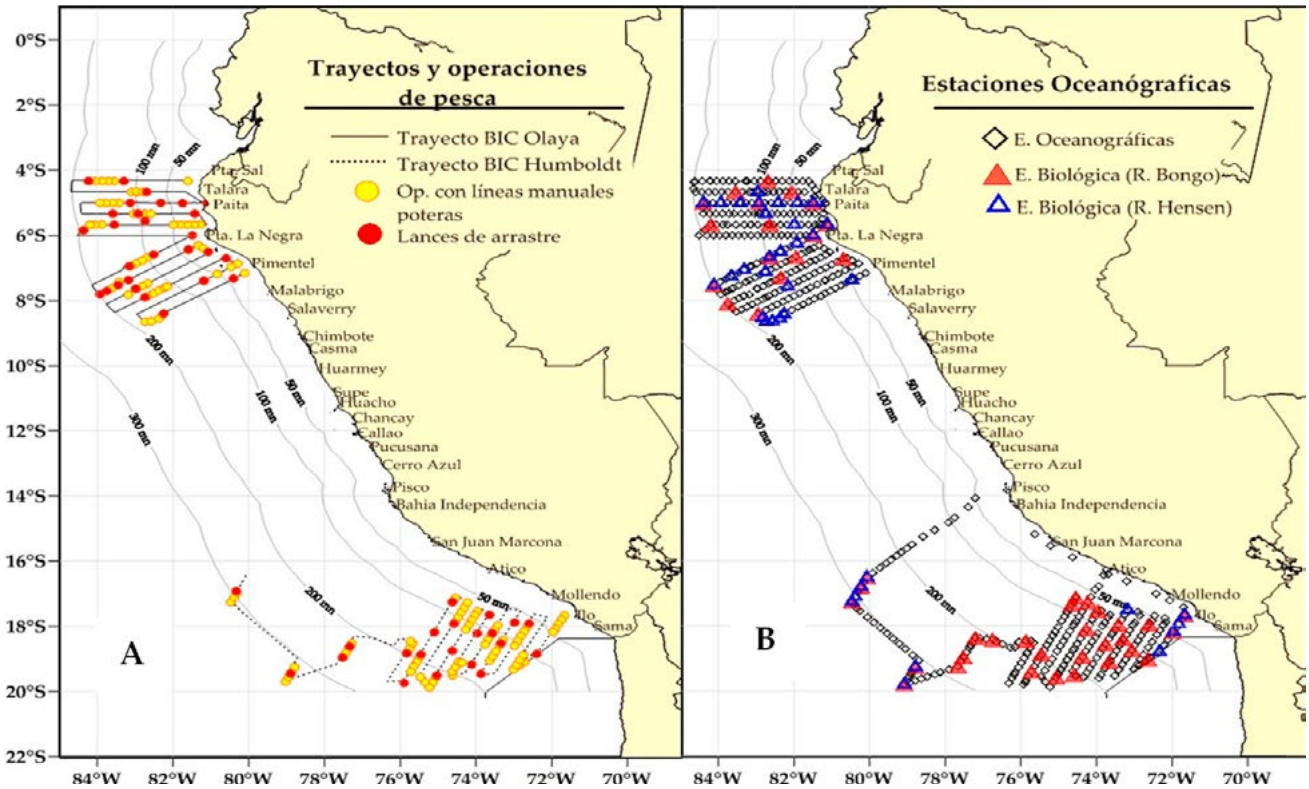


Figura 1.- Carta de trayectos y operaciones de pesca (A) y Estaciones oceanográficas (B).
Cr.1711-12 BIC José Olaya Balandra y Humboldt

Los datos meteorológicos de temperatura del aire, humedad relativa, presión atmosférica, dirección y velocidad del viento, se tomaron utilizando la estación meteorológica automática VAISALA *Maritime Observation System*, modelo MAWS410 (*Measure Automatic Weather Station*) en ambos barcos.

Se recolectaron 211 muestras para los análisis de oxígeno disuelto, potencial de Hidronio (pH) y clorofila-a; asimismo, se analizaron 497 muestras para determinar salinidad. El oxígeno disuelto fue analizado a bordo aplicando la metodología de Winkler modificada por Carrit & Carpenter (1966), también se preservaron por congelamiento (-20 °C) 211 muestras para nutrientes las que se analizaron por el método de Strickland & Parson (1968, 1972) en el Laboratorio de Hidroquímica Marina. La metodología utilizada fue la técnica de fluorometría basada en Holm-Hansen *et al*. (1965) en *Protocols for the Joint Global Ocean Flux Study* (JGOFS) *core measurements* (1994), en el Laboratorio de Hidroquímica Marina de IMARPE. Se realizaron 105 mediciones de potencial de hidronio (pH) solo en la zona sur, la medición consistió en lecturas directas de la muestra el método utilizado es el descrito por Dickson *et al*. (2007).

Las muestras de zooplancton se obtuvieron utilizando dos tipos de redes a diferentes niveles de arrastre. La red Bongo (300 micras) fue arrastrada en lances desde 300 m de profundidad hacia la superficie a 3 nudos de velocidad, con esta red se recogieron muestras en estaciones hidrográficas y en diferentes estaciones a lo largo del área de estudio. Con la red Hensen (300 micras) se lograron muestras desde 50 m de profundidad (como máximo) en la columna de agua, con el buque detenido. Durante la navegación se recolectaron 54 muestras con red Bongo y 39 muestras con red Hensen que fueron fijadas con agua de mar y formaldehido al 2%. Asimismo, se consiguieron y fijaron muestras de larvas de anchoveta en etanol 70%, para los análisis de edad y crecimiento, así como organismos del zooplancton que fueron fijados en etanol 90% para los análisis genéticos (código de barras).

**Acústica y pesca**

El sistema acústico empleado fue la ecosonda científica SIMRAD EK60, en el BIC Humboldt con las frecuencias de 38, 120 y 200 kHz y en el BIC José Olaya Balandra con las frecuencias de 38, 70, 120 y 200 kHz, ambos sistemas fueron previamente calibrados en la isla San Lorenzo

(12°3,15'S- 77°13,71'W). El diseño de muestreo fue sistemático paralelo con trayectos de longitud variable (50 - 150 mn) y separación de 20 mn (Simmonds & MacLennan, 2005). La captura del calamar gigante se realizó en 170 operaciones de pesca, 49 con red de arrastre pelágica y 121 con línea de mano con potera.

El BIC José Olaya Balandra recorrió 2.467 UBM (1 UBM= 1 mn), siendo el área evaluada aproximadamente de 105.912 $mn^2$; en dicha zona se efectuaron 28 lances para la comprobación de ecotrazos y 54 operaciones de pinta. El BIC Humboldt recorrió 2.024 UBM, evaluando aproximadamente 51.840 $mn^2$, donde se realizaron 21 lances de comprobación de ecotrazos y 67 operaciones de pinta.

El post procesamiento de la información acústica se realizó con el programa *Echoview* 5.2 y 8.1. La identificación de las especies y comunidades biológicas se realizó a través de acústica multifrecuencia, validadas con capturas de la red de arrastre pelágica y líneas de mano con potera con luces (Castillo *et al*., 2009; Benoit - Bird *et al*., 2008).

El diseño de muestreo utilizado fue sistemático paralelo (Simmonds & MacLennan, 2005) con una Unidad Básica de Muestreo (UBM) de 1 mn; la data acústica fue procesada en el programa *Echoview* (Versión 5.2). Para el mapeo de la distribución de los recursos se utilizó el programa de interpolación y geoestadística *Surfer* (Versión 13), la metodología se describe en Castillo *et al*. (2009).

La verificación de registros acústicos y asignación de valores de ecointegración NASC para conocer la abundancia, fue determinada por la proporción de especies en la captura, discriminando los registros de especies como en el caso de los calamares que poseen baja reflectividad (Gutiérrez, 2002; Rosas-Luis *et al.*, 2011). Se usaron los módulos de detección de cardúmenes y ecogramas virtuales en el programa *Echoview* para disgregar los valores de integración a través de análisis multifrecuencia.

**Línea de mano con potera**

Se efectuaron operaciones de pesca con línea manual potera (LHP código ISSCFG 09.1.0) de 11, 15 y 37 cm de longitud (Fig. 2) en ambas bandas del barco, en horarios de 18:30 a 05:30 horas para atraer calamares debido al fototropismo positivo de la especie (Ben-Yami & Pichovich, 1990) distribuyéndolas intercaladamente entre 6 pescadores en cada embarcación, para profundizarlas se utilizaron pesos de 67 g (pirulos) atados a una línea de nylon. Cada operación duró 1 hora registrándose el esfuerzo en tiempo por cada pescador, el número y el peso de ejemplares capturados, además de los ejemplares desprendidos. Se utilizó un sistema de luces de 400 watts en ambas bandas.

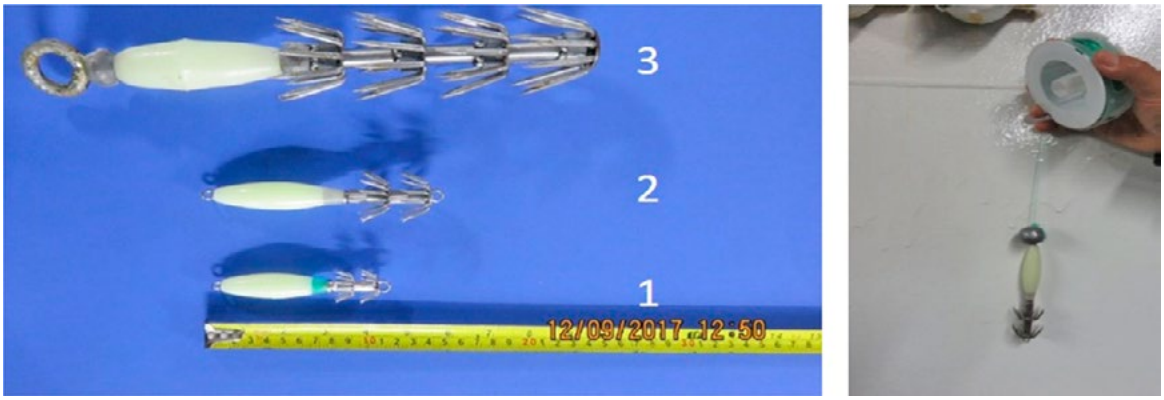


Figura 2.- Anzuelos para calamar gigante (poteras). Cr.1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

Tabla 1.- Características de poteras. Cr..1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

| Poteras | 1 | 2 | 3 |
|---|---|---|---|
| Tamaño (cm) | 11 | 15 | 37 |
| Línea (m) | 20-50 | 40-70 | 50-100 |
| Material de la línea | Nylon 0,70 mm | Nylon 0,90 mm | Nylon trenzado 60 mm |
| Coronas | 2 | 2 | 4 |
| Pirulos utilizados | 1 | 1 | 10 |

En la Tabla 1 se resumen las características de las poteras utilizadas durante las operaciones de pinta.

En la zona norte se ejecutaron 54 operaciones de pesca con línea de mano con potera, de las cuales 77,8% fueron positivas. En la zona sur 49 operaciones se realizaron en la Zona Económicamente Exclusiva (ZEE) y 18 en Aguas Adyacentes (200 a 350 mn de costa) con 24,5% y 44,4% de operaciones positivas, respectivamente.

Para la estimación de la captura por unidad de esfuerzo (CPUE) se utilizó información de los registros acústicos y operaciones de pesca con líneas manuales con potera.

**Red de arrastre**

En el BIC José Olaya Balandra se efectuaron lances de comprobación utilizando una red de arrastre pelágica tipo Engel 140/1800 mm, de material poliamida (PA) compuesta de seis paneles, con abertura vertical de 12,6 m y capacidad técnica de 1,5 a 2 toneladas, longitud total de 62,1 m, longitud de alas de 10,53 m, 6 cuerpos de 38,25 m, antecopo de 2,79 m y copo de 11,45 m de malla anchovetera de 13 mm.

En el BIC Humboldt para los lances de comprobación se utilizó una red de arrastre pelágica de diseño japonés modelo 124/1800 (124 mallas de 1.800 mm de longitud cada una). Su longitud total es de 73 m medido desde las puntas de las alas hasta el extremo final del copo y está constituida por cuatro partes principales: superior, inferior y dos laterales, compuesto por dos alas y ocho paneles; en el extremo final se encuentra un copo de 12,5 m de largo. Esta red trabajó con abertura vertical y horizontal de 15 m (dato del patrón) y está confeccionada de polietileno, material que permite darle más flotabilidad, lo que la hace más liviana y manejable durante las operaciones de arrastre (Fig. 3).

Con el objetivo de registrar el comportamiento de la red pelágica durante cada lance, se utilizaron dos sensores oceanográficos NKE-MICREL que midieron temperatura y profundidad donde operó la red. Estos sensores fueron acoplados a la red mediante un aparejo para protegerlos y sostenerlos, ubicándose uno en la relinga superior y el otro en la relinga inferior.

**Aspectos biológicos**

La composición por especies de las capturas obtenidas en el presente crucero fue determinada a partir de los muestreos en cada operación de pesca, tanto con línea de mano con potera (121 operaciones) como con la red de arrastre pelágica (49 operaciones). Se registró el número de individuos (N) y peso (kg) de cada especie con la

Figura 3.- Red de arrastre pelágica (a), sensores NKE-MICREL (b) y la gráfica del post proceso (c). Cr.1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

ayuda de una balanza digital de 0,1 g de precisión. Se separaron e identificaron los invertebrados y peces hasta el nivel taxonómico más bajo posible utilizando los siguientes trabajos Chirichigno y Vélez (1998), Fischer *et al*. (1995), Bekker (1983), Nesis (1982), Roper *et al*. (1984) y Jereb & Roper (2010). Para la determinación taxonómica de especies poco comunes se realizaron observaciones, análisis morfométricos y conteos merísticos, con la ayuda de un estereoscopio binocular, vernier, estiletes, pinzas y placas Petri; las muestras biológicas fueron congeladas y trasladadas al Área Funcional de Investigaciones en Biodiversidad y la Colección Científica del IMARPE para la verificación correspondiente (Indacochea *et al*., 2013).

Se realizaron muestreos biométricos y biológicos (856 ejemplares capturados con línea de mano con potera y 551 ejemplares con red de arrastre de media agua) del calamar gigante y otros cefalópodos de acuerdo al protocolo establecido (Tafur *et al*., 2016). La estructura por tamaños de las principales especies fue determinada a partir de los muestreos biométricos. Además, se recolectaron estatolitos y estómagos del calamar gigante y otras especies para los estudios de edad-crecimiento y de ecología trófica respectivamente (Tafur *et al*., 2016). Para cuantificar la dieta se utilizaron los métodos de frecuencia de ocurrencia (%FO), numérico (%N) y gravimétrico (%P), de acuerdo a Hyslop (1980).

Para la elaboración de las tablas y gráficos se procesó la información en Microsoft Excel 2013. Los gráficos de tallas se elaboraron con el programa R y los mapas en el programa de interpolación *Surfer* (Versión 16).

## 3. RESULTADOS

### Aspectos ambientales

#### Condiciones meteorológicas

**Temperatura del aire (TA).-** La temperatura del aire (TA) en la zona norte varió entre 14,9 y 20,0 °C, con promedio de 18,3 °C. Las temperaturas más bajas se ubicaron cerca de la costa. En la zona sur la TA varió de 17,6 a 20,8 °C, con promedio de 18,8 °C (Fig. 4).

**Humedad relativa del aire (HR).-** La humedad relativa en la zona norte varió entre 75% y 100%, con promedio de 90,8%; los valores más altos se encontraron dentro de las 80 mn. En la zona sur la HR fluctuó entre 55% y 87%, con promedio de 67,4%; la zona de mayor humedad (>75%) se localizó dentro de las 50 mn entre Atico e Ilo (Fig. 5).

**Presión atmosférica (PA).-** La presión atmosférica en la zona norte varió entre 1.009,1 y 1.017,2 hPa, con promedio de 1.013,3 hPa mostrando una distribución espacial heterogénea de sus valores. En la zona sur, la PA presentó valores entre 1.009,0 y 1.015,5 hPa, con promedio de 1.012,9 hPa (Fig. 6).

#### Condiciones oceanográficas superficiales

**Temperatura superficial del mar (TSM).-** En la zona norte varió entre 14,9 y 21,6 °C, con promedio de 19,4 °C y con isotermas de 18 a 20 °C distribuidas paralelas a la costa. En zonas cercanas a Paita se observó presencia de aguas frías (17 °C) con temperaturas menores a las normales para la estación de primavera. Fuera de las 150 mn, la zona se caracterizó por presentar temperaturas homogéneas de 21 °C.

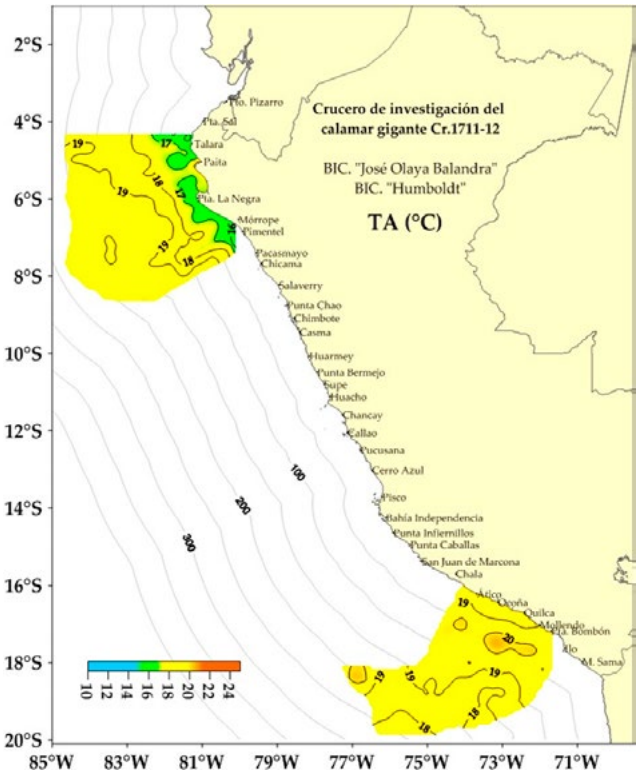


Figura 4.- Temperatura del aire (°C). Cr.1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

En la zona sur la TSM fluctuó entre 16,4 y 21,3 °C, con promedio de 19,6 °C. Los valores más altos se observaron entre 60 y 150 mn frente a Quilca, con distribución homogénea de 20 a 21 °C. La distribución térmica presentó valores menores a 19 °C dentro de las 30 mn frente a Ilo–Atico y en la zona oceánica (170 a 250 mn) frente a Quilca - Atico (Fig. 7).

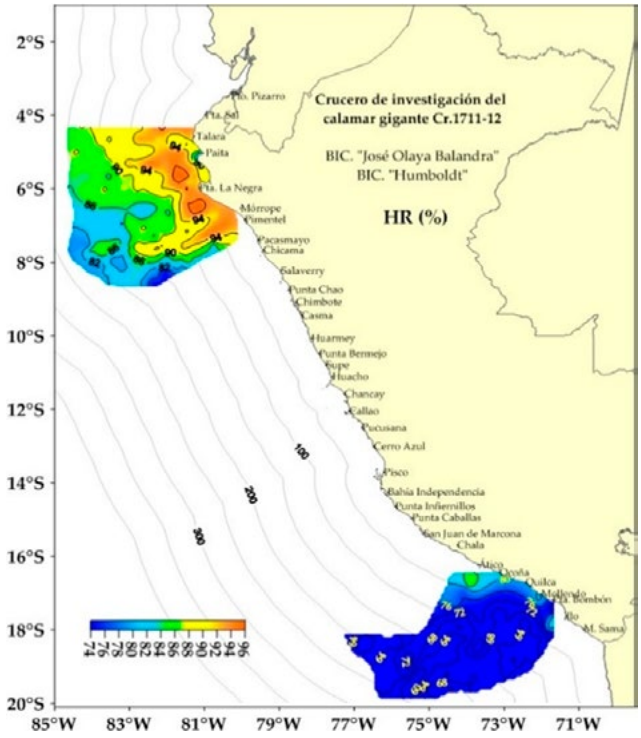


Figura 5.- Humedad Relativa (%). Cr.1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

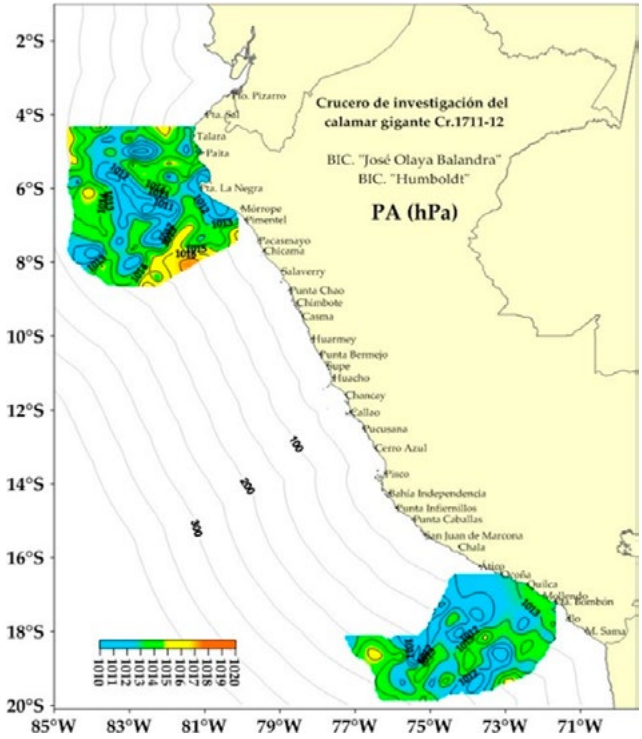


Figura 6.- Presión Atmosférica (hPa). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

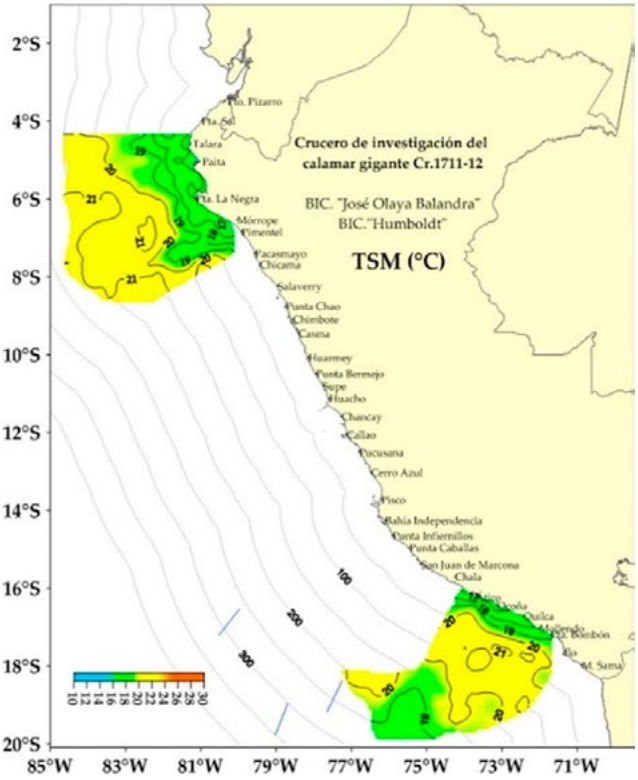


Figura 7.- Temperatura superficial del mar (°C). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

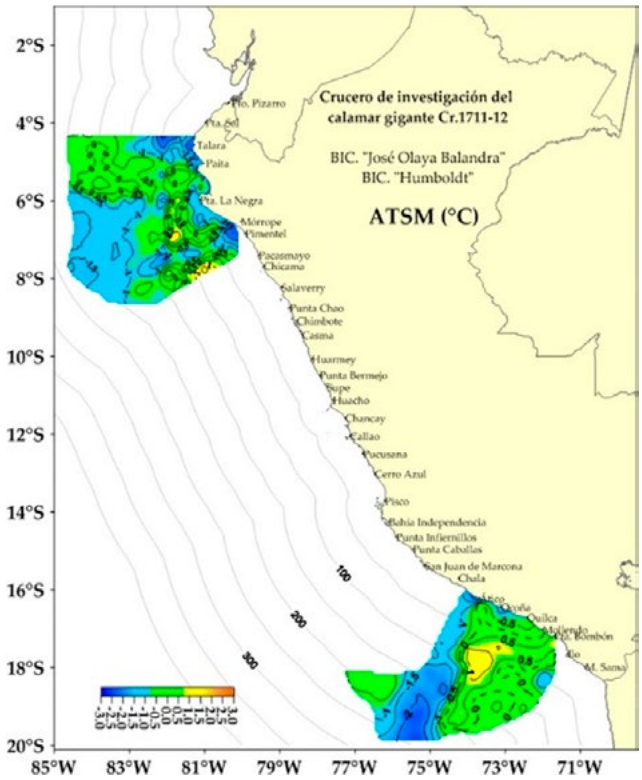


Figura 8.- Anomalía de Temperatura superficial del mar (°C). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

**Anomalías de la temperatura superficial del mar (ATSM).-** En la zona norte oscilaron entre -2,7 y +1,7 °C, con promedio de -0,7 °C. Las anomalías negativas de mayor intensidad cubrieron áreas hasta 50 mn cerca de Talara y hasta 25 mn frente a Pimentel. Anomalías negativas mayores a -1 °C se localizaron fuera de las 120 mn de Punta La Negra y a distancias intermedias se observó una franja con condiciones térmicas neutras.

En la zona sur, los valores de ATSM variaron de 1,48 a 2,51 °C observándose predominancia de anomalías neutras al sur de Atico. Valores de anomalías negativas de -2 °C se ubicaron a 200 mn de la zona prospectada. En general, las anomalías negativas cubrieron el 40% de la zona (Fig. 8).

**Salinidad superficial del mar (SSM).-** En la zona norte, varió entre 34,63 y 35,49 ups, con promedio de 35,05 ups. A 150 mn de Talara se observó un pequeño núcleo con SSM menores a 34,8 ups que correspondió a la presencia de Aguas Ecuatoriales Superficiales (AES).

La mayor extensión de las Aguas Costeras Frías (ACF) se observó frente a Talara-Paita. Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) se distribuyeron a distancias mayores a 100 mn, con máxima proyección frente a Punta La Negra y Pacasmayo. Agua de mezcla (ACF-ASS) se visualizó principalmente frente a Pimentel.

En la zona sur, la SSM varió de 34,846 a 35,348 ups, con promedio de 35,148 ups. Se observaron ACF hasta 40 mn de la costa (asociadas a temperaturas menores a 19 °C). ASS predominaron en gran parte del área prospectada entre 50 y 200 mn de la costa, con isohalinas de 35,1 a 35,3 ups. Agua de mezcla (ACF-ASS) se observó en la zona costera y oceánica frente a Ocoña – Ilo (Fig. 9).

**Anomalía de la salinidad superficial del mar (ASSM).-** En la zona norte, las ASSM variaron de 0,30 a -0,32 ups, con promedio de 0,03 ups. Anomalías negativas se localizaron a 150 mn frente a Talara, influenciadas por la presencia de AES en la zona. Anomalías positivas mayores a 0,24 ups se observaron en la zona costera de Talara y a 150 mn de Pacasmayo, esta última influenciada por la presencia de ASS.

En la zona sur, las ASSM variaron de 0,15 a -0,18 ups con promedio de -0,01 ups. Anomalías negativas se localizaron frente a Atico, Punta Bombón y en agua de mezcla a 200 mn de la costa, asociada a la presencia de ACF (Fig. 10).

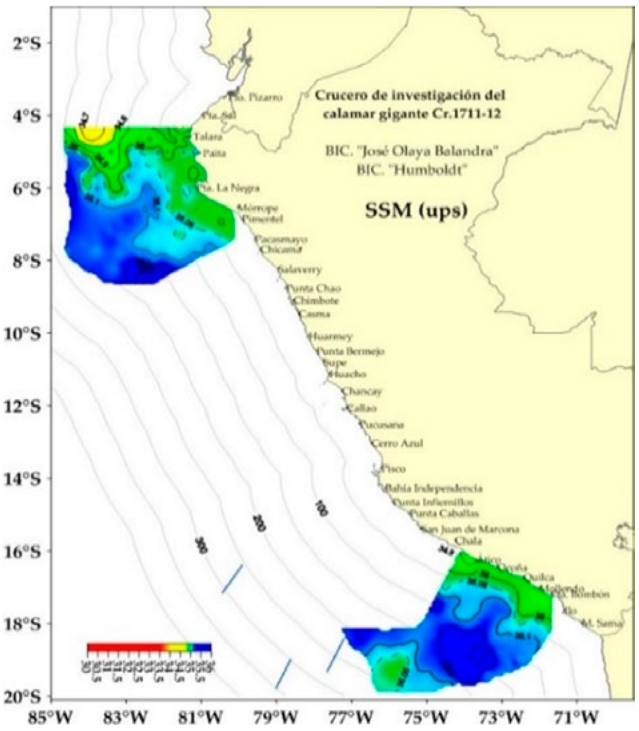


Figura 9.- Salinidad superficial del mar (ups). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

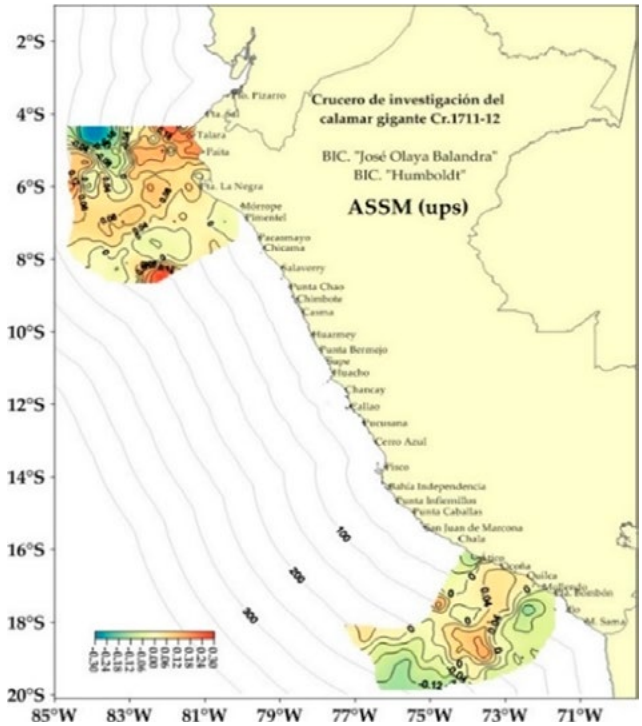


Figura 10.- Anomalía de la Salinidad superficial del mar (ups). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

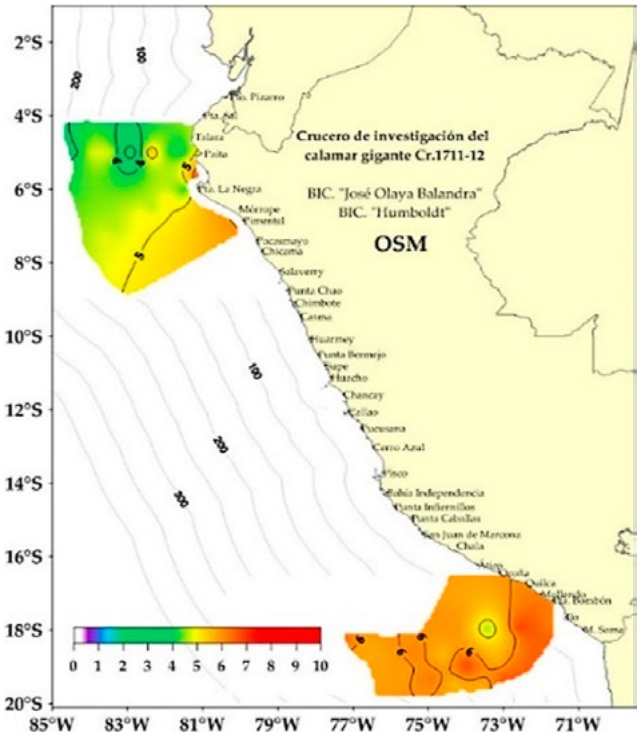


Figura 11.- Oxígeno superficial del mar (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

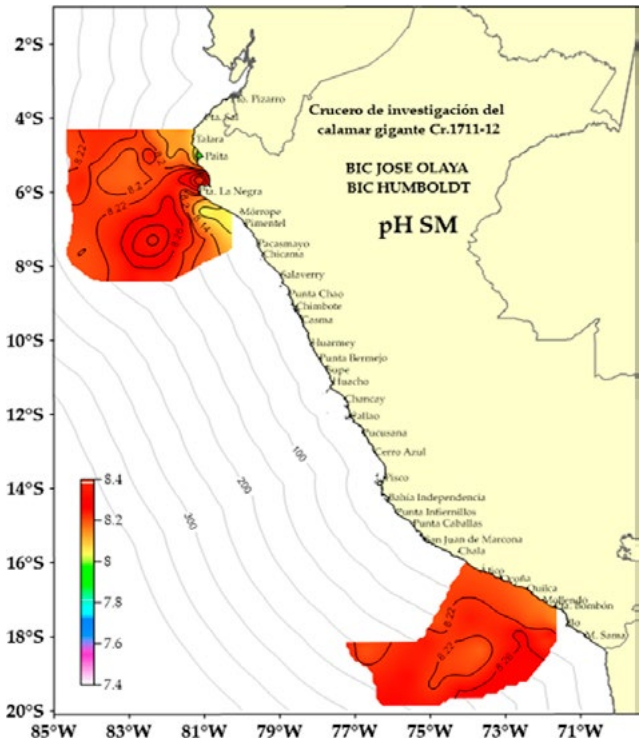


Figura 12.- Potencial de Hidronio (pH). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

**Oxígeno superficial del mar (OSM).-** En la zona norte se observaron valores bajos cerca de la bahía de Paita y altos frente a la bahía de Sechura (un núcleo de valores mayores a 6 mL/L). Fuera de las 50 mn se registraron valores mayores a 5 mL/L.

En la zona sur, las concentraciones de OSM fueron mayores a 5 mL/L (entre 6,0 y 6,5 mL/L), a excepción de un núcleo de 4,5 mL/L a 90 mn frente a Quilca (Fig. 11).

**Potencial de Hidronio (pH).-** En la zona norte, entre las 70 y 160 mn frente a Paita se observó un núcleo menor a 8,2 y entre las 70 y 140 mn frente al sur oeste de Punta La Negra un núcleo mayor a 8,3.

En la zona sur los valores se mantuvieron entre 8,2 y 8,3 en toda el área de estudio (Fig. 12).

**Clorofila-a.-** En superficie presentó bajas concentraciones (<0,5 ug/L) con excepción de un núcleo de concentraciones cercanas a 14,15 ug/L frente a la bahía Sechura (Fig. 13).

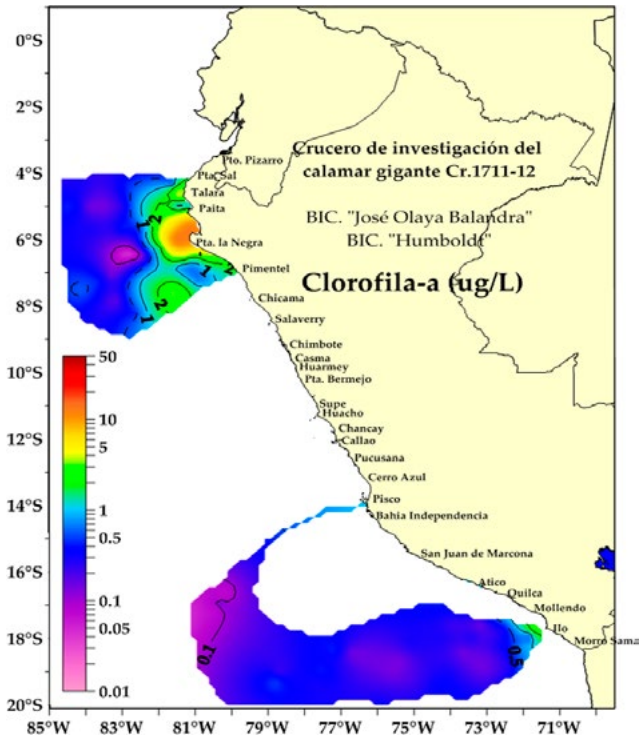


Figura. 13.- Clorofila-a (µgL) superficial. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

## Nutrientes

Los **fosfatos** superficiales en la zona norte cerca de la costa presentaron concentraciones entre 1,5 y 2,0 µM. Por fuera de las 10 mn los valores fueron menores a 1,0 µM. En la zona sur se observó un núcleo de 1,5 µM frente a Ilo (18°S), el resto del área evaluada presentó valores menores a 1,0 µM (Fig. 14a).

Los **silicatos** superficiales en la zona norte presentaron concentraciones cercanas a 25,0 µM en las primeras 10 mn, >15 µM dentro de las 50 mn, disminuyendo hacia afuera (< 10 µM). En la zona sur la distribución fue homogénea con valores significativamente bajos (1,0 µM) (Fig. 14b).

Los **nitratos** superficiales en la zona norte presentaron concentraciones entre 5,0 y 15,0 µM, con menores concentraciones frente a la bahía de Sechura y Punta La Negra (5-6°S). En la zona sur las concentraciones de nitratos estuvieron entre 1,0 y 2,0 µM (Fig. 14c).

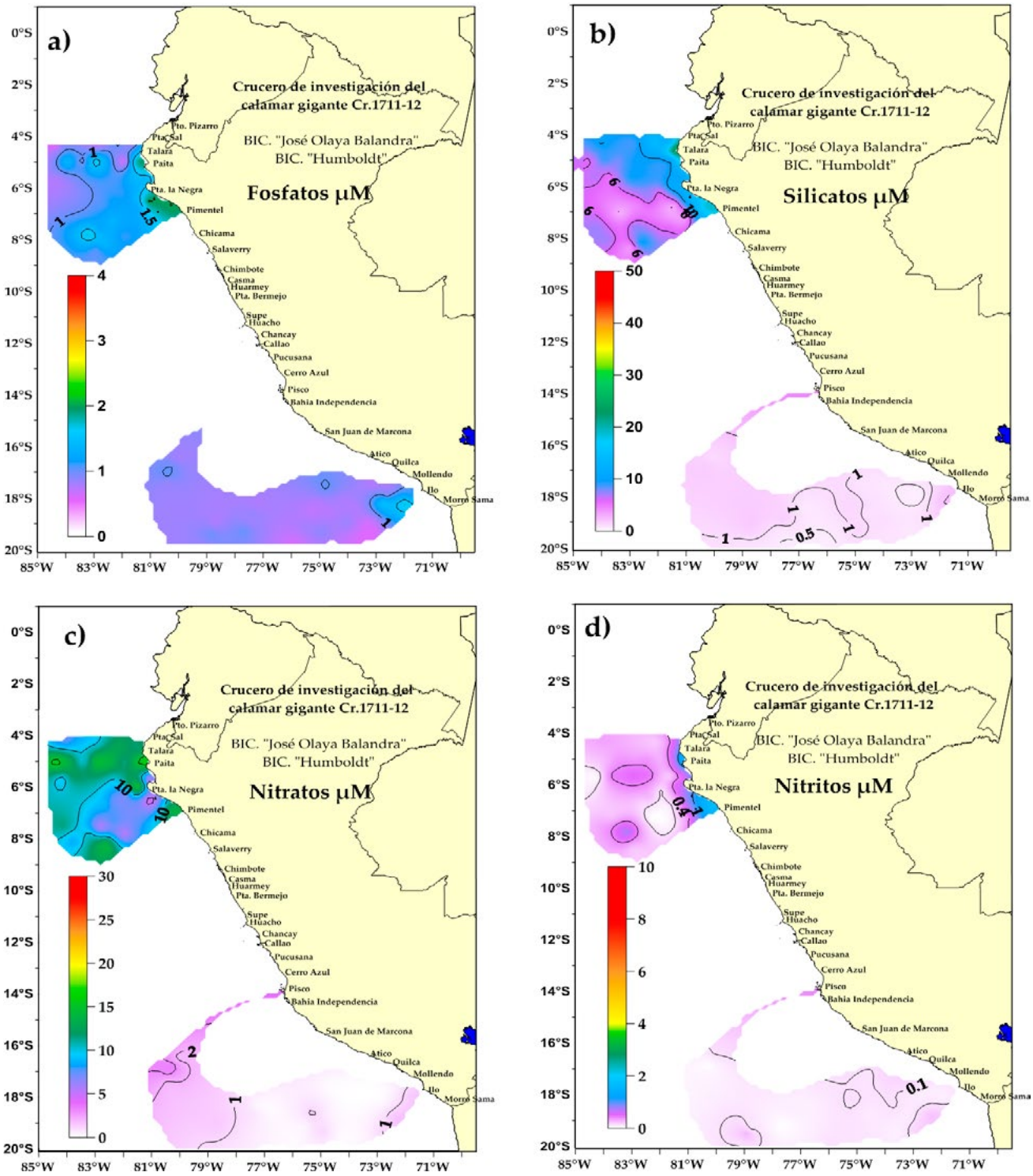


Figura 14.- Distribución horizontal de: a) Fosfatos (µM), b) Silicatos (µM), c) Nitratos (µM), d) Nitritos (µM). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

Los **nitritos** superficiales en la zona norte presentaron concentraciones mayores a 1 µM dentro de las 10 mn, principalmente entre Pta. La Negra y Pimentel (6-6,5°S). Por fuera de las 10 mn las concentraciones fueron menores a 0,4 µM. En la zona sur la distribución fue homogénea con valores menores a 0,1 µM (Fig. 14d)

**Condiciones oceanográficas Sub superficiales**

**Distribución de la isoterma de 15 °C.-** En la zona norte estuvo ubicada entre 14 y 95 m de profundidad, configurando mayor gradiente térmico dentro de las 60 mn frente a Talara y Pimentel. La formación de pequeños núcleos a 50 y 60 m de profundidad estuvo asociado al giro hacia el oeste de la corriente costera peruana.

En la zona sur, la topografía de la isoterma mostró la distribución de profundidades menores a 50 m en la zona costera, asociada a la presencia de ACF. Las mayores profundidades se localizaron fuera de las 200 mn, asociados a ASS.

En general, la topografía de la isoterma de 15 °C describió flujos hacia el norte en las zonas prospectadas (Fig. 15).

## Perfil Paita

La sección vertical frente a Paita se caracterizó por presentar una termoclina conformada por cinco isotermas (16 a 20 °C) fuera de las 100 mn, observándose el ascenso de las isotermas asociadas a procesos de surgencia conforme se acercaban a la costa (Fig. 16a).

Sobre los 20 m y fuera de las 50 mn, la estructura halina mostró la presencia de agua de mezcla debido a la interacción de las ASS y AES; entre 20 y 80 m se evidenció la presencia de ASS. En la zona costera predominaron las ACF (Fig. 16b).

Concentraciones de oxígeno disuelto mayores a 5 mL/L fuera de las 150 mn estuvieron asociadas a aguas cálidas (AES+ASS), en tanto que concentraciones de 2 a 4 mL/L indicaron procesos de afloramiento en la zona costera. La ZMO (zona de mínimo oxígeno 0,5 mL/L) se ubicó entre 80 y 200 m de profundidad, comportamiento que podría estar relacionado a la presencia de la Corriente Subsuperficial Peruana Chilena (CSPC) (Fig. 16c).

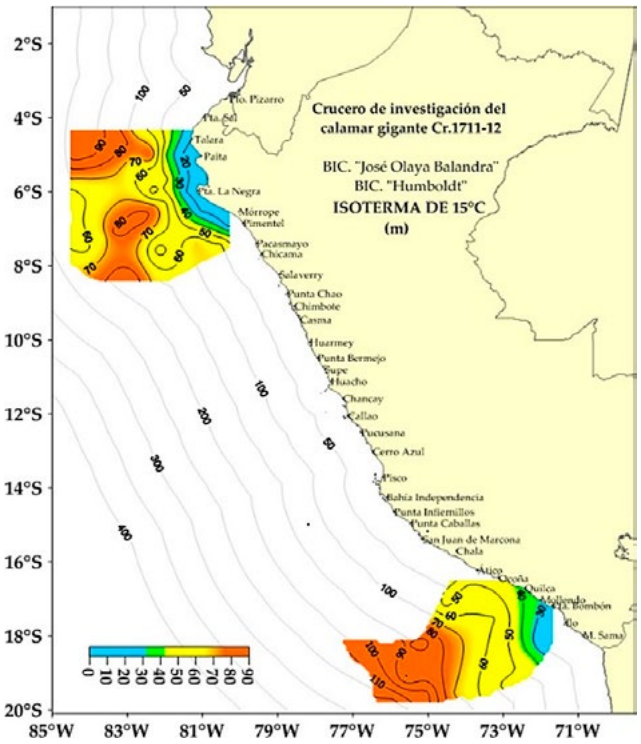


Figura 15.- Topografía de la isoterma de 15 °C. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

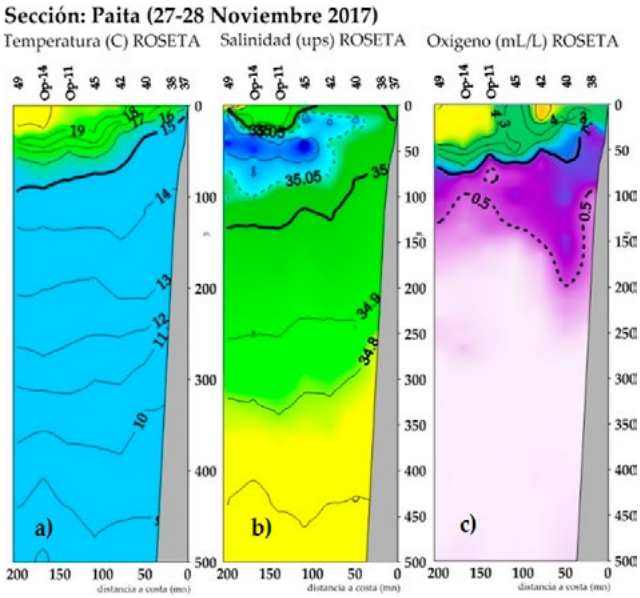


Figura 16.- Perfil Paita: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

La clorofila-a presentó un pequeño núcleo de concentración cercano a 10 µg/L en subsuperficie, a 10 m de profundidad dentro de las 25 mn, el resto del área evaluada presentó valores menores a 0,5 µg/L (Fig. 17).

Los fosfatos presentaron mayores concentraciones en las primeras 50 mn (> 2,0 µM) disminuyendo a valores cercanos a 1 µM en superficie en la parte más oceánica. Valores de 2,5 µM a 50 m de profundidad (Fig. 18a).

Los silicatos presentaron valores mayores a 15 µM en la zona costera disminuyendo a 10 µM en la parte oceánica e incrementándose por debajo de los 50 m alcanzando las mayores concentraciones de 45 µM a 500 m de profundidad (Fig. 18b).

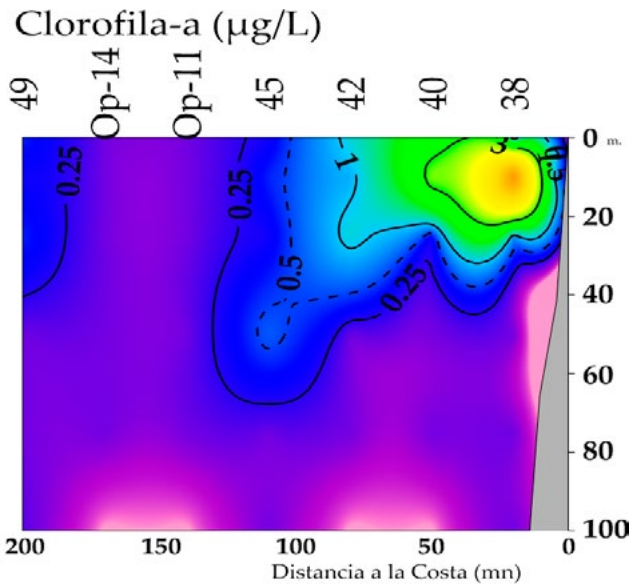


Figura 17.- Perfil Paita: distribución vertical de Clorofila-a (µg/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

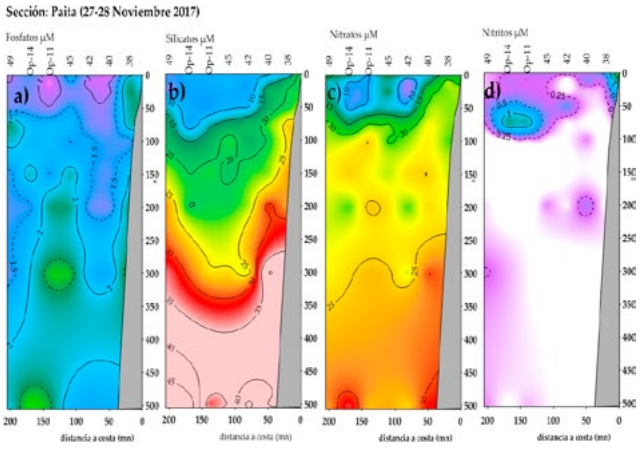


Figura 18.- Perfil Paita: distribución vertical de a) Fosfatos (µM), b) Silicatos (µM), c) Nitratos (µM), d) Nitritos (µM). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

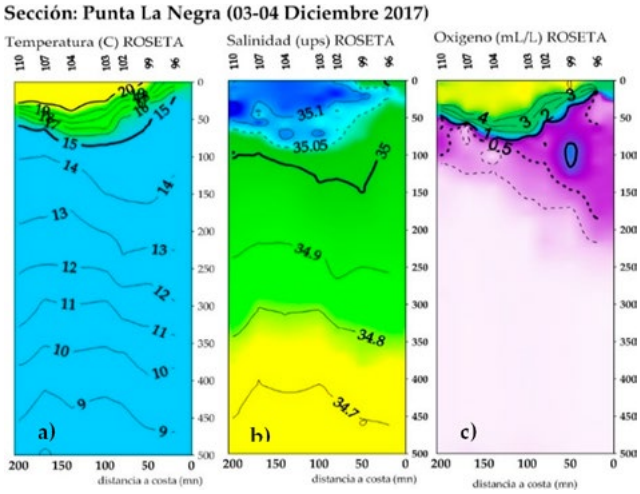


Figura 19.- Perfil Punta La Negra: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

Los nitratos tuvieron un patrón similar con valores mayores a 15 µM en la costa, disminuyendo hacia afuera e incrementándose hasta 30 µM a 500 m de profundidad (Fig. 18c). Predominaron nitritos muy bajos en el área (< 0,5 µM) (Fig. 18d).

## Perfil Punta La Negra

Las isotermas se mostraron estratificadas sobre 80 m de profundidad, conformando una termoclina (15-20 °C) con tendencia ascendente dentro de las 100 mn, indicando procesos de afloramiento (Fig. 19a).

La estructura vertical halina, presentó valores mayores a 35,1 ups, en una celda casi homogénea que correspondió a la presencia de ASS. Mientras que, dentro de las 50 mn se encontraron agua de mezcla (ASS+ACF) con predominancia de ACF (Fig. 19b).

La oxiclina constituida por las iso-oxígenas de 1 a 4 mL/L se encontró sobre 80 m; mientras que, la ZMO se ubicó por debajo de 60 m, entre 160 y 180 mn (Fig. 19c).

## Perfil Ilo

El oxígeno disuelto presentó altos valores desde la costa hacia la parte oceánica (> 5 mL/L). La base de la oxiclina estuvo a 25 m de profundidad dentro de las 60 mn y se fue profundizando hasta 70 m entre las 60 y 100 mn. La iso-oxígena de 0,5 mL/L, que indica el límite superior de la ZMO se presentó muy somera (30 m) en las primeras millas aunque en toda la transecta fue intensa (Fig. 20a).

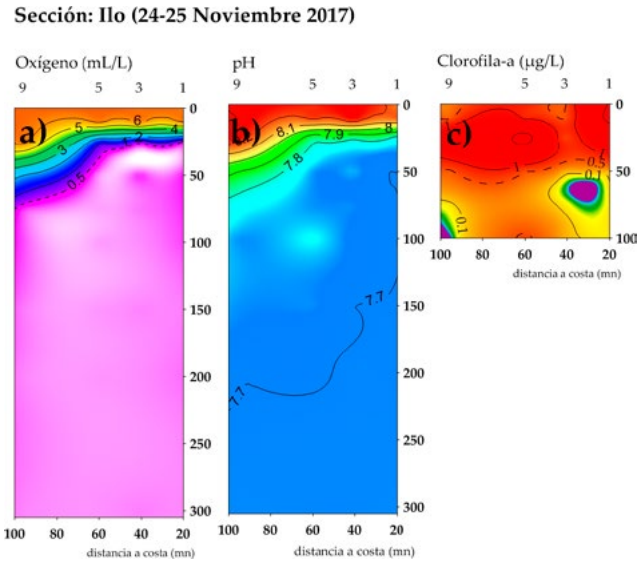


Figura 20.- Perfil Ilo: a) Oxígeno disuelto (mL/L), b) potencial hidronio (pH), c) Clorofila-a. (µ/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

El pH presentó distribución similar al oxígeno disuelto, con valores mayores a 8,2 en los primeros 25 m de profundidad. Se observó el valor de 7,8 que corresponde a la presencia de aguas costeras frías y se asocia con el límite superior de la ZMO (0,5 mL/L) por encima de 25 m en las primeras 50 mn y de los 50 m en el resto del área de estudio (Fig. 20b). La clorofila-a presentó bajas concentraciones, con dos núcleos, uno ubicado cerca de la costa y hasta 30 m de profundidad y, el segundo núcleo entre 60 y 80 mn a 25 m de profundidad (Fig. 20c).

Los fosfatos presentaron concentraciones cercanas a 1,5 µM en superficie, con incremento desde 30 m de profundidad (Fig. 21a). Los silicatos presentaron valores cercanos o menores a 1 µM en superficie hasta 30 m de profundidad. Se observó incremento por debajo de los 50 m, alcanzando una concentración hasta 30 µM a 300 m de profundidad (Fig. 21b). Los nitratos presentaron valores menores a 1 µM en superficie hasta 30-50 m de profundidad incrementándose por debajo (15 µM). Sobre la plataforma se mantuvieron bajos (Fig. 21c). Los nitritos presentaron valores menores a 1 µM sobre 100 m de profundidad, mientras que a 300 m de profundidad alcanzaron 5 µM (Fig. 21d).

### Perfil Punta Bombón

La estructura térmica mostró temperaturas entre 14 y 20 °C sobre 50 m de profundidad, con mayor gradiente térmico dentro de las 20 mn de la costa (Fig. 22a).

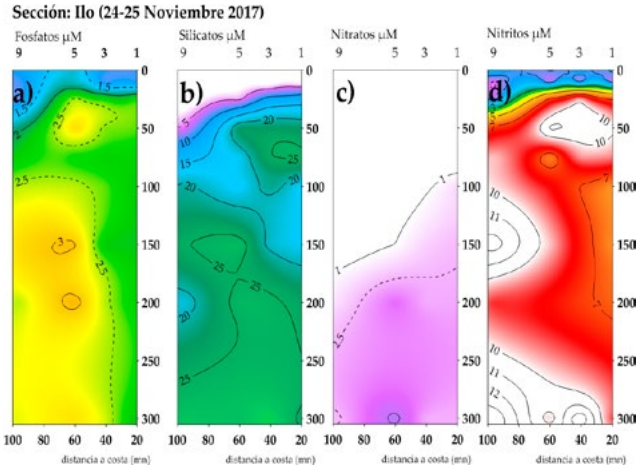


Figura 21.- Perfil Ilo: Fosfatos (µM), b) Silicatos (µM), c) Nitratos (µM), d) Nitritos (µM). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

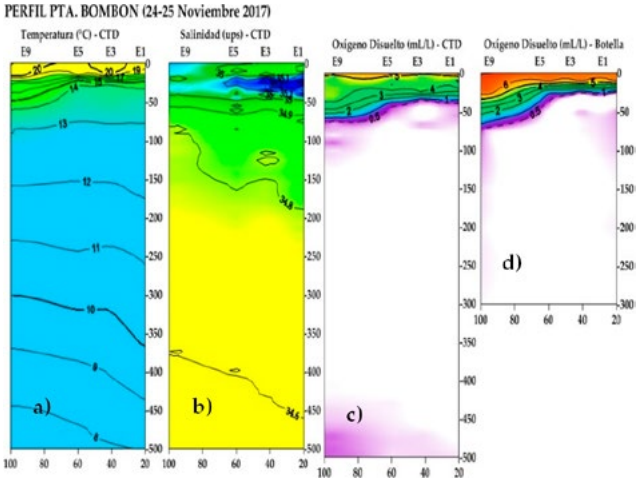


Figura 22-.- Perfil Punta Bombón: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c - d) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

Sobre los 20 m de profundidad, la distribución vertical de la salinidad mostró la presencia de ACF (dentro de 60 mn) y agua de mezcla (ACF + ASS) a distancias mayores a 60 mn. De 20 a 50 m las ASS se ubicaron hasta 70 mn (Fig. 22b).

El contenido de oxígeno en la capa superficial fue alto (>6 mL/L) en toda la sección, en tanto que concentraciones menores (<0,5 mL/L) asociadas a la ZMO se ubicaron por debajo de 80 m a 100 mn, y por debajo de 20 m en la zona costera (Fig. 22c).

### Perfil Ocoña

En este perfil no se observó una termoclina definida, ubicándose la isoterma de 15 °C entre 100 y 60 m de profundidad. Se observó el

hundimiento de las isotermas menores de 13 °C dentro de las 120 mn, indicando un flujo de norte a sur entre 100 y 300 m de profundidad (Fig. 23a).

La salinidad mostró ASS dentro de las 190 mn y sobre los 50 m, fuera de las 190 mn se presentó agua de mezcla de ASS y Aguas Templadas de la Subantártica (ATSA). También se evidenció a las ATSA por debajo de 70 m de profundidad (Fig. 23b).

El oxígeno disuelto presentó valores cercanos a 5 mL/L sobre los primeros 10 m de profundidad, con una capa homogénea de 3 a 4 mL/L entre 10 y 75 m de profundidad. El límite superior de la mínima de oxígeno (0,5 mL/L) se ubicó entre 75 y 150 m de profundidad (Fig. 23c).

### Perfil Atico

La columna de agua mostró moderada estratificación térmica, con el ascenso de la isoterma de 15 °C de 120 a 50 m de profundidad. En tanto que sobre 100 m la distribución halina mostró dos núcleos de ASS y agua de mezcla (ACF+ASS). Por debajo de 100 m se ubicaron núcleos de ATSA (Fig. 24a, b).

El contenido de oxígeno disuelto presentó valores altos en superficie (>5 mL/L); la base de la oxiclina se localizó entre 50 y 150 m de profundidad. El límite superior de la ZMO se ubicó debajo de 50 m en la costa, y debajo de 150 m en la zona oceánica (Fig. 24c).

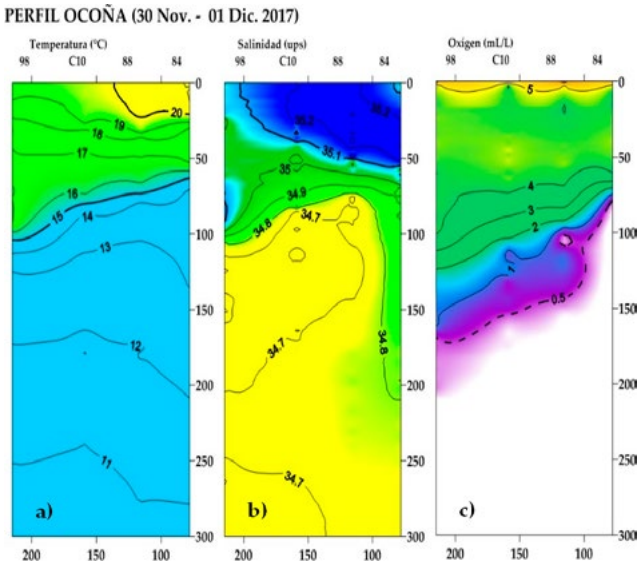


Figura 23.- Perfil Ocoña: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

### Perfil Punta Caballa

La distribución térmica presentó una capa homogénea sobre 100 m, con isotermas de 17 a 19 °C y una ligera estratificación entre 100 y 120 m, con isotermas de 14 a 16 °C (Fig. 25a).

En los primeros 100 m la salinidad estuvo asociada a ASS y agua de mezcla fuera de las 270 mn. Por debajo de 130 m las ATSA se ubicaron en toda la sección (Fig. 25b).

El oxígeno disuelto presentó una capa de mezcla con valores de 3 y 4 mL/L hasta 130 m de profundidad. El límite superior de la ZMO se localizó entre 140 y 180 m de profundidad (Fig. 25c).

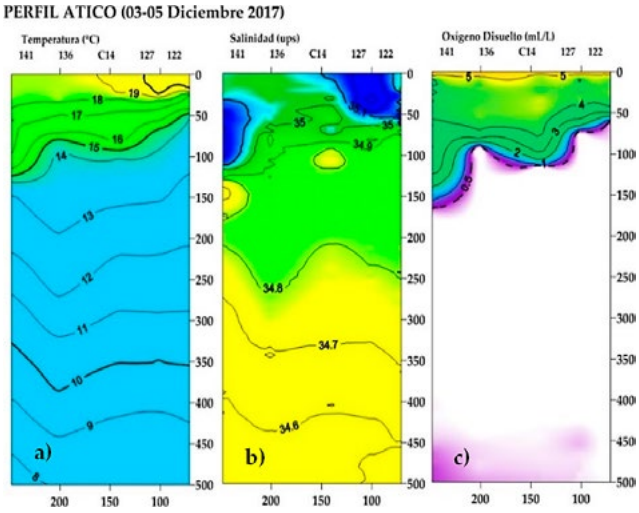


Figura 24.- Perfil Atico a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

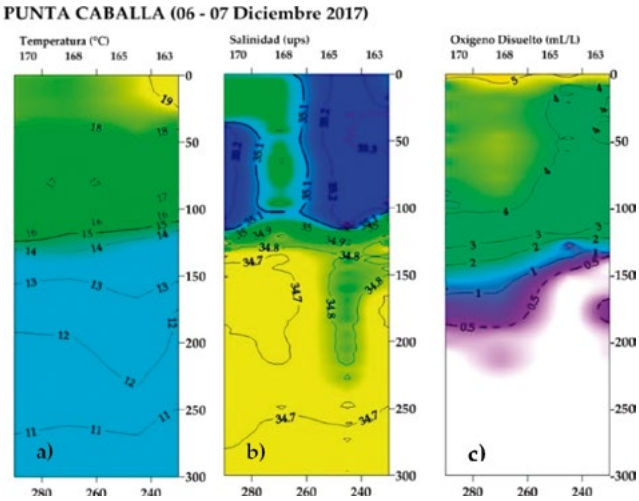


Figura 25.- Perfil Punta Caballa: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

### Perfil bahía Independencia

Presentó cierta similitud con el perfil Punta Caballa, con una capa homotérmica mayor a 16 °C, asociada a la presencia de ASS sobre 100 m. Entre 125 y 150 m se observó un núcleo de ATSA relacionado a temperaturas de 13 °C (Fig. 26a, b).

El oxígeno disuelto presentó valores cercanos a 5 mL/L sobre primeros 5 m de profundidad, con una capa homogénea de 3 y 4 mL/L sobre 100 m. El límite superior de la ZMO se ubicó a 140 m de profundidad (Fig. 26c).

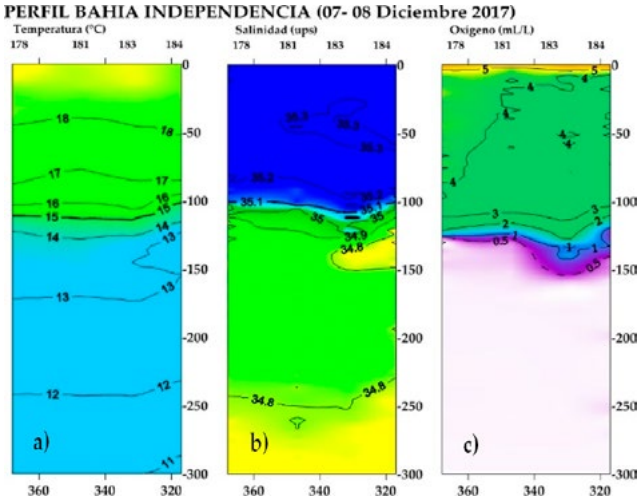


Figura 26.- Perfil Bahía Independencia: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12. BIC José Olaya Balandra y Humboldt

### Perfil Cerro Azul

Sobre los 100 m predominó una capa homotérmica de 18°C, formando debajo de esta capa un gradiente térmico con cinco isotermas (13 a 17 °C) entre 100 y 160 m (Fig. 27a).

La salinidad caracterizó la presencia de ASS con valores de hasta 35,3 ups sobre 100 m y ATSA debajo de 100 m (Fig. 27b).

El oxígeno disuelto presentó valores cercanos a 5 mL/L sobre los primeros 5 m de profundidad, con una capa homogénea con 3 y 4 mL/L sobre 140 m de profundidad. El límite superior de la ZMO se ubicó a 210 m de profundidad (Fig. 27c).

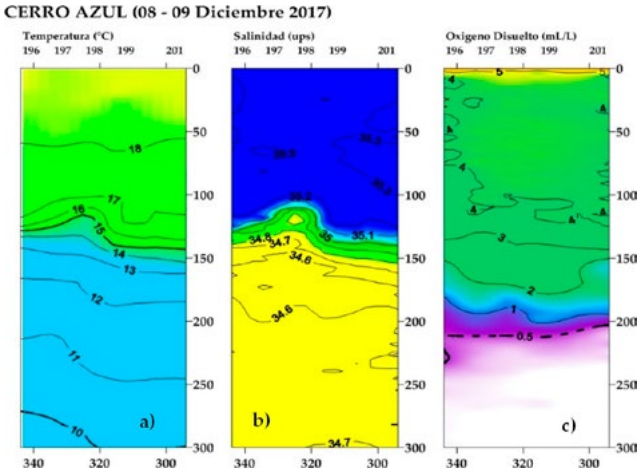


Figura 27.- Perfil Cerro Azul: a) Temperatura superficial del mar (°C), b) Salinidad superficial del mar (ups), c) Oxígeno disuelto (mL/L). Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

### Condiciones del plancton

***Engraulis ringens* "anchoveta".-** La presencia de huevos y larvas de esta especie en la zona norte fue observada dentro de las 50 mn frente a Punta La Negra y al norte de Pimentel; en el caso de las larvas se encontró frente a Malabrigo hasta una distancia máxima de 150 mn. En la zona sur, se observaron huevos dentro de las 30 mn frente a Ilo y las larvas dentro de las 100 mn frente a Atico.

Tanto en el norte como en el sur, la distribución se presentó asociada a ACF y agua de mezcla ACF/ASS (Fig. 28).

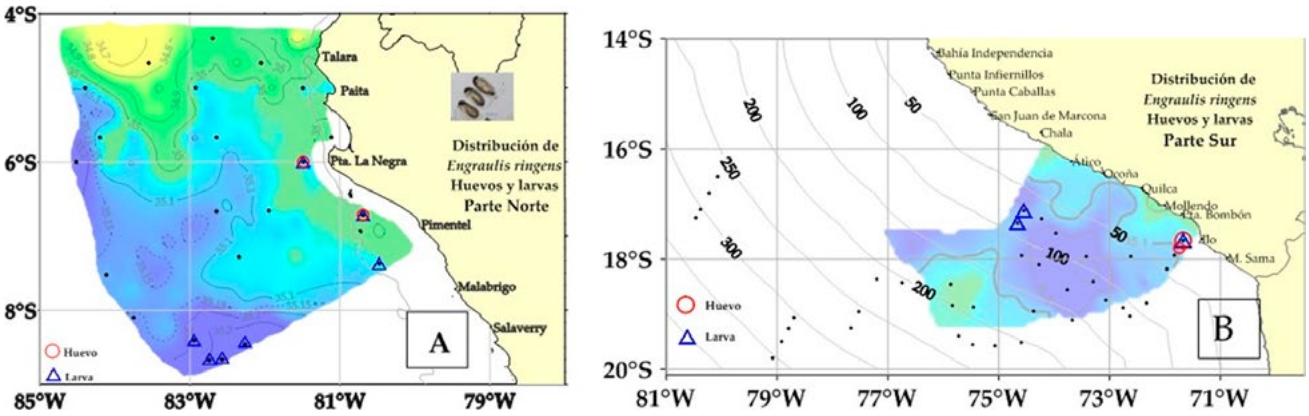


Figura 28.- Distribución de huevos y larvas de anchoveta, A) Zona norte, B) Zona sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

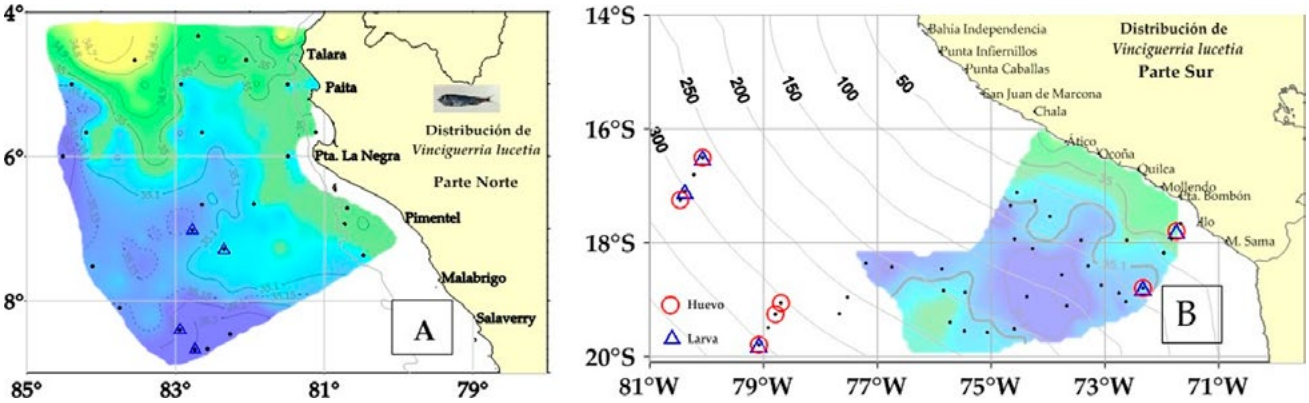


Figura 29.- Distribución de huevos y larvas de vinciguerria, A) Zona norte, B) Zona sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

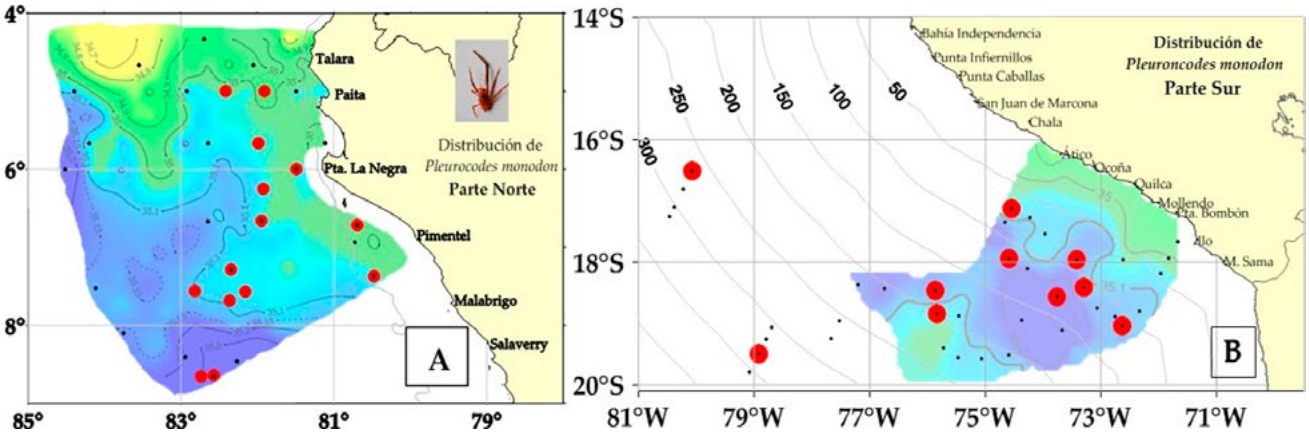


Figura 30.- Distribución de munida, A) zona norte, B) zona sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

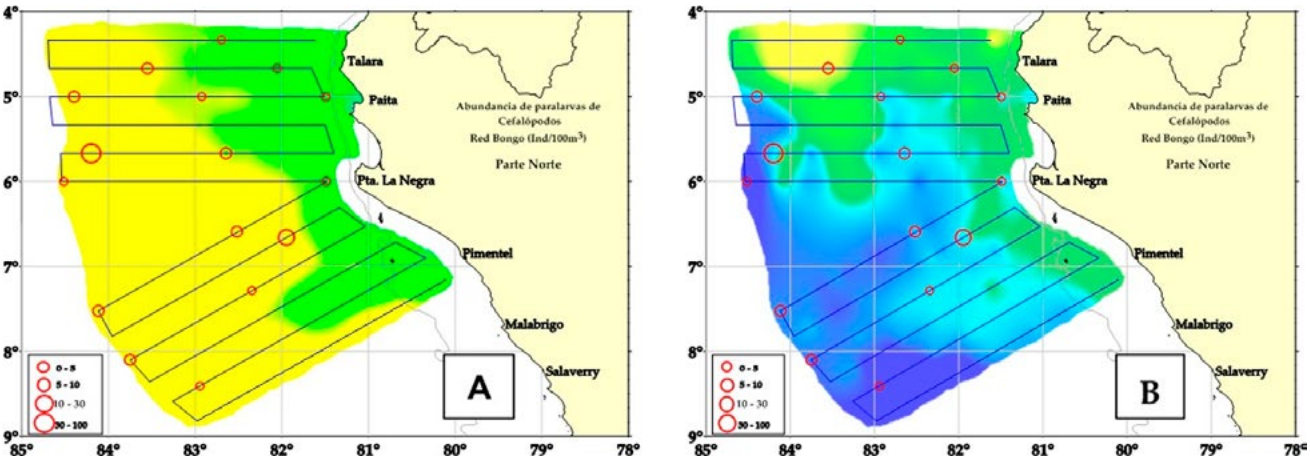


Figura 31.- Distribución de paralarvas de cefalópodos, A) Zona Norte respecto a TSM y B) respecto a SSM. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

***Vinciguerria lucetia* "vinciguerria" o "portador de luces".-** En el norte, las larvas de esta especie se presentaron fuera de las 100 mn frente a Punta La Negra y Pimentel. En el sur se determinaron tanto dentro de las 100 mn frente a Ilo como fuera de las 200 mn frente a Punta Caballas y bahía Independencia. En ambos casos se distribuyeron tanto en ASS como en agua de mezcla ASS/ACF (Fig. 29).

***Pleuroncodes monodon* "munida".-** En el norte, estuvo presente desde la costa hasta fuera de las 100 mn frente a Pimentel, a diferencia del sur donde se registró su presencia desde las 50 mn hasta fuera de las 200 mn (Fig. 30).

**Paralarvas de cefalópodos.-** Se identificaron ejemplares pertenecientes a los órdenes Octopoda

y Teuthoidea, así como las familias Cranchiinae y Ommastrephiidae. Dentro del orden Octopoda se determinó el género Argonauta sp. (ejemplares macho, presentan un brazo hectocotilizado). Las paralarvas estuvieron principalmente asociadas a aguas con TSM de 17 a 20 °C en el norte, y de 20 a 21 °C en el sur. En ambos casos se asoció la presencia de paralarvas con las ASS (Fig. 31).

En la zona norte del total de lances con red Bongo, en 72% se registraron paralarvas de cefalópodos. Las máximas concentraciones se observaron a 200 mn frente a Paita y a 60 mn al sur de Punta La Negra. Con la red Hensen también se determinó presencia de paralarvas de cefalópodos pero con menor frecuencia (18% del total de muestras). Las máximas concentraciones (86 paralarvas/100 m$^3$ y 23 paralarvas/100 m$^3$) estuvieron relacionadas a temperaturas mayores a 20 °C que correspondieron a ASS y agua de mezcla ACF+ASS.

En la zona sur se determinó que el orden Octopoda fue más abundante y representó el 84% de las paralarvas recolectadas con red Hensen (3 a 84 paralarvas/m$^2$) y 92% de las recolectadas con red Bongo (1 a 570 paralarvas/100 m$^3$). Las paralarvas menos abundantes fueron de calamar gigante con 8% en Hensen (3 a 6 paralarvas/m$^2$) y 2% en la red Bongo (1 a 17 paralarvas /100 m$^3$), Argonauta sp. 8% en la red Hensen (3 a 6 paralarvas/m$^2$) y 3% en red Bongo (1 a 17 paralarvas/100 m$^3$), el orden Teuthoidea y la familia Cranchiinae fue el 1% del total de las paralarvas (Fig. 32).

**Indicadores de masas de agua.-** Se determinó presencia *Eucalanus inermis* Giesbrecht, 1893 indicador de ACF y *Oncaea conifera* Giesbrecht, 1891 indicador de ASS. Fueron observadas también larvas de la familia Myctophidae en toda el área de estudio (especie asociada a ASS). En la zona sur se determinó copépodos indicadores de ACF *Eucalanus inermis*, así como de ASS *Calocalanus pavo* (Dana, 1852), *Acartia* (*Acartia*) *danae* Giesbrecht, 1889, *Calocalanus plumulosus* (Claus, 1863) y *Mecynocera clausi* Thompson I.C., 1888 (Fig. 33).

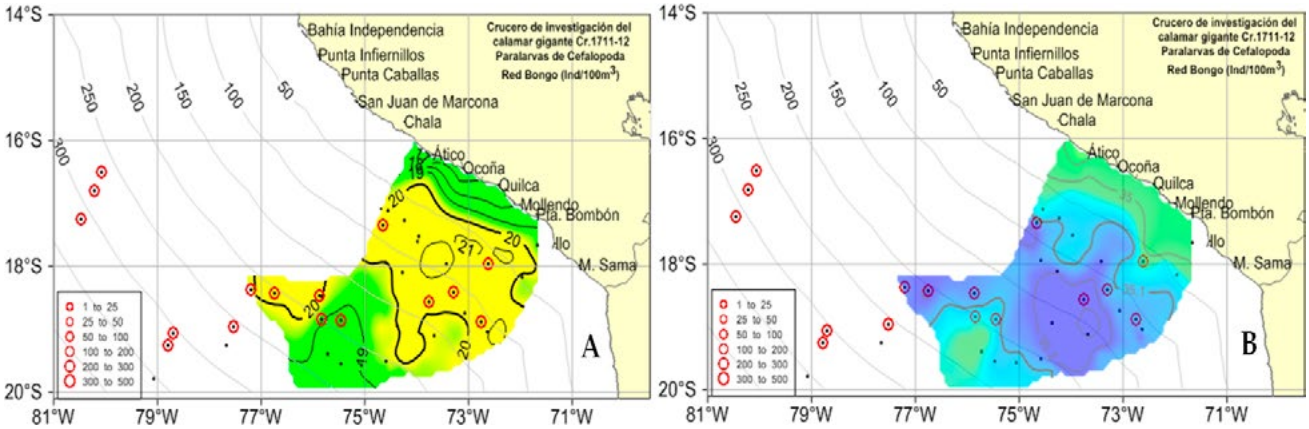


Figura 32.- Distribución de paralarvas de cefalópodos zona sur, A) respecto a TSM, B) respecto a SSM. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

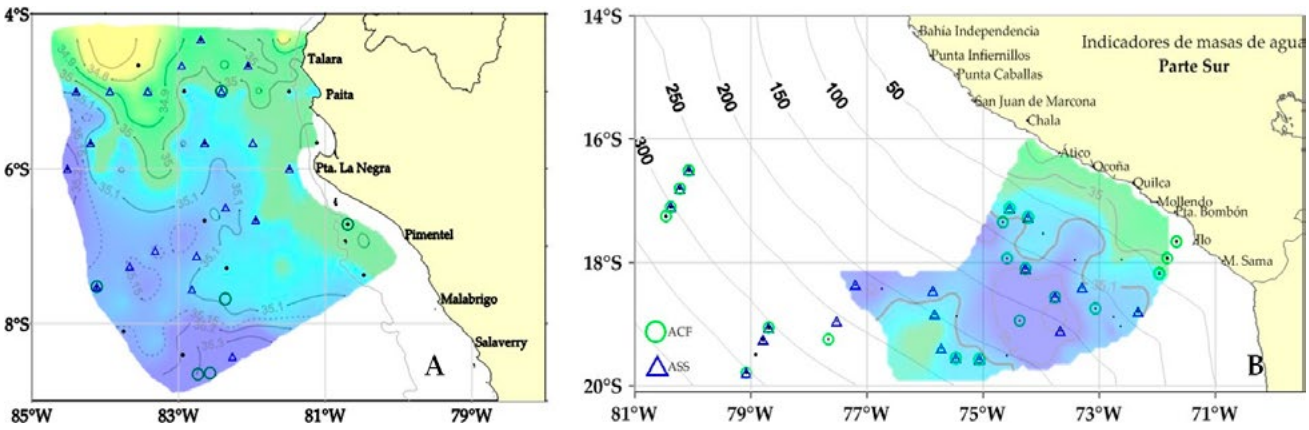


Figura 33.- Indicadores de masas de agua. A) Zona norte, B) zona sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

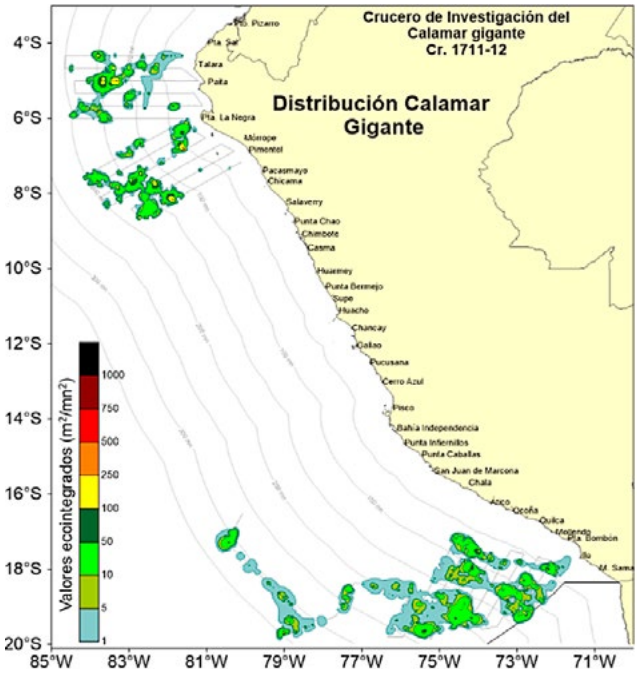


Figura 34.- Distribución del calamar gigante. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

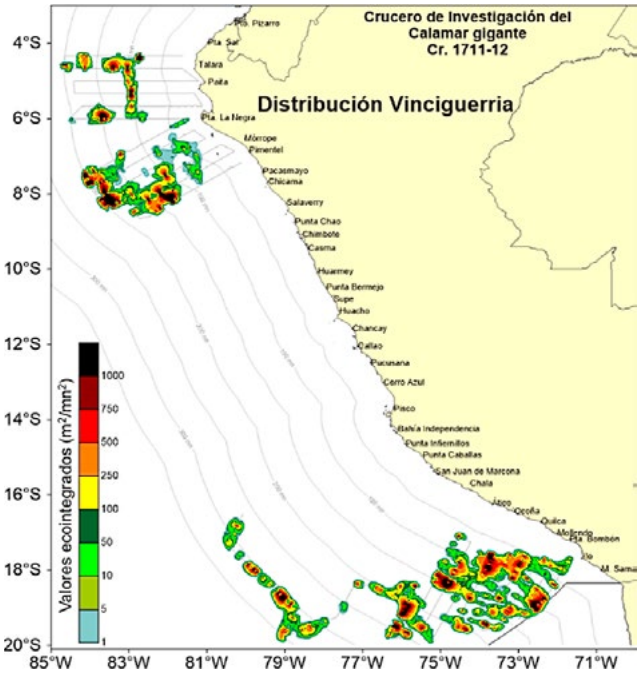


Figura 35.- Distribución de vinciguerria. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

## Acústica

### Distribución de los recursos

**Calamar gigante.-** Su distribución en el área evaluada presentó mayormente valores ecointegrados de tipo disperso (Fig. 34) detectándose en el norte desde 40 mn y en el sur desde 20 mn de la costa.

Al norte se observó principalmente fuera de las 40 mn, las mayores abundancias con valores de ecointegración densos (250 a 500 m$^2$/mn$^2$) se registraron frente a Paita (entre 120 y 150 mn) y Punta La Negra (entre 50 y 60 mn); en el resto del área evaluada las densidades variaron de dispersas a muy dispersas. Al sur de Punta La Negra hasta Pimentel fue registrado fuera de las 100 mn, presentando distribución dispersa y pequeños núcleos dispersos.

En el sur entre Ilo y Atico el calamar gigante fue observado desde 20 hasta 260 mn, registrándose abundancias principalmente con valores de eco integración de 10 a 50 m$^2$/mn$^2$ distribuidas de manera dispersa y muy dispersa. Frente a San Juan de Marcona - bahía Independencia, la zona prospectada fuera de 200 a 350 mn, se caracterizó por distribución dispersa y muy dispersa.

**Vinciguerria.-** En la zona norte, se distribuyó principalmente fuera de las 90 mn con núcleos muy densos entre 20 y 200 mn y entre 150 y 200 mn frente a Pta. La Negra y al sur de Pimentel, se detectó mayor acercamiento a la costa frente a Pta. La Negra (hasta 20 mn).

En la zona sur, las mayores concentraciones se localizaron a 100 mn frente a Ilo, a 140 y 210 mn frente a Atico y a 310 mn frente a San Juan de Marcona (Fig. 35).

Verticalmente el calamar gigante se ubicó entre 1,74 y 422 m con profundidad media de 80,32 m. La vinciguerria se presentó en un rango de 2,08 a 417,64 m con profundidad media de 141,90 m (Fig. 36).

**Anchoveta.-** En la zona norte presentó distribución latitudinal casi continua, asociada principalmente a ACF y estuvo restringida longitudinalmente dentro de las 20 mn entre Colán y Pta. La Negra formando núcleos muy densos.

Entre Playa Reventazón y San José, su distribución fue amplia registrando cardúmenes hasta 60 mn, con núcleos muy densos entre el norte de San José y Pimentel.

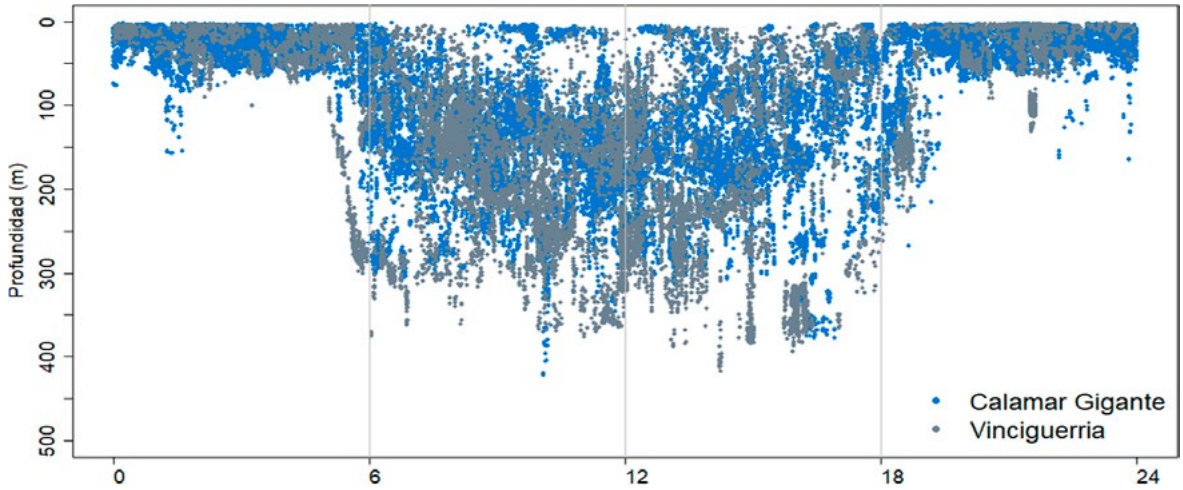


Figura 36.- Distribución vertical horaria del calamar gigante y vinciguerria. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

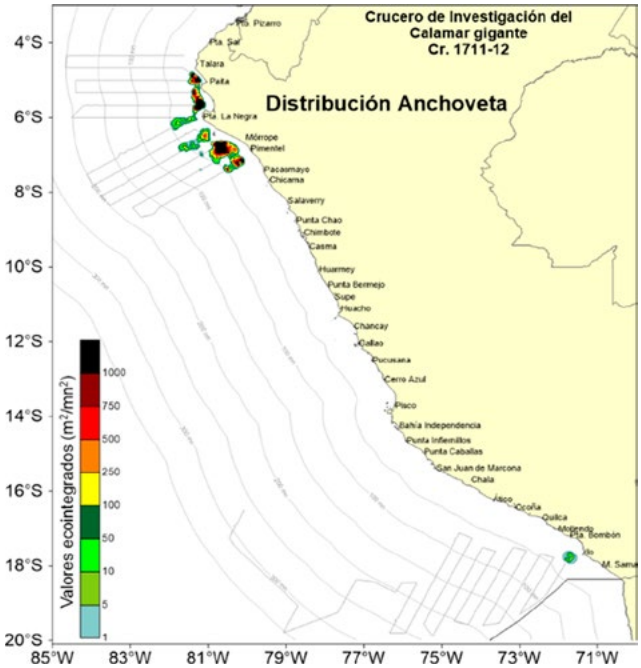


Figura 37.- Distribución de anchoveta. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

En la zona sur, se observó un núcleo débil a 20 mn frente a Ilo (Fig. 37).

Verticalmente la anchoveta se localizó en un rango de 1,24 a 73,51 m de profundidad, mayor amplitud vertical se observó entre 5 y 6°S (Fig. 38).

**Jurel** (***Trachurus murphyi***).- Se distribuyó entre Ocoña y bahía Independencia, en concentraciones de tipo disperso y muy disperso a 110 mn frente a Ocoña, a 200 mn frente a Chala y a 350 mn frente a San Juan de Marcona (Fig. 39). Verticalmente, el jurel se localizó en un rango de 1,80 y 68,87 m, con profundidad media de 14,69 m. Las mayores profundidades de los cardúmenes se encontraron frente a Arica (19°S) (Fig. 40).

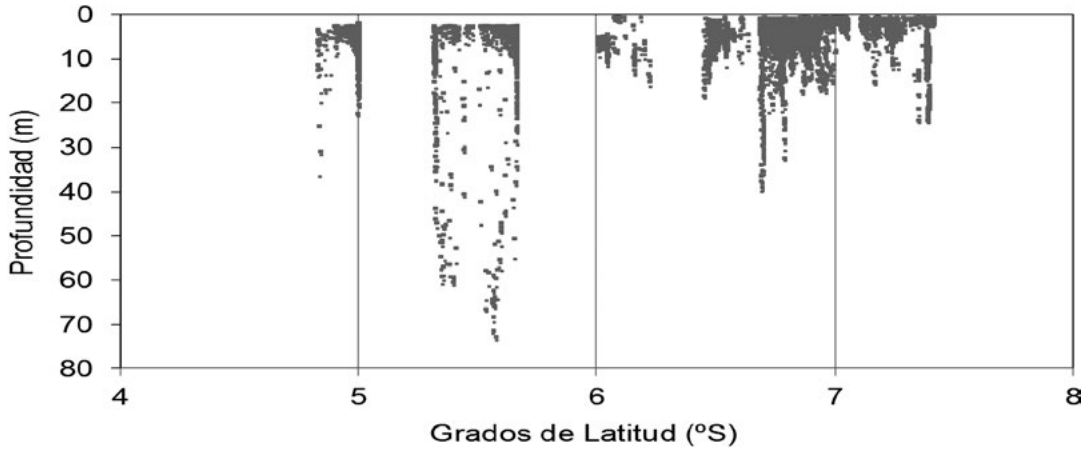


Figura 38.- Distribución latitudinal de anchoveta. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

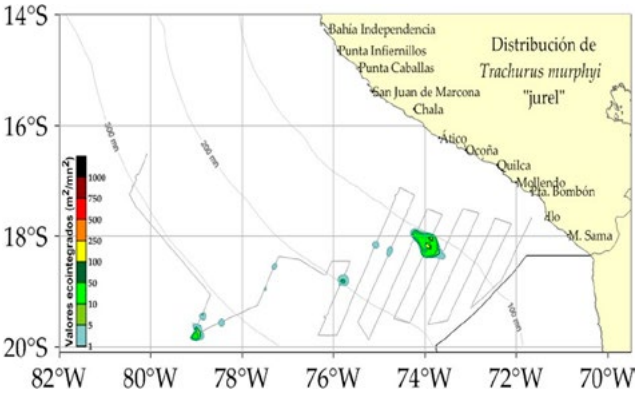


Figura 39.- Distribución de jurel. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

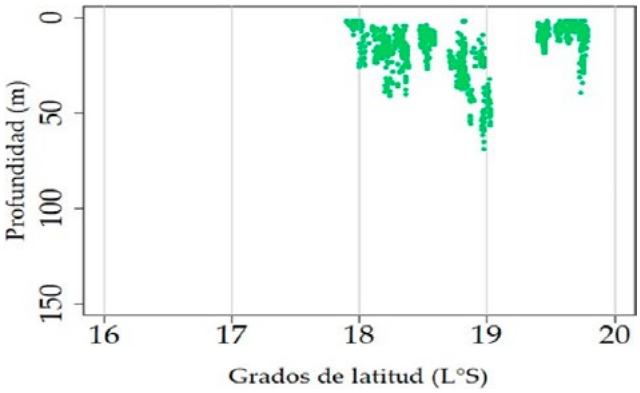


Figura 40.- Distribución vertical del jurel. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

## Índice de Energía acústica (NASC)

La abundancia acústica promedio expresada como valor NASC (Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica, m²/mn², MacLennan *et al.*, 2002) del calamar gigante indica que los mayores valores ecointegrados fueron registrados en 6°S y 8°S, con 865.295 y 681.148 m²/mn², respectivamente. La energía acústica promedio fue alta en 8°S y 4°S, tanto en los promedios calculados con ceros y sin ceros. Los valores mínimos de energía acústica sin considerar los ceros fueron más altos en la zona sur a comparación de la zona norte, lo que significa que en el norte hubo mayores agregaciones, mientras en la zona sur se encontraron más dispersos y con mayor área de extensión o presencia (Tabla 2).

## Captura por arte de pesca

Se capturó 1.394,4 kg, el 99,6% correspondió a la captura con líneas de mano con poteras (1.387,7 kg) y el 0,3% con red de arrastre pelágica (6,7 kg). El 99,5% correspondió a la captura de pota realizada con línea de mano con potera y el 0,1% con red de arrastre pelágica (Tabla 3).

## Línea de mano con potera

La captura de pota en el norte fue 619 ejemplares (351,7 kg) y en el sur 20 ejemplares (96,5 kg) en la ZEE y 71 ejemplares (939, 3 kg) en aguas adyacentes (Tabla 3). Si bien en el norte la captura en número fue mayor, en unidades de peso fue menor debido a la diferencia de tamaños de los ejemplares capturados, habiendo sido los del sur más grandes (Tabla 4).

## Captura por unidad de esfuerzo (CPUE)

La CPUE estimada en número presentó sus mayores valores en la zona norte, variando de 0,2 a 22,0 ejm/h/pescador, mientras que en el sur fue de 0,2 a 9,0 ejm/h/pescador. En términos de peso, fueron mayores en el sur con valores de 0,1 a 144,2 kg/h/pescador, y en el norte de 0,2 y 2,7 kg/h/pescador (Fig. 41).

Tabla 2.- Valores máximos y promedios de los valores ecointegrados (NASC, m²/mn²) por grado latitudinal. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

| BIC y ZONA | Grado de latitud (°S) | Máximo | Promedio con ceros | Promedio sin ceros | Mínimo |
|---|---|---|---|---|---|
| BIC Olaya, Zona Norte | 4 | 507,147 | 10,397 | 30,582 | 0,036 |
| | 5 | 531,583 | 7,210 | 21,669 | 0,003 |
| | 6 | 865,295 | 5,704 | 23,638 | 0,004 |
| | 7 | 389,796 | 6,964 | 37,257 | 0,005 |
| | 8 | 681,148 | 18,132 | 68,070 | 0,005 |
| BIC Humboldt, Zona Sur | 16 | 35,164 | 2,661 | 18,628 | 1,662 |
| | 17 | 179,326 | 8,293 | 15,459 | 0,776 |
| | 18 | 105,259 | 4,988 | 8,409 | 0,410 |
| | 19 | 446,388 | 8,039 | 13,787 | 0,574 |

Tabla 3.- Capturas (kg) por zonas, grados de latitud y método de pesca. Cr. 1711-12 BIC José Olaya Balandra y Humboldt

| Zona | Grado | Captura (kg) | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Líneas poteras | | | Red de arrastre | | | Total | | |
| | | Pota | Otras especies | Total | Pota | Otras especies | Total | Pota | Otras especies | Total |
| Total general | | 1.387,5 | 5,2 | 1.392,7 | 6,7 | 1.944,0 | 1.950,8 | 1.394,2 | 1.949,2 | 3.343,5 |
| % | | 99,6 | 0,4 | 100,0 | 0,3 | 99,7 | 100,0 | 41,7 | 58,3 | 100,0 |
| Norte | 4 | 126,1 | 0,0 | 126,1 | 0,0 | 25,8 | 25,8 | 126,1 | 25,8 | 152,0 |
| | 5 | 57,3 | 0,0 | 57,3 | 2,7 | 122,6 | 125,3 | 60,0 | 122,6 | 182,6 |
| | 6 | 70,5 | 0,0 | 70,5 | 2,0 | 319,6 | 321,6 | 72,5 | 319,6 | 392,1 |
| | 7 | 54,0 | 0,0 | 54,0 | 0,1 | 67,4 | 67,5 | 54,1 | 67,4 | 121,5 |
| | 8 | 43,8 | 0,0 | 43,8 | 0,0 | 5,0 | 5,0 | 43,8 | 5,0 | 48,8 |
| Total norte | | 351,7 | 0,0 | 351,7 | 4,8 | 540,4 | 545,2 | 356,5 | 540,4 | 897,0 |
| % | | 100 | 0,0 | 100 | 0,9 | 99,1 | 100 | 39,7 | 60,3 | 100 |
| Sur | 16 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,9 | 0,9 | 0,0 | 0,9 | 0,9 |
| | 17 | 29,2 | 1,6 | 30,8 | 0,0 | 388,4 | 388,4 | 29,2 | 389,9 | 419,2 |
| | 18 | 21,3 | 0,8 | 22,1 | 1,9 | 931,3 | 933,2 | 23,2 | 932,1 | 955,3 |
| | 19 | 985,2 | 2,8 | 988,1 | 0,0 | 83,0 | 83,1 | 985,3 | 85,9 | 1.071,2 |
| Total sur | | 1.035,8 | 5,2 | 1.041,0 | 1,9 | 1.403,6 | 1.405,5 | 1.037,7 | 1.408,8 | 2.446,5 |
| % | | 99,5 | 0,5 | 100 | 0,1 | 99,9 | 100 | 42,4 | 57,6 | 100 |

Tabla 4.- Capturas de calamar gigante según tamaño de potera en la zona norte y sur del mar peruano. Cr. 1711-12 BIC José Olaya Balandra y Humboldt

| Zona | Grado latitudinal | Total de Operaciones | Nro. de ejemplares capturados con: | | | Captura total de ejemplares |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Potera grande | Potera mediana | Potera pequeña | |
| Norte | 4°S | 13 | 19 | 20 | 148 | 619 |
| | 5°S | 14 | - | 07 | 080 | |
| | 6°S | 09 | - | 00 | 187 | |
| | 7°S | 14 | - | 09 | 113 | |
| | 8°S | 04 | - | - | 036 | |
| | Total | 54 | 19 | 36 | 564 | |
| Sur | 16°S | 01 | 00 | 00 | 00 | 91 |
| | 17°S | 17 | 04 | 05 | 08 | |
| | 18°S | 27 | 00 | 05 | 04 | |
| | 19°S | 22 | 56 | 08 | 01 | |
| | Total | 67 | 60 | 18 | 13 | |

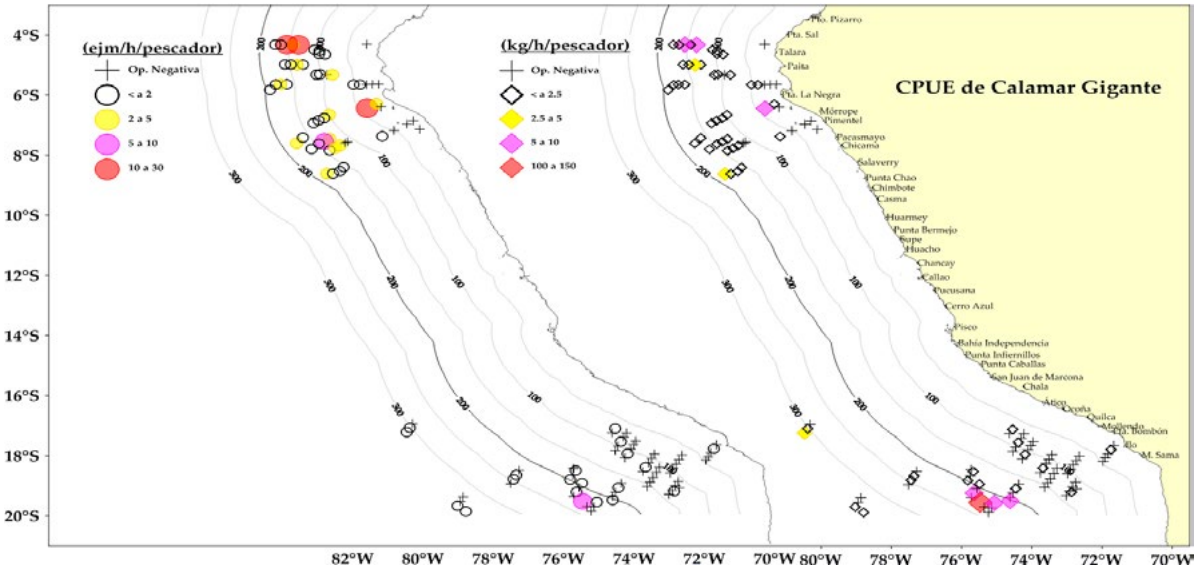


Figura 41.- CPUE de calamar gigante en número (ejm/h/pescador) y peso (kg/h/pescador) obtenidos de las capturas con líneas manuales con potera. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

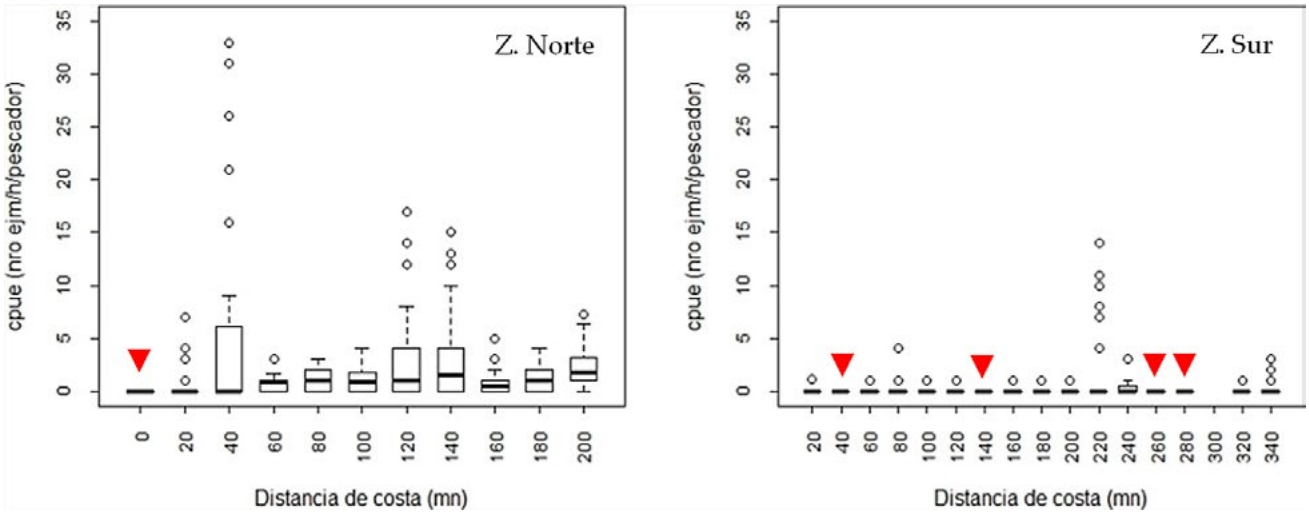


Figura 42.- CPUE de calamar gigante en número (ejm/h/pescador) según distancia a la costa, capturas con líneas manuales con potera. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt. Triángulos rojos indican operaciones negativas

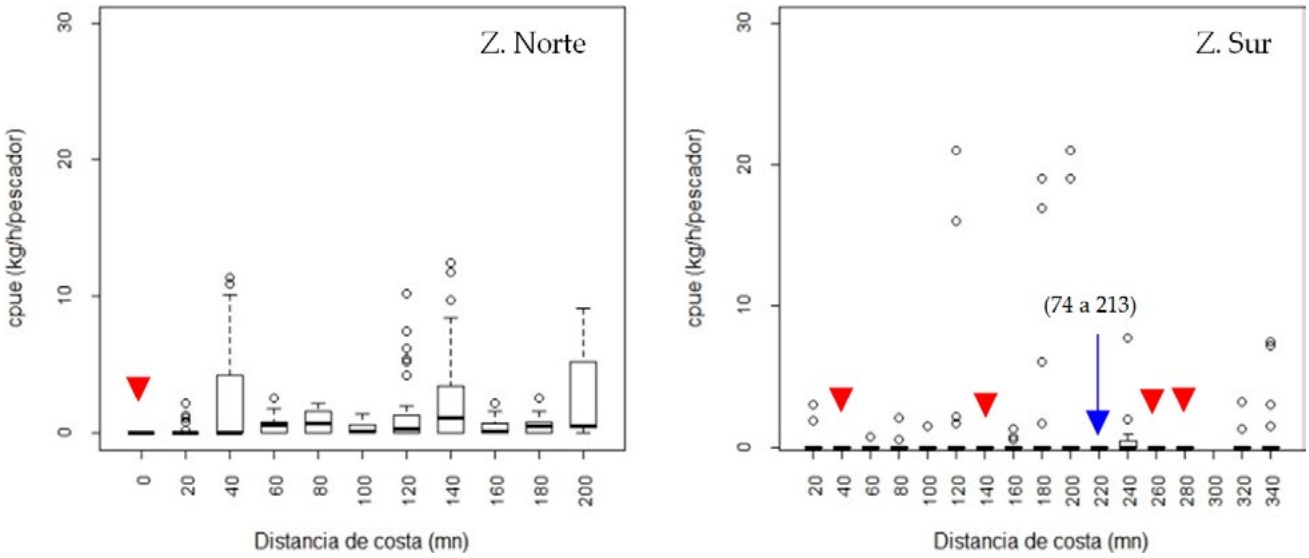


Figura 43.- CPUE de calamar gigante en peso (kg/h/pescador) según distancia a la costa de las capturas con líneas manuales con potera. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt. Los triángulos rojos indican operaciones negativas y la flecha azul muestra los rangos de mínimo y máximo de CPUE

Se debe destacar que en el sur se observó un pequeño núcleo de ejemplares grandes de pota, de 5 a 10 ejm/h/pescador y 100 a 150 kg/h/pescador a 224 mn, frente a Atico; sin embargo, en casi todas las operaciones realizadas se detectó la presencia de pequeños cardúmenes de calamares pequeños y medianos en la superficie.

## Variación de la CPUE según distancia a la costa

En el norte, las máximas concentraciones en número de ejemplares se observaron a 40, 120 y 140 mn de la costa, con valores de 1 a 33 ejm/h/pescador; mientras en el sur se presentaron valores menores a 2 ejm/h/pescador, excepto a 224 mn de Atico (Fig. 42).

En términos de CPUE en peso, los valores fueron menores a 20 kg/h/pescador en ambas zonas, a excepción del núcleo de máxima concentración (213 kg/h/pescador) observada a 224 mn frente a Atico, donde los ejemplares capturados presentaron tallas grandes (70,9 a 93,3 cm LM) (Fig. 43).

## Relación espacial CPUE - Masas de aguas

Las máximas concentraciones del calamar gigante (10 a 30 ejm/h/pescador) frente a Talara (entre 100 y 200 mn de la costa) estuvieron asociadas con las AES. Otro núcleo importante estuvo asociado con aguas de mezcla (ACF - ASS) frente a Mórrope a 50 mn de costa. En el sur, las máximas concentraciones del recurso (5 a

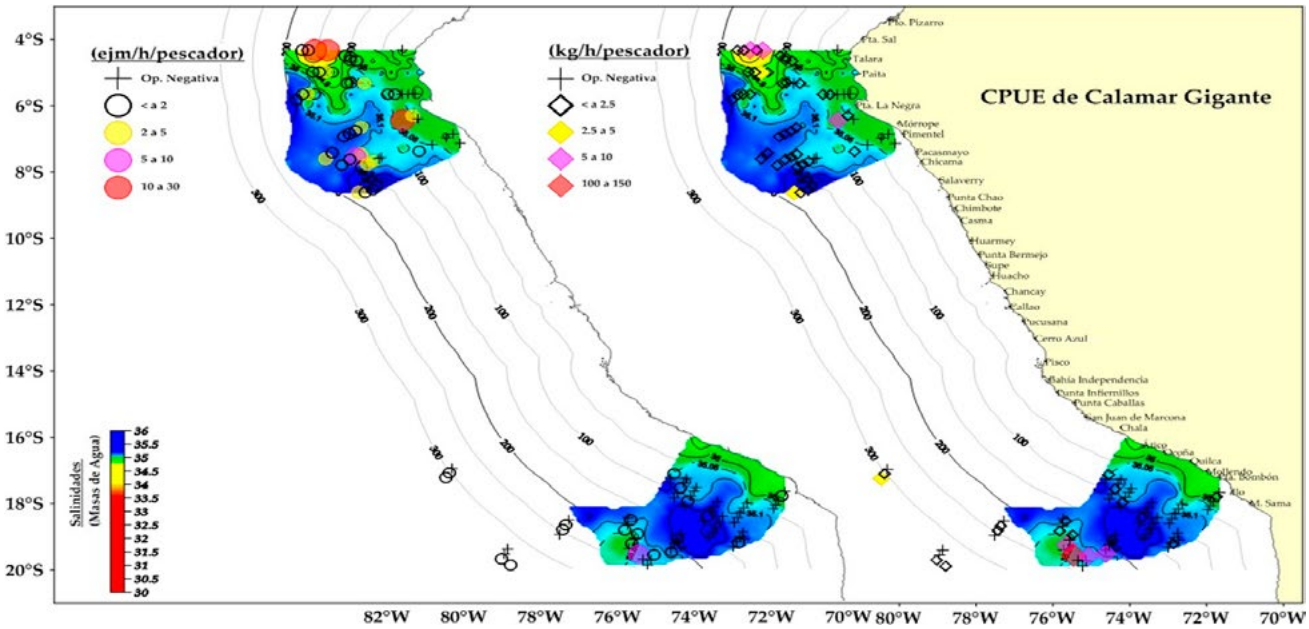


Figura 44.- Relación del CPUE de calamar gigante con las Masas de agua, en número (ejm/h/pescador) y peso (kg/h/pescador) obtenidos de las capturas con líneas manuales con poteras. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

10 ejm/h/pescador) fueron observadas en aguas de mezcla (ACF - ASS - ATSA) y a distancias próximas a las 200 mn frente a Ocoña (Fig. 44).

## Aspectos biológicos

**Distribución de tallas.-** En base al análisis de 856 ejemplares (762 en la zona norte y 94 en la zona sur) capturados con línea de mano con potera se determinó la estructura de tallas comprendida entre 18 y 93 cm de LM, con media en 30,2 cm y moda en 23 cm. En la zona norte las tallas estuvieron comprendidas entre 18 y 62 cm, con media en 26,7 cm y moda en 23 cm de LM; en la zona sur el rango fue de 22 a 93 cm, con media en 63,1 cm y moda principal en 77 cm de LM. Se observó diferencia en la estructura de tallas en la ZEE y en aguas adyacentes por mayor presencia de tallas grandes - gigantes en esta última área (Fig. 45a).

Se analizaron 551 ejemplares (219 en la zona norte y 332 en la zona sur) capturados con red de arrastre de media agua, cuyas tallas variaron de 1 a 38 cm, con media en 2,6 cm y moda en 2 cm de LM. En la zona norte se registraron ejemplares de 1 a 23 cm, con media en 2,9 y moda en 2 cm de LM, mientras en la zona sur las tallas fluctuaron entre 1 y 38 cm, con media en 3,7 cm y moda en 3 cm (Fig. 45b).

Al analizar las tallas por sexos, a partir de ejemplares capturados con línea de mano con potera, las hembras presentaron moda en 23 cm y los machos en 22 cm de LM en la zona norte; mientras que, en el sur las hembras presentaron modas en 71 cm (principal) y 37 cm (secundaria) y los machos en 76 cm de LM. En ambas zonas, la proporción de hembras fue mayor (Fig. 46).

Las tallas registradas en la zona norte fueron menores a las del sur (Fig. 47). Según distancia a la costa, no se observó tendencia clara en la distribución de tallas; sin embargo, en la zona sur se evidenció que a partir de las 250 mn los ejemplares fueron de menor tamaño (Fig. 48).

**Relación longitud peso del calamar gigante.-** La relación longitud de manto - peso total de los ejemplares capturados con línea de mano con potera, presentó alta correlación ($R^2_{Total}$ = 0,913; $R^2_{Hembras}$ = 0,907; $R^2_{Machos}$ = 0,931), mostrando crecimiento isométrico para ambos sexos (Fig. 49).

## Estado reproductivo del calamar gigante

Los resultados del aspecto reproductivo se basaron en el análisis de 855 ejemplares (601 hembras y 254 machos) capturados con línea de mano con potera. En la zona norte predominaron ejemplares en estadio inmaduro (78,6% en hembras y 63,7% en machos) y, en menor proporción se evidenciaron ejemplares en estadio maduro (16,1% en hembras y 23,8% en machos); mientras que, en el sur destacaron hembras en estadio en desove (52,4%) y maduras (30,2%) y machos en estadio maduro (93,5%) (Fig. 50).

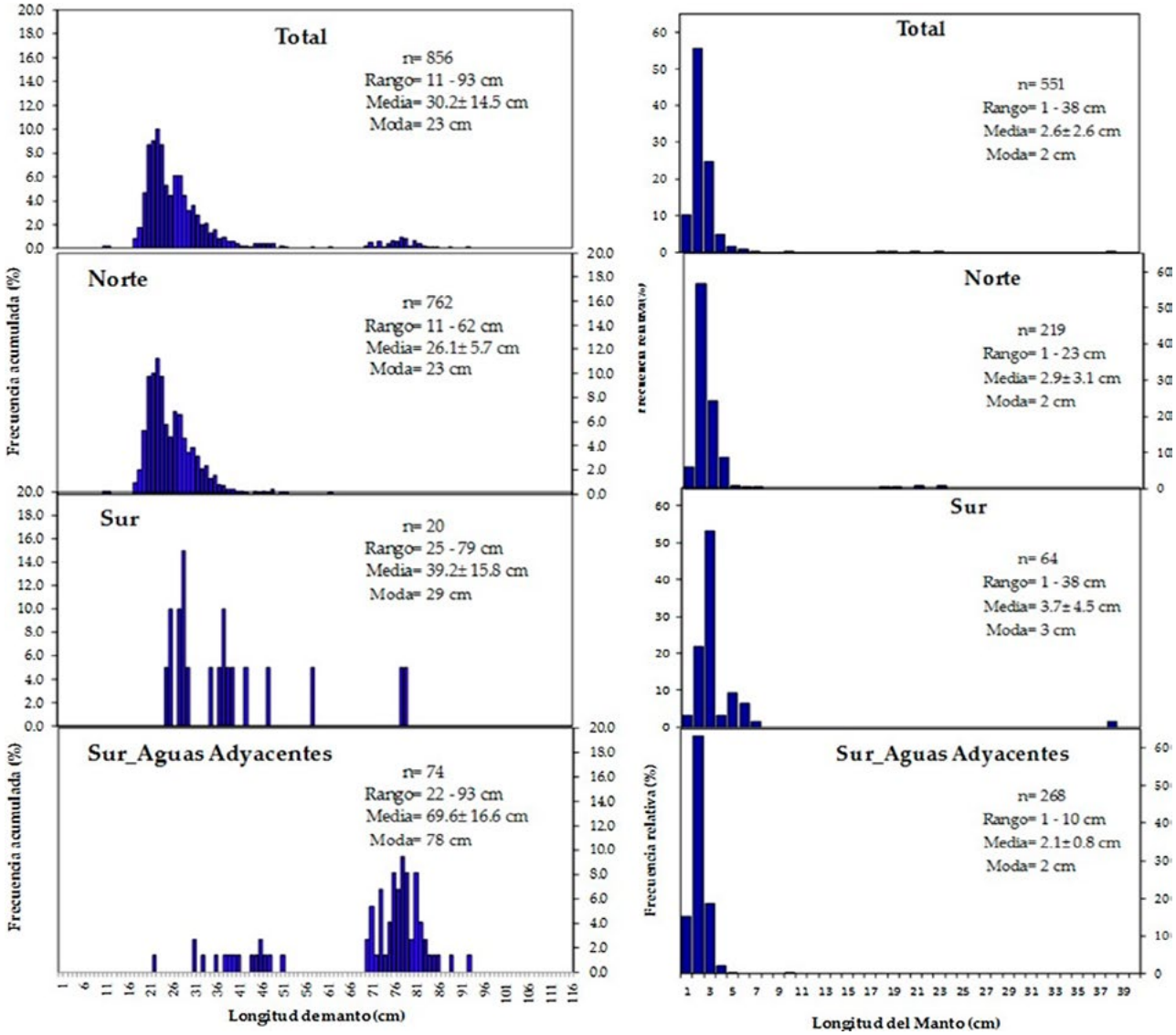


Figura 45.- Estructura de tallas de calamar gigante con línea de mano con potera (a) y con red de arrastre (b) en las zonas norte y sur. Cr. 1711-12 BIC José Olaya Balandra y Humboldt

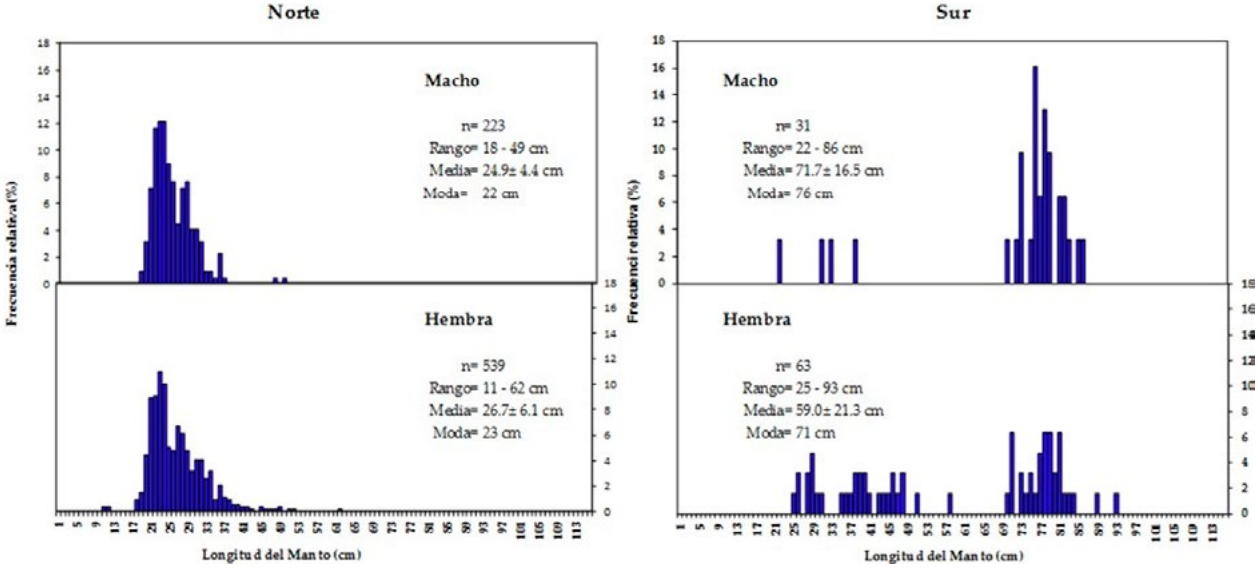


Figura 46.- Estructura de tallas de calamar gigante por sexo y zona, con línea de mano con potera, en las zonas norte y sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

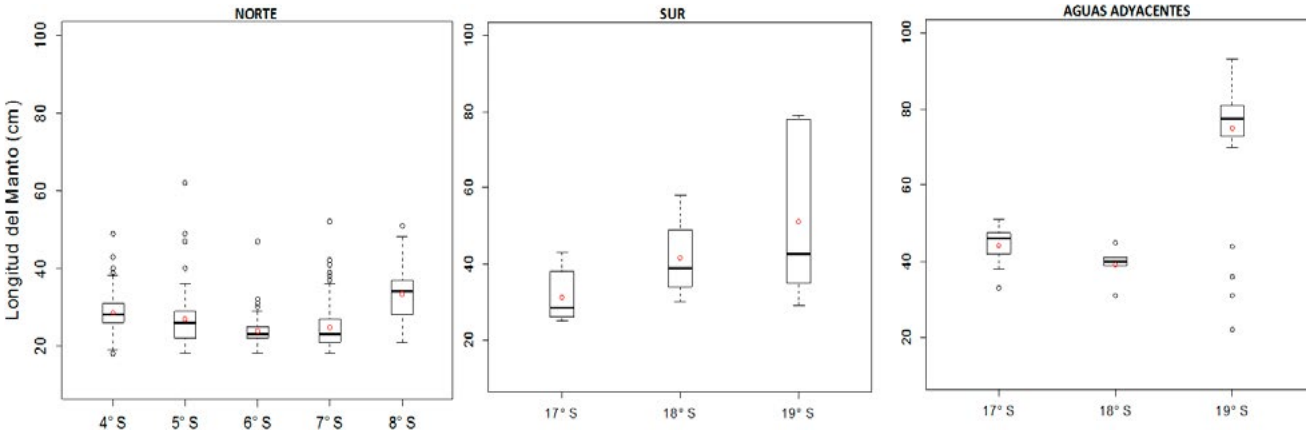


Figura 47.- Estructura de tallas de calamar gigante con línea de mano con potera, según latitud, en las zonas norte y sur aguas adyacentes. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt. Círculos rojos dentro de las barras representan las medias y los círculos extremos fuera de las barras representan los valores atípicos

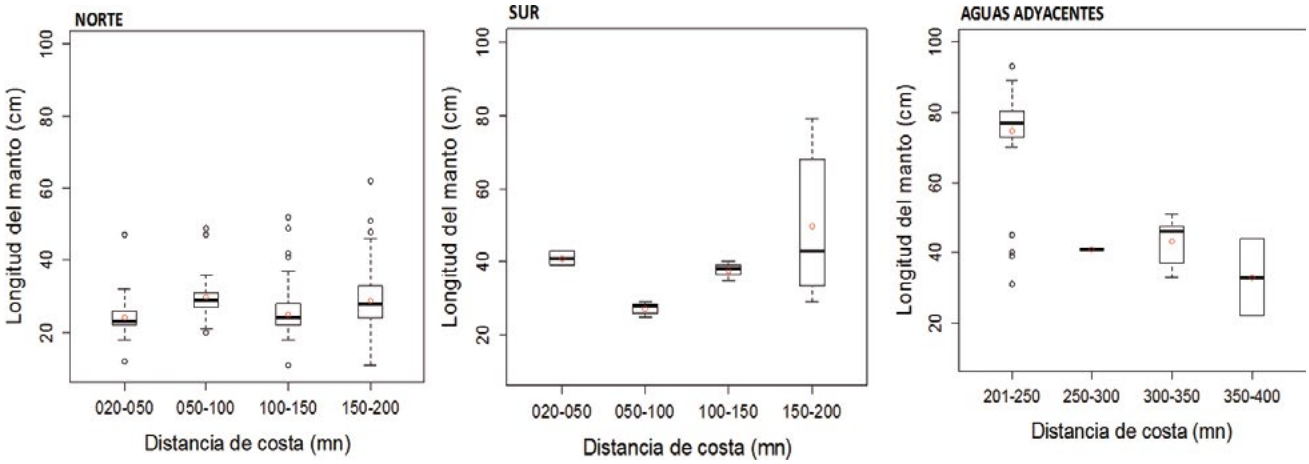


Figura 48.- Estructura de tallas de calamar gigante, por distancia de costa, en las zonas norte, sur y aguas adyacentes. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt. Círculos rojos dentro de las barras representan las medias y los círculos extremos fuera de las barras representan los valores atípicos

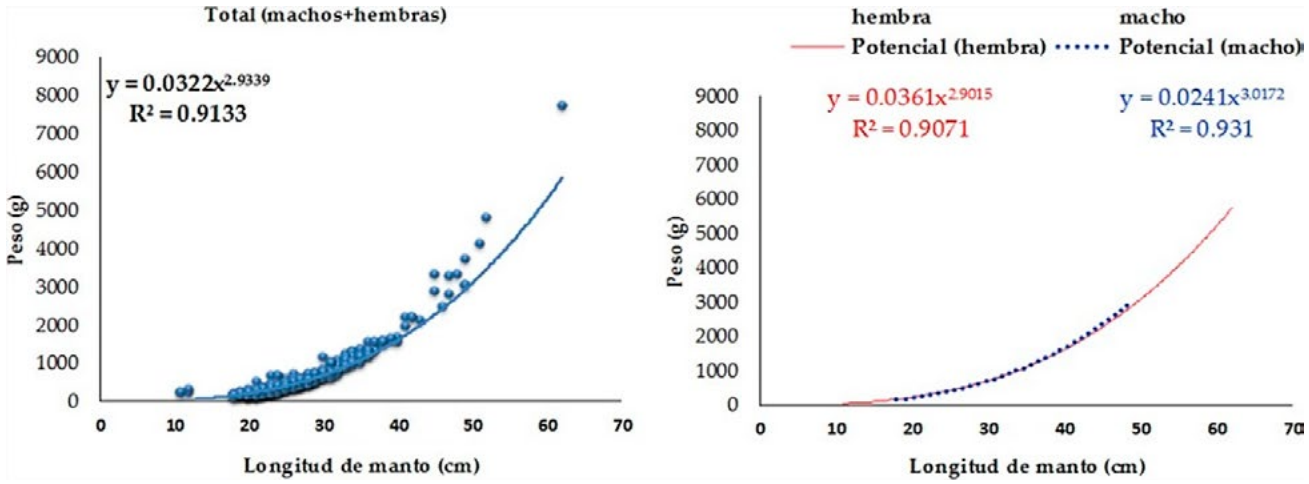


Figura 49.- Relación longitud de manto - peso total del calamar gigante. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

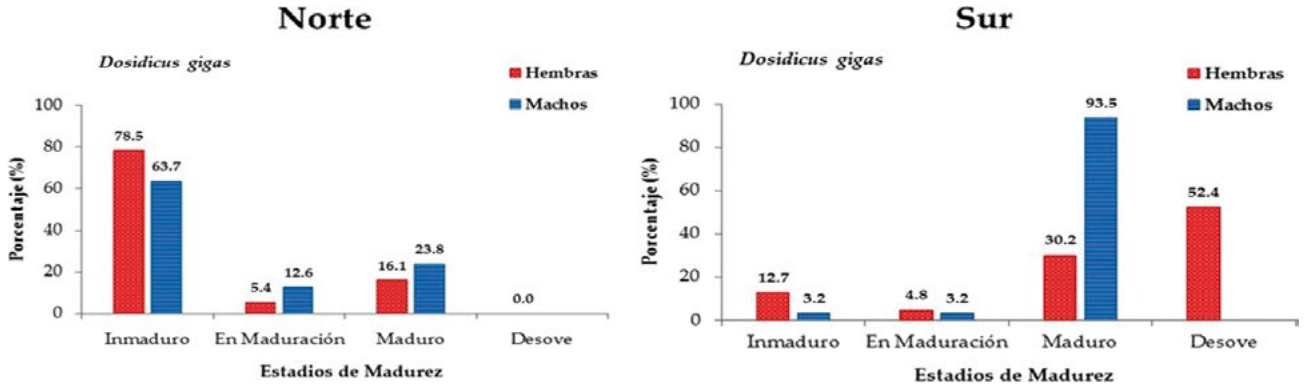


Figura 50.- Estadios de madurez del calamar gigante. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

Al analizar las tallas de hembras respecto a la madurez, en la zona norte se observó presencia de ejemplares de 18 a 28 cm de LM en estadio inmaduro, así como predominancia de ejemplares de 28 a 52 cm de LM en maduración y maduros. En la zona sur se diferencian dos grupos de tallas de madurez: el primero de ejemplares de 25 a 31 cm en estadio inmaduro y en maduración y a partir de 37 cm, ejemplares en maduración y desove, y el segundo, de ejemplares de 70 a 94 cm de LM en estadios maduro y en desove (Fig. 51).

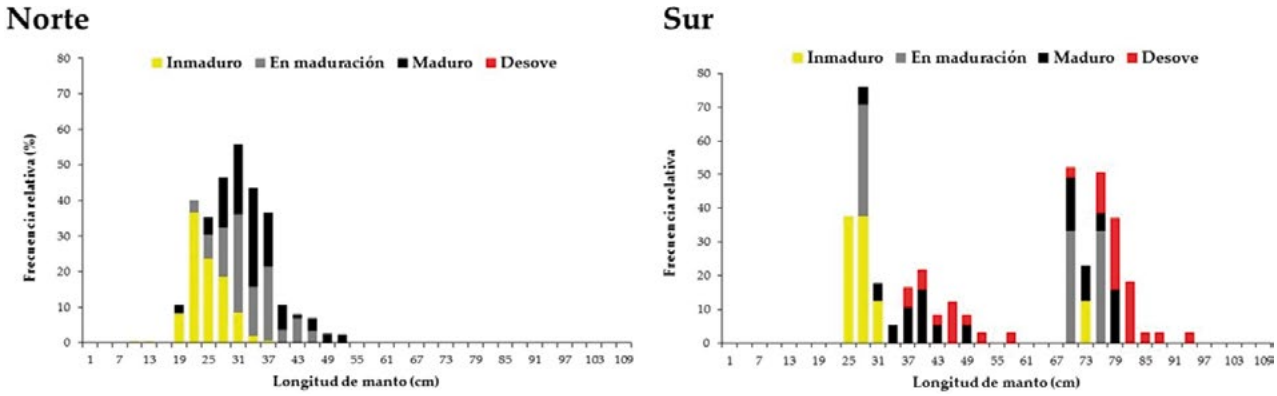


Figura 51.- Relación talla-madurez del calamar gigante. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

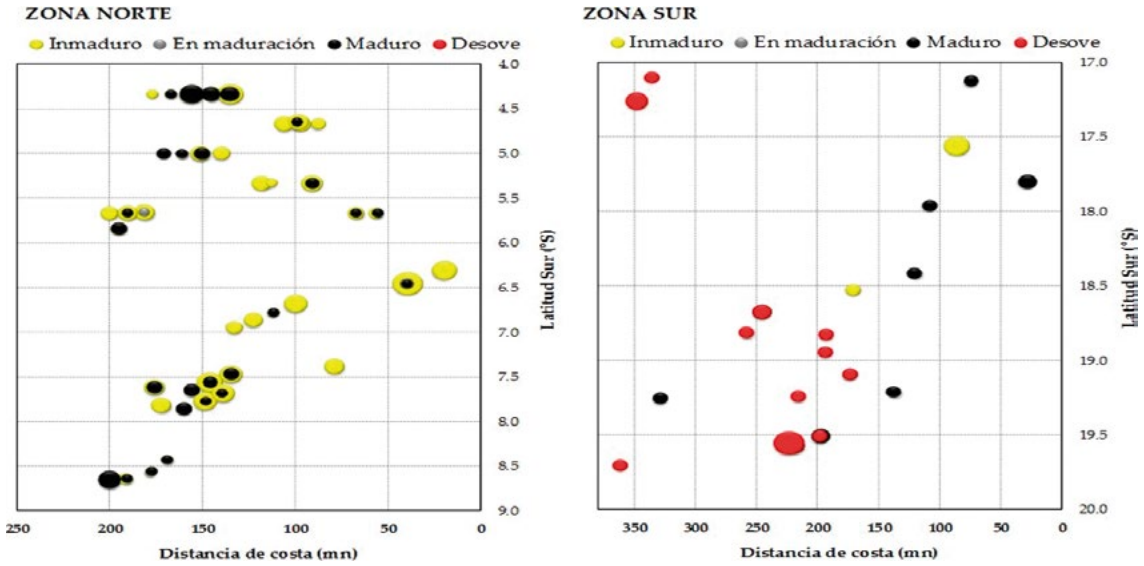


Figura 52.- Estadios de madurez gonadal de calamar gigante por latitud y distancia a la costa. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

**Distribución de estadios de madurez por latitud y distancia a la costa.-** Las hembras capturadas con línea de mano con potera mostraron predominio del estadio inmaduro en la zona norte, de 20 a 150 mn (4°-7°S) y el estadio maduro de 150 a 200 mn (4°-8°S), en el sur (17°-19°S) predominaron estadios maduros desde 20 hasta 140 mn, y en desove desde 175 hasta 360 mn (Fig. 52).

**Aspectos tróficos del calamar gigante**

La composición de la dieta de *D. gigas* en la zona norte estuvo determinada por 11 ítems presa, siendo más frecuente los Crustacea indeterminados (36,84%) (Cisneros, 2019) (Tabla 5). En términos de peso destacó el canibalismo (43,06%), cefalópodos indeterminados (20,38%) y entre otras presas: crustáceos indeterminados y peces como *Sphyraena* spp., *Leuroglossus* sp., *Diogenichthys laternatus* (Garman, 1899), cefalópodos como *Chiroteuthis* sp., *Planctoteuthis danae* (Joubin, 1931). En términos de frecuencia y abundancia destacó *Vinciguerria lucetia* (25%) y otros peces indeterminados (13,89%), entre otras presas (Fig. 53a).

En la zona sur se determinaron 12 ítems presa correspondiente a los grupos taxonómicos Cephalopoda, Crustacea y Teleostei (Cisneros, 2019). Las presas más importantes en términos de peso fueron el calamar *Chiroteuthis* sp. (19,52%), seguido de *V. lucetia* (15,94%) y otras presas como *Argonauta* sp., peces mictofidos *Lampanyctus* spp., *D. laternatus*. Mientras que, en términos de frecuencia y abundancia, fueron *V. lucetia* (50% y 28,57% respectivamente) y peces mictófidos como *Lampanyctus* spp. (30% y 16,33%), *D. laternatus* (20% y 14,29%), munida *Pleuroncodes monodon* (Milne Edwards) (20% y 12,24%), entre otros (Tabla 5, Fig. 53).

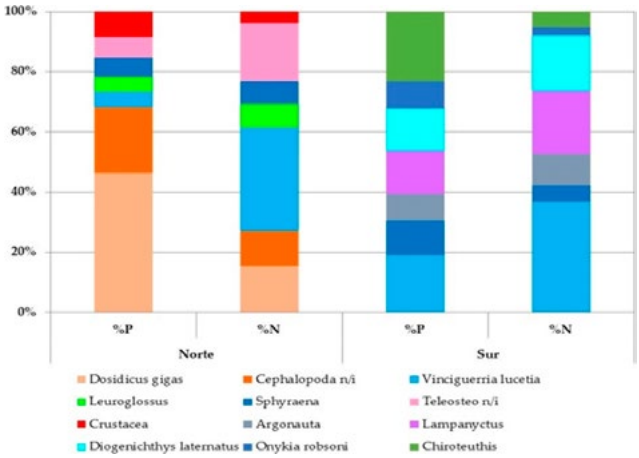


Figura 53.- Composición de la dieta del calamar gigante en términos de %P y %N, zona norte y zona sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt. Fuente: Cisneros, 2019

Tabla 5.- Espectro alimentario del calamar gigante capturado en las zonas norte y sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

| | | | | | Zona Norte | | | Zona Sur | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Phylum | Clase | Orden | Familia | Especie | %P | %FO | %N | %P | %FO | %N |
| Mollusca | Cephalopoda | Teuthidae | | Cephalopoda n/i | 20,38 | 15,79 | 8,33 | | | |
| | | | Ommastrephidae | *Dosidicus gigas* | 43,06 | 15,79 | 11,11 | | | |
| | | | Onychoteuthidae | *Onykia robsoni* | | | | 7,60 | 10,00 | 2,04 |
| | | | Gonatidae | *Gonatus* sp. | | | | 1,97 | 10,00 | 2,04 |
| | | | Chiroteuthidae | *Chiroteuthis* sp. | 2,22 | 5,26 | 2,78 | 19,52 | 10,00 | 4,08 |
| | | | | *Planctoteuthis danae* | 0,40 | 5,26 | 5,56 | | | |
| | | Octopoda | | Octopoda n/i | 2,22 | 5,26 | 2,78 | | | |
| | | | Argonautidae | *Argonauta* sp. | | | | 7,53 | 10,00 | 8,16 |
| Arthropoda | Crustacea | | | Crustacea n/i | 7,92 | 36,84 | 2,78 | | | |
| | | Decapoda | Munididae | *Pleuroncodes monodon* | | | | 1,95 | 20,00 | 12,24 |
| Chordata | Actinopterygii | | | Teleostei n/i | 6,35 | 26,32 | 13,89 | | | |
| | | Myctophiformes | Myctophidae | *Myctophum nitidilum* | | | | 1,76 | 10,00 | 2,04 |
| | | | | *Lampanyctus* spp. | | | | 12,01 | 30,00 | 16,33 |
| | | | | *Diogenichthys laternatus* | 2,18 | 5,26 | 16,67 | 11,78 | 20,00 | 14,29 |
| | | Osmeriformes | Bathylagidae | *Leucoglossus* sp. | 4,43 | 5,26 | 5,56 | | | |
| | | Stomiiformes | Phosichthyidae | *Vinciguerria lucetia* | 4,75 | 21,05 | 25,00 | 15,94 | 50,00 | 28,57 |
| | | Perciformes | | Indeterminado | | | | 9,66 | 10,00 | 4,08 |
| | | | Nomeidae | *Psenes sio* | | | | 0,62 | 10,00 | 2,04 |
| | | | Sphyraenidae | *Sphyraena* sp. | 6,10 | 10,53 | 5,56 | 9,66 | 10,00 | 4,08 |

Fuente: Cisneros, 2019

## Otras especies de invertebrados y peces

### *Doryteuthis gahi* (d'Orbigny, 1835), calamar patagónico

Esta especie solo fue registrada en la zona norte, en 17 de 28 lances cuyos puntos de captura se ubicaron entre 5 y 7,3°S, dentro de la plataforma continental.

La estructura de tallas de 30 ejemplares analizados estuvo comprendida entre 1 y 6 cm de LM, mostrando un grupo modal en 3 cm de LM (Fig. 54).

### *Abraliopsis affinis* (Pfeffer, 1912)

Esta especie fue reportada en la zona norte (475 ejemplares) y en la zona sur (56 ejemplares). El rango de tallas estuvo comprendido entre 10 y 47 mm de LM, con media en 33,0 mm y moda en 30 mm de LM. No se observaron diferencias en la estructura de tallas del norte y del sur (Fig. 55).

### *Argonauta* sp., argonauta común

Esta especie fue capturada sólo en la zona sur. Se analizaron 35 ejemplares y las tallas variaron de 10 a 56 mm de LM, con media en 28,5 mm y moda en 16 mm (Fig. 56).

### *Pterygioteuthis giardi* Fischer, 1896

Se recolectó 57 ejemplares (19 de la zona norte y 38 de la zona sur). La estructura de tallas varió de 3 a 29 mm de LM en la zona norte, y de 16 a 32 mm de LM en la zona sur.

### *Engraulis ringens*, anchoveta

Esta especie fue capturada solo en la zona norte, en 3 de 28 lances, ubicados entre las 15 y 23 mn de la costa frente al puerto de Bayovar (5°S) y Lobos de Afuera (6°42´S).

Las tallas de 687 ejemplares analizados variaron de 5,0 a 13,5 cm de longitud total (LT), con media en 8,6 y una moda principal de 8,5 cm (Fig. 57).

### *Trachurus murphyi*, jurel

Se analizaron 60 ejemplares que fueron capturados solo en la zona sur, en 7 de 21 lances, desde las 117 a 334 mn frente a Ocoña y

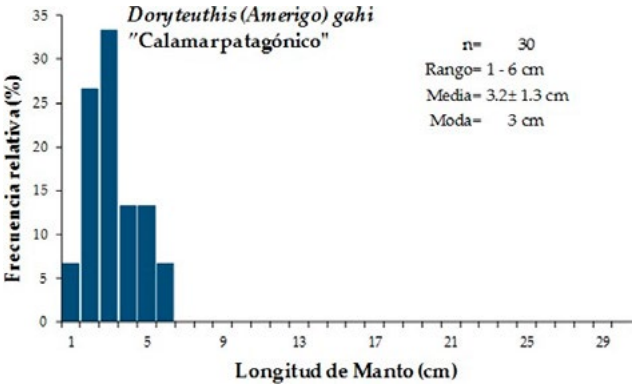


Figura. 54.- Estructura por tamaños de *Doryteuthis gahi*, en la zona Norte. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

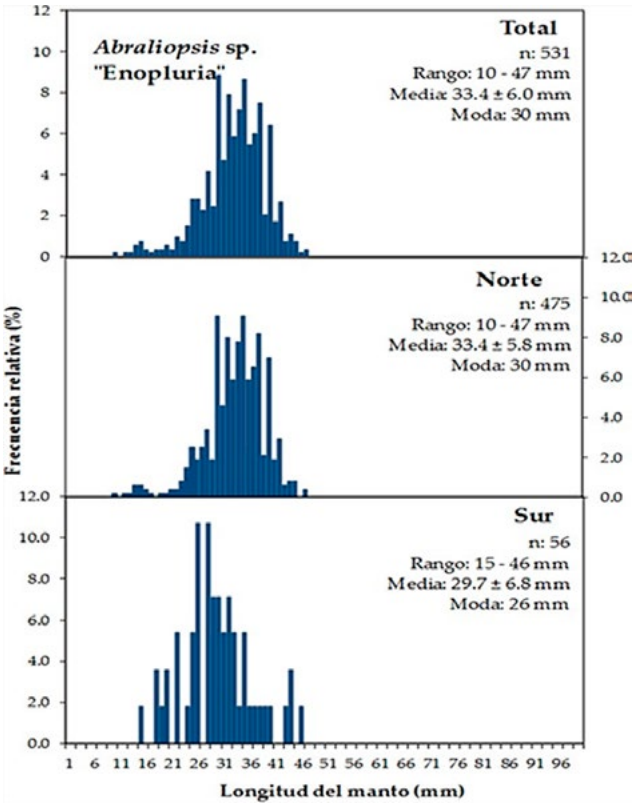


Figura 55.- Estructura por tamaños de *Abraliopsis affinis*. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

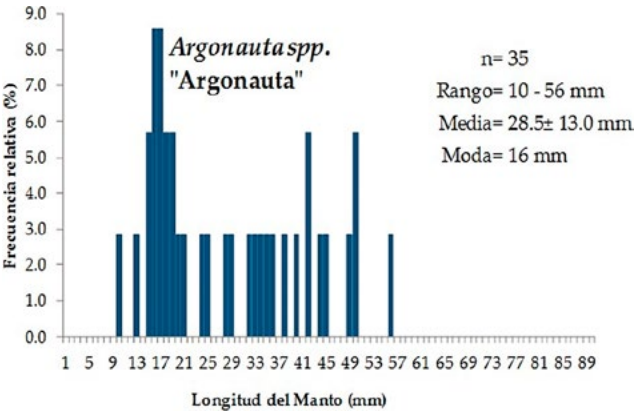


Figura. 56.- Estructura por tamaños de *Argonauta* sp. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

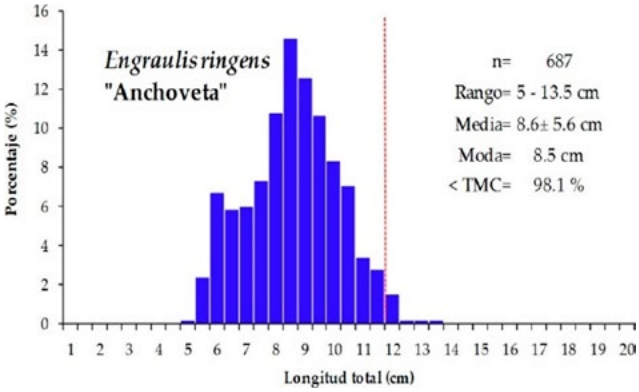


Figura 57.- Estructura de tallas de anchoveta zona norte. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

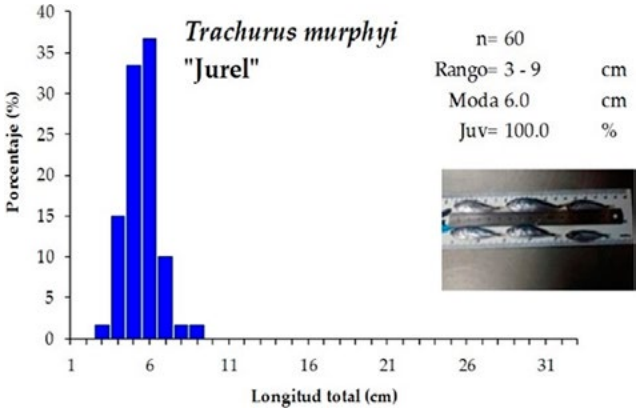


Figura 58.- Estructura de tallas de jurel zona sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

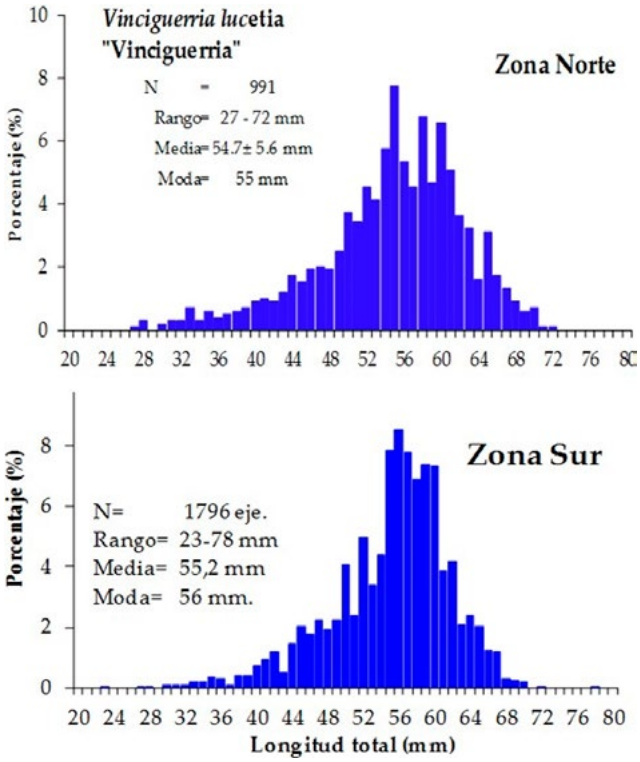


Figura 59.- Estructura de tallas de vinciguerria, zona norte y sur. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

bahía Independencia. Las tallas variaron de 3 a 9 cm, con moda en 6 cm de longitud total (LT) (Fig. 58).

### *Vinciguerria lucetia*, vinciguerria

En la zona norte, esta especie se registró en 11 lances distribuidos de 79 a 195 mn entre Cabo Blanco (4°15´S) y Pimentel (8°25´S). Su mayor captura se registró a 187 mn frente a Reventazón. Las tallas variaron de 27 a 72 mm de LT, con moda principal en 55 mm.

En la zona sur se registró en 14 lances de comprobación y el rango de tallas fluctuó entre 23 y 78 mm de LT, con moda principal en 56 mm de LT (Fig. 59).

También se registró presencia de *Scomber japonicus* "caballa" (14 ejemplares) en tres lances con red de arrastre pelágica en la zona norte, cuyas tallas fluctuaron entre 7 y 14 cm, con moda de 13 cm de longitud a la horquilla (LH). Otras especies como: *Leuroglossus stilbius* Gilbert, 1890 "esperlan plateado", myctofidos, *Scomberesox saurus* (Walbaum, 1792) "agujilla", entre otros, fueron observadas en mínimas cantidades. En la zona sur destacó la presencia del Cnidario *Chrysaora plocamia* (Lesson, 1830) "malagua", distribuido de 62 a 170 mn entre Mollendo y Ocoña, cuyas tallas variaron de 9 a 58 cm de diámetro.

## Biodiversidad

### Composición por especies de las capturas (kg)

Se identificaron 93 especies, de las cuales se encontraron en mayor abundancia peces (43) y moluscos (28). Entre los principales taxa de invertebrados de mayor captura se encontró el cnidario *Chrysaora plocamia* (1.133, 75 kg) en la zona sur, y en la zona norte el artrópodo *Pleuroncodes monodon* "múnida" (81,13 kg) y los tunicados de la familia Salpidae (65,63 kg). En cuanto a las especies de peces destacaron anchoveta (324,56 kg) en la zona norte, seguida por *Vinciguerria* (309,99 kg) en la zona sur (91%). Los miembros de la familia Myctophidae "peces linterna" representaron 3,85 kg de la captura total (Tabla 6).

Tabla 6.- Composición de las capturas (kg) mediante arrastre pelágico a media agua. Cr. 1711-12, BIC José Olaya Balandra y Humboldt

| Taxa | Captura (kg)/Sectores | | |
|---|---|---|---|
| | Norte | Sur | Total |
| **CHORDATA** | **373,55** | **285,90** | **659,45** |
| **VERTEBRATA** | **373,55** | **285,90** | **659,45** |
| Bathylagidaer (3) | 3,25 | 0,80 | 4,05 |
| Bramidae (1) | | 0,06 | 0,06 |
| Carangidae (2) | 0,00 | 0,010 | 0,10 |
| Engraulidae (1) | 324,57 | | 324,57 |
| Merluciidae (1) | 0,97 | | 0,97 |
| Myctophidae (9) | 2,26 | 1,58 | 3,85 |
| Nemichthidae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Nomeidae (4) | 0,50 | 0,51 | 1,01 |
| Notosudidae (1) | 0,08 | 0,19 | 0,27 |
| Ophichthidae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Paralepididae (2) | | 0,003 | 0,003 |
| Phosichthydae (1) | 27,43 | 282,57 | 309,99 |
| Rajidae (1) | 13,80 | | 13,80 |
| Scomberesocidae (1) | 0,20 | | 0,20 |
| Scombridae (2) | 0,35 | 0,0002 | 0,35 |
| Scorpaenidae (2) | 0,02 | | 0,02 |
| Sternoptychidae (2) | 0,00 | 0,02 | 0,02 |
| Stomiidae (1) | | 0,06 | 0,06 |
| Trachipteridae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Trichiuridae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Triglidae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Uranoscopidae (1) | 0,00 | | 0,00 |
| Otros (3) | 0,09 | 0,004 | 0,09 |
| **TUNICATA** | **63,05** | **4,53** | **67,58** |
| Pyrosomatidae (1) | 0,04 | 1,91 | 1,95 |
| Salpidae (1) | 63,00 | 2,63 | 65,63 |

| Taxa | Captura (kg)/Sectores | | |
|---|---|---|---|
| | Norte | Sur | Total |
| **CHORDATA** | **171,67** | **1.149,99** | **1.321,66** |
| **MOLLUSCA** | **8,49** | **3,31** | **11,80** |
| Amphitretidae (1) | | 0,01 | 0,01 |
| Ancistrocheiridae (1) | 0,005 | | 0,005 |
| Argonautidae (1) | 0,11 | 0,28 | 0,40 |
| Bolitaenidae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Cavoliniidae (1) | | 0,10 | 0,10 |
| Cranchiidae (6) | 0,01 | 0,38 | 0,39 |
| Enoploteuthidae (3) | 3,59 | 0,12 | 3,71 |
| Gonatidae (1) | | 0,06 | 0,06 |
| Histioteuthidae (1) | | 0,01 | 0,01 |
| Loliginidae (1) | 0,09 | | 0,09 |
| Octopodidae (1) | | 0,14 | 0,14 |
| Octopoteuthidae (1) | 2,46 | 0,001 | 2,46 |
| Ommastrephidae (1) | 2,13 | 1,97 | 4,09 |
| Onychoteuthidae (2) | 0,04 | 0,02 | 0,06 |
| Promachoteuthidae (1) | 0,01 | | 0,01 |
| Perotracheidae (1) | 0,01 | 0,178 | 0,18 |
| Pyroteuthidae (2) | 0,018 | 0,046 | 0,06 |
| Otros (3) | 0,01 | 0,01 | 0,025 |
| **ARTHROPODA** | **83,16** | **6,93** | **90,09** |
| Doripiidae (1) | 0,005 | | 0,005 |
| Euphausiidae (1) | 8,80 | 0,13 | 8,93 |
| Decapoda *(1) | 0,005 | | 0,005 |
| Gammaridae (1) | | 0,0004 | 0,0004 |
| Hyperiidae (1) | 0,03 | | 0,03 |
| Mimonectidae (1) | | 0,0004 | 0,0004 |
| Munididae (1) | 74,33 | 6,80 | 81,13 |
| Phronimidae (2) | | 0,002 | 0,002 |
| Squillidae (1) | 0,001 | 0,001 | 0,002 |
| **CNIDARIA** | **16,83** | **1.135.10** | **1.151,93** |
| Aequoreidae (1) | 0,50 | 0,07 | 0,57 |
| Atollidae (1) | 3,60 | 0,19 | 3,78 |
| Geryniidae (1) | | 0,14 | 0,14 |
| Pelagiidae (2) | 0,02 | 1.133,75 | 1.133,77 |
| Syphonophorae (1) | 12,65 | 0,07 | 12,72 |
| Ulmaridae (1) | | 0,20 | 0,20 |
| OTROS (2) | 0,07 | 0,68 | 0,75 |
| **CTENOPHORA** | **0,15** | **0,11** | **0,26** |
| Pleurobrachiidae (1) | | 0,11 | 0,11 |
| **TOTAL GENERAL** | **545,23** | **1.435,89** | **1.981,11** |

*zoea

## 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

El enfriamiento observado en el presente crucero se debió a la evolución del evento "La Niña Costera" que se fue originando frente a la costa peruana a partir de noviembre 2017, después de haber permanecido en condiciones neutras desde junio 2017 (ENFEN, 2017).

Este crucero abarcó de 40 a 100 mn de Punta Sal a Morro Sama, con temperaturas superficiales dominantes de 15 a 18 °C, al sur de Talara, configurando condiciones frías con anomalías negativas de hasta 3 °C; la masa de agua predominante fue ACF que se ubicó a lo largo de la costa y con mayor amplitud al norte de Pimentel, las ASS se aproximaron hasta 40 mn de Pimentel a Chimbote.

Las condiciones oceanográficas encontradas en superficie fueron similares a lo registrado en el Cr. pelágico 1709-11, predominando condiciones frías en zonas cercanas a la costa y presencia de ACF hasta 40 mn de distancia, mientras que fuera de las 100 mn de la costa, se registró a las ASS generando zonas de mezcla a distancias intermedias.

A nivel subsuperficial la isoterma de 15 °C mostró que las condiciones en la zona norte estuvieron asociadas a un gradiente de isóbatas paralelas a la costa reflejando un proceso de afloramiento, mientras que en la zona sur el gradiente habría estado asociado al efecto que generan las aguas atrapadas en el codo peruano-chileno.

La estructura vertical en la zona norte, mostró presencia de las ASS hasta 60 m en la columna de agua a 150 mn frente a Paita. En la zona sur las ASS estuvieron presentes en la zona oceánica sobre 100 m de profundidad, siendo una característica de este crucero que puede explicar la menor captura de pota con respecto al 2015, cuando la TSM fue casi 3 °C mayor en la superficie del mar y en la columna de agua las ASS se localizaron a menor profundidad.

En la zona norte, el oxígeno disuelto presentó menores concentraciones por dentro de las 50 mn (<5 mL/L) indicando procesos de surgencia costera. Un núcleo de concentración mayor a 6 mL/L se presentó frente a la bahía de Sechura posiblemente asociado a la floración algal que se registró en el área. La distribución de pH y la concentración de clorofila-a también indicaron incremento en el fitoplancton.

En general el área mostró baja clorofila-a. El perfil vertical de Paita presentó una ZMO por debajo de 200 m de profundidad. Valores mayores a 5 mL/L, en una capa de hasta 60 m, indicaron presencia de masas de aguas oceánicas. La zona sur presentó, para varias de sus variables químicas, una distribución homogénea desde 20 mn hasta 300 mn.

Se encontró baja productividad primaria y concentraciones de oxígeno disuelto características de aguas oceánicas, ASS (Aguas Subtropicales Superficiales) (Zuta, 1970). Por su parte los bajos nutrientes superficiales, principalmente silicatos y nitratos, indicaron que la surgencia costera no alcanzó más allá de las 10 mn en esta área, predominando aguas con bajos nutrientes y bajos niveles de clorofila-a característica de las aguas oceánicas que estarían presentes en la zona desde las 20 mn.

Frente a Paita, la ZMO en toda la transecta se profundizó hasta aproximadamente 200 m. Por su parte la oxiclina (base) se observa muy somera en la costa por encima de 20 m y en la parte más oceánica por encima de 100 m. Esta distribución se asoció, igualmente, con los nutrientes (silicatos, nitratos) cuyas altas concentraciones someras en la parte más costera reflejaron el efecto del afloramiento costero y por fuera de las 50 mn recién se incrementaron por debajo de 100 m.

En el sur se observó distribución homogénea de las diferentes variables entre 20 mn y 300 mn. Una capa superficial entre 25 m en la parte más costera y 70 m en la oceánica con alto oxígeno, pH y bajos silicatos y nitratos. Por debajo de esta delgada capa superficial que indicó presencia de aguas oceánicas, posiblemente ASS, se presentó la ZMO muy somera, caracterizada por bajo pH (< 7,8) y altos nutrientes subsuperficiales que podrían indicar proyecciones de masas de agua de la zona costera. Subsuperficialmente, entre 25 y 50 m se observaron características propias de aguas ricas en nutrientes y la ZMO. El pH presentó la misma distribución vertical que el oxígeno disuelto. Esta similitud se debió al consumo de oxígeno en la ZMO que se asocia a la respiración de la materia orgánica y generación de $CO_2$, lo

que disminuye el pH. El contenido de nutrientes se incrementó en subsuperficie, los fosfatos presentaron un incremento por debajo de los 50 m de profundidad, asociados a la respiración de la materia orgánica, los silicatos, nitratos y nitritos presentan un incremento intenso a partir de los 20 m. Los nitritos presentaron el mayor incremento, con un núcleo de altas concentraciones a 300 m, este incremento es debido a la reducción de los nitratos que se genera cuando la concentración de oxígeno es baja.

La captura de paralarvas de cefalópodos suele ser baja y muy dispersa, motivo por el cual los estudios referidos al comportamiento de éstas en relación a las condiciones ambientales de determinada zona son escasos (Alejo-Plata *et al.*, 2013). Durante este crucero no se evidenció un patrón definido en la distribución y concentración de paralarvas, sin embargo cabe señalar que las concentraciones más altas estuvieron asociadas a la influencia de las ASS en el área de estudio.

Los índices de abundancia del calamar gigante a partir de información acústica, expresada como valores NASC presentaron sus mayores estimaciones en la zona norte, siendo inclusive mayores en 4°S comparado con lo registrado en el Cr. 1606-07 (IMARPE, 2016), los núcleos densos estuvieron fuera de las 120 mn, lo que significó en términos de distribución mayor agregación del recurso; con respecto al grado 5°S los valores NASC encontrados en este crucero fueron menores a los encontrados en el Cr. 1606-07 (IMARPE, 2016); mientras que en el sur los valores NASC fueron menores, indicando mayor dispersión del recurso en el área evaluada. Asimismo, los valores de CPUE expresados en número de ejemplares fueron mayores en el norte, pero inferiores a lo encontrado en el Cr. 1606-07 (IMARPE, 2016) cuando se encontraron entre 0,3 y 37 ejemplares/hora/pescador, mientras en este crucero fueron en la zona norte de 0,2 a 22,0 ejm/h/pescador, aun cuando en términos de peso fueron menores que en el sur, lo que se explica por la diferencia de tamaños de los ejemplares capturados en ambas zonas, en el norte predominaron calamares pequeños y medianos, y en el sur medianos y grandes y/o gigantes.

La estructura de tallas de *D. gigas* mostró un amplio rango como lo observado en el crucero de junio-julio 2016. En este crucero se observó aumento en el número de individuos en la zona norte, con respecto al crucero antes mencionado, igual situación se observó en la zona sur con respecto a lo capturado en el Cr. 1511-12 (IMARPE, 2015).

Reproductivamente predominaron ejemplares en estadio inmaduro en la zona norte comportamiento que también se evidenció en el Cr. 1616-07, en ambos casos se capturaron ejemplares del grupo medianos (IMARPE, 2016); en la zona sur predominaron los estadios maduros y en desove, donde se evidenciaron al menos dos grupos de madurez (medianos y grandes), comportamiento semejante fue observado en el Cr. 1511-12 (IMARPE, 2015) con la diferencia que en el grupo de los medianos el 38% fueron maduros y desovantes, además, se encontró que maduros y desovantes representaron el 16,7% en el grupo pequeños.

Los índices de la glándula digestiva (IGD) mostraron en los ejemplares medianos (en maduración y maduros) del norte altos valores (4,15%) al igual que en los del sur (3,98%) demostrando que se encontraban en etapa de alimentación, semejante a lo observado en el Cr. 1606-07 (IMARPE, 2016). El grupo de los gigantes (que se ubicaron en la zona sur) mostraron bajo IGD (3,1%) lo que indica que la energía acumulada la estaban empleando en la reproducción.

Entre los componentes más frecuentes en la dieta del calamar gigante resaltaron los crustáceos (36,84%) en el norte, lo que también fue observado en el Cr. 1606-07 (FO= 34%) (IMARPE, 2016); en el sur predominaron peces, con mayor presencia de *Vinciguerria lucetia*, diferente a lo observado en el Cr. 1511-12 (IMARPE, 2015) cuando el canibalismo fue lo más frecuente.

Respecto a la biodiversidad, se identificaron 93 especies destacando peces (43 especies) y moluscos (28 especies). Entre Ocoña y San Juan de Marcona (de 110 a 350 mn) se registraron juveniles dispersos de jurel. Dentro de las 50 mn entre Paita y Pimentel se observó presencia de juveniles de anchoveta en núcleos densos. También, se observaron concentraciones de *Vinciguerria lucetia* asociada a la presencia de calamar gigante.

Los resultados obtenidos en esta investigación muestran que el calamar gigante no se encontró en sus áreas normales de distribución y estuvo disperso en la mayor parte del área prospectada con pequeñas concentraciones en áreas alejadas de la costa, siendo menos accesible a la flota artesanal potera. Esta situación está asociada a la ocurrencia del evento El Niño 2015-2016, el Niño Costero 2017 y La Niña Costera (ENFEN, 2018), que han modificado la distribución y disponibilidad del recurso en estos últimos años, con niveles de captura que disminuyeron de 513.795 t en el 2015 a 295.975 t en el 2017 (PRODUCE, 2018).

Una de las principales causas del cambio en la disponibilidad del recurso es la alta variabilidad ambiental que caracteriza el mar peruano, la cual tiene un fuerte efecto sobre la distribución, concentración y disponibilidad del calamar gigante.

## REFERENCIAS


Alejo-Plata M C, García-Guillén R, Herrera-Galindo J. 2013. Paralarvas y juveniles de cefalópodos en el Pacífico sur de México. Hidrobiológica. 23(2): 250-264.

Anderson C, Rodhouse P. 2001. Life cycles, oceanography and variability: Ommastrephid squid in variable oceanographic environments. Fisheries Research. 54: 133-143.

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.

Arguelles 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. Prog. Oceanogr. 79: 308–312.

Bekker V E. 1983. Myctophids of the world ocean. Nauka Press, Press, Moscow (in Russian).

Ben-Yami M, Pichovich A. 1990. La atracción de peces con luz. Roma, IT Serie, Capacitación. FAO. 14: 72.

Benoit-Bird K, Gilly W, Au W, Mate B. 2008. Controlled and *in situ* target strengths of the jumbo squid *Dosidicus gigas* and identification of potential acoustic scattering sources. J. Acoust. Soc. Am. 123(3): 1318-1328. https://doi.org/10.1121/1.2832327

Carrit D E, Carpenter J H. 1966. Recommendation procedure for Winkler analyses of sea water for dissolved oxygen. J. Mar. Res. 24: 313-318.

Castillo P, Peraltilla S, Gutiérrez M. 2009. Biomasa de anchoveta y otros recursos pelágicos estimados por el método hidroacústico a finales del invierno 2005. Inf. Inst Mar Perú. 35(2): 145-152.

Castillo P, Peraltilla S, Aliaga A, Flores M, Ballón M, Calderón J, Gutiérrez 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. 36(1-2): 7-28.

Chirichigno N, Vélez J. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú (2da. Edición) Publ. Especial Inst. Mar Perú. 502 pp.

Cisneros R. 2019. Ecología trófica de *Octopus mimus* Gould, 1852 y *Dosidicus gigas* d'Orbigny, 1835 (Cephalopoda) en el 2017. Bol Inst Mar Perú. 34(1): 198-222.

Dickson A G, Sabine C L, Christian J R (Eds.). 2007. Guide to Best Practices for Ocean CO2 Measurements. PICES Special Publication. 3: 191.

ENFEN. 2017: http://www.met.igp.gob.pe/elnino/lista_eventos.html

ENFEN. 2018: http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/imarpe_atsm_enfen-comunicado-oficial-012018.pdf

Gutiérrez M. 2002. Determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de las principales especies del mar peruano. Tesis para magister. Universidad Nacional Federico Villarreal. 81 pp.

Hyslop E J. 1980. Stomach contents analysis a review of methods and their application. J. Fish Biol. 17(41): 1-429.

Holm-Hansen A, Lorenzen A C, Holmes R, Strickland J. 1965. Fluorometric determination of chlorophyll. J. Cons. Perm. Inst. Explor. Mer. 30: 3-15.

Indacochea A, Paredes F, Romero M, Carbajal P, Gómez C, Kameya A. 2013. Protocolo – IMARPE: Colecta y conservación de peces, invertebrados y algas marinas bentónicas para su identificación. Informe Interno.

IMARPE. 2015. Informe Ejecutivo del Crucero de Investigación del Calamar gigante *Dosidicus gigas,* Cr. 1511-12 BIC José Olaya Balandra. Informe Interno.

IMARPE. 2016. Informe Ejecutivo del Crucero del Calamar gigante *Dosidicus gigas.* BIC Luis Alberto Flores 1606-07.

IMARPE. 2017a. Proyecto: "Monitoreo biológico-pesquero del "calamar gigante" a bordo de la flota artesanal potera en las principales áreas de extracción de la costa peruana". Informe Interno.

IMARPE. 2017b. Situación del stock Norte-Centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) al 01 de noviembre de 2017 y perspectivas de explotación para la segunda temporada de pesca 2017. http://www.imarpe.pe/imarpe/archivos/informes/situa_anchov_nov_2017.pdf

Jereb P, Roper C F E (Eds.). 2010. Cephalopods of the World. An Annotated and Illustrated. Catalogue of Cephalopod Species Known to Date. Myopsid and Oegopsid Squids. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes. 2(4).

Klett A. 1996. Pesquería del calamar gigante *Dosidicus gigas*. En: Casas-Valdez M, Ponce-Díaz G (Eds.) Estudio del potencial pesquero y acuícola de Baja California Sur. Vol. I. SEMARNAP, FAO, INP, CIBNOR, CICMAR, CETMAR. México. 127-149 pp.

MacLennan D N, Fernandes P, Dalenj G. 2002. A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. ICES Journal of Marine Science. 59: 365–369.

Nesis K. 1970. The biology of the jumbo squid of Peru and Chile, *Dosidicus gigas*. Oceanology 10: 108-118.

Nesis K. 1982. Cephalopods of the world ocean. Legkaya I pishchevaia promishlennost.

Nesis K. 1983. *Dosidicus gigas*. In: Boyle, P. (Ed.), Cephalopod Life Cycles. Volume 1. Academic Press, London. 215-231 pp.

Nigmatullin C, Nesis K, Arkhipkin A. 2001. A review of the biology of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae). Fisheries Research. 54: 9-19.

PRODUCE. 2015. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2015. https://www.produce.gob.pe/documentos/estadisticas/anuarios/anuario-estadistico-pesca-2015.pdf

PRODUCE. 2018. Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2017. http://ogeiee.produce.gob.pe/images/Anuario/Pesca_2017.pdf

PROMPERU. 2016. Informe anual. Desenvolvimiento del comercio exterior pesquero. http://www.siicex.gob.pe/siicex/resources/sectoresproductivos/2016_Desenvolvimiento_Pesquero_Promperu.pdf

Rodhouse P G. 2001. Managing and forecasting squid fisheries in variable environments. Fisheries Research. 54(1): 3-8.

Roper C, Sweeney M, Nauen C. 1984. Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of species of interest to fisheries. FAO Fish. Synop. 125(3): 277.

Rosas-Luis R, Tafur-Jimenez R, Alegre-Norza A, Castillo-Valderrama P, 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. Scientia Marina. 75(3): 549-557. doi: 10.3989/scimar.2011.75n3549

Simmonds J, MacLennan D. 2005. Fisheries Acoustics. Theory and practices 2nd Ed. Chapman & Hall: 325 pp.

Strickland J D H, Parsons T R. 1968. Determination of reactive nitrate. In A practical handbook of seawater analysis. Fish. Res. Board Canada. Bull. 167: 71-76.

Strickland J. Parsons T. 1972. A Practical Handbook of Sea Water Analysis. Bull Fish. Res. Bd. Canada. 167: 311.

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.

Zuta S, Guillen O. 1970. Oceanografía de las Aguas Costeras del Perú. Bol Inst Mar Perú. 2(5): 157-324.