

VARIACIÓN DE PARALARVAS DE CEFALÓPODOS ASOCIADA A CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS EN LA REGIÓN NORTE DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE HUMBOLDT

VARIATION OF CEPHALOPOD PARALARVAE ASSOCIATED WITH OCEANOGRAPHIC CONDITIONS IN THE NORTHERN HUMBOLDT CURRENT SYSTEM (NHCS)

Ximena Orosco¹

Patricia Ayón¹

<https://doi.org/10.53554/boletin.v37i2.371>

RESUMEN

OROSCO, X., AYÓN, P. (2022). Variación de paralarvas de cefalópodos asociada a condiciones oceanográficas en la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Bol Inst Mar Perú*. 37(2): 256-270.- Se describe composición de especies, distribución, abundancia y frecuencia de paralarvas de cefalópodos asociados a condiciones oceanográficas en el mar peruano entre 2013 y 2014. Se determinó 14 familias, 8 géneros, 4 especies en 1.109 muestras de zooplancton recolectadas con red Hensen a 50 metros de profundidad desde la superficie, proveniente de 8 cruceros de investigación realizados por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE); siendo dominante *Argonauta* spp. (50,4%). Las paralarvas mostraron distribución espacial y relación especie-específica con las masas de agua. *Argonauta* spp. estuvieron relacionadas con aguas subtropicales superficiales (ASS), mezcla de aguas ecuatoriales y tropicales superficiales (Aguas costeras frías-ACF y Aguas ecuatoriales superficiales-AES/Aguas tropicales superficiales-ATS), su aumento de abundancia estuvo relacionado con el incremento de temperatura. La familia Ommastrephidae se presentó relacionada con ASS y ACF, así como con su distribución oceánica. La familia Octopodidae se encontró solo en el norte-centro dentro de la plataforma continental. La familia Gonatidae se presentó asociada a ACF; mientras que las familias Onychoteuthidae y Pyroteuthidae no mostraron patrón de distribución ni preferencia por alguna masa de agua.

PALABRAS CLAVE: paralarvas, cefalópodos, masas de agua, variabilidad

ABSTRACT

OROSCO, X., AYÓN, P. (2022). Variation of cephalopod paralarvae associated with oceanographic conditions in the Northern Humboldt Current System (NHCS). *Bol Inst Mar Perú*. 37(2): 256-270.- Our paper describes the species composition, distribution, abundance, and frequency of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea. Between 2013 and 2014, we collected 1109 zooplankton samples using a Hensen net at 50 m deep, during 8 research cruises carried out by IMARPE, thus determining 14 families, 8 genera, and 4 species. *Argonauta* spp. (50.4%) was the most dominant species. Paralarvae showed a spatial distribution and species-specific relation with water masses. *Argonauta* spp. was associated with subtropical surface waters (SSW), cold coastal waters (CCW), and mixing waters (equatorial surface waters-ESW + tropical surface waters-TSW) and their abundance increased as temperature rose; the family Ommastrephidae was associated with SSW and CCW, with an oceanic distribution; the family Octopodidae was distributed only in the north-center within the continental shelf; the family Gonatidae was associated with CCW; while the families Onychoteuthidae and Pyroteuthidae did not show distribution pattern or preference for any specific water masses

KEYWORDS: paralarvae, cephalopods, variability, water masses

1. INTRODUCCIÓN

El Sistema de la Corriente de Humboldt se extiende a lo largo de las costas de Chile y Perú, correspondiéndole a Perú la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH). MORÓN (2000) indica que ... «el área marina frente a la costa peruana presenta características muy particulares, originadas, principalmente por el sistema de corrientes superficiales y subsuperficiales, asociados a los afloramientos costeros» (p. 180).

1. INTRODUCTION

The Northern Humboldt Current System (NHCS) spans the Peruvian coast. MORÓN (2000) indicates that ... «the marine area off the coast of Peru presents very particular features, mainly due to the system of surface and subsurface currents associated with the coastal upwelling» (p. 180).

Thanks to these particularities, this ecosystem is very rich in biodiversity, not only in fish

¹ Instituto del Mar del Perú. IMARPE. DGIOCC, Laboratorio de zooplancton e ictioplancton. Callao, Perú. Cod Postal 07021. xorosco@imarpe.gob.pe, x.orosco.m@gmail.com

Esas particularidades, hacen que la biodiversidad del ecosistema sea muy rica, no solo en peces; sino también en cefalópodos, de los que se ha registrado 38 especies (ALAMO y VALDIVIESO, 1997; PAREDES *et al.*, 1999; RAMÍREZ *et al.*, 2003; CARDOSO y HOCHBERG, 2013) pertenecientes a 22 familias, de las cuales *Dosidicus gigas* “calamar gigante o pota” es el segundo recurso más importante después de la “anchoveta” *Engraulis ringens* (PRODUCE, 2018). Asimismo, otros cefalópodos como los de la familia Loliginidae (calamares) y Octopodidae (pulpo) son comerciales. Por otra parte, no hay trabajos sobre paralarvas, al existir dificultades para la determinación taxonómica debido a la reducida bibliografía especializada, la información taxonómica existente está dirigida a individuos de gran longitud dorsal del manto (LMD). Otro de los principales problemas, es la baja frecuencia en que son encontrados, de 1 a 5 individuos por muestra de zooplankton (VECCHIONE, 1987), debido a sus capacidades de evadir los aparejos de muestreo, dificultando encontrar relación en los cambios de su comunidad como respuesta a su entorno.

En base a estas consideraciones, es importante realizar este tipo de trabajo, para determinar la variación en niveles de abundancia y relación con las condiciones oceanográficas en el mar peruano entre los años 2013 y 2014. Esto contribuirá a comprender mejor la discriminación y reclutamiento de stocks, así como la dinámica de poblaciones para posteriores evaluaciones de sus pesquerías y el manejo sustentable de este importante grupo (PIERCE & GUERRA, 1994; O'DOR & LIPINSKI, 1998).

2. MATERIAL Y MÉTODOS

El área de estudio estuvo comprendida desde 3°26'S hasta 19°58'S, dentro de 150 millas de distancia de la costa (Fig. 1), con información proveniente de 8 cruceros de investigación realizadas por el Instituto del Mar del Perú entre el 2013 y 2014 (Tabla 1).

Las paralarvas fueron recolectadas con red Hensen de 1,50 m de largo, 0,65 m de diámetro y malla con abertura de 330 micras; con arrastres verticales desde 50 m de profundidad hasta la superficie estando el barco parado; la fijación de las muestras se efectuó en formaldehído al 2%.

but also in cephalopods, of which 38 species have been recorded (ALAMO & VALDIVIESO, 1997; PAREDES *et al.*, 1999; RAMÍREZ *et al.*, 2003; CARDOSO & HOCHBERG, 2013) belonging to 22 families. *Dosidicus gigas* is the second most important resource after *Engraulis ringens* (PRODUCE, 2018). Likewise, there are other commercial cephalopods such as those of the families Loliginidae (squid) and Octopodidae (octopus). On the other hand, there are no works on their paralarvae since there are difficulties for taxonomic determination given the reduced specialized bibliography; the existing taxonomic information is directed to individuals with large dorsal mantle length (DML). The low frequency with which they are found, 1 to 5 individuals per zooplankton sample, is another major problem (VECCHIONE, 1987), due to their ability to evade sampling devices. Therefore, it is difficult to relate the changes in their community as a response to their environment.

This type of work is important to determine the variation in abundance levels and the relationship with oceanographic conditions in the Peruvian sea between 2013 and 2014. Furthermore, our findings will contribute to the understanding of population dynamics, recruitment, and stock discrimination for future evaluation of fisheries and the sustainable management of this important group (PIERCE & GUERRA, 1994; O'DOR & LIPINSKI, 1998).

2. MATERIAL AND METHODS

The study area covered from 3°26'S to 19°58'S within 150 miles offshore (Fig. 1), with data from 8 research cruises conducted by the Instituto del Mar del Perú between 2013 and 2014 (Table 1).

Paralarvae samples were collected with a 1.50 m long Hensen net, with a diameter of 0.65 m and a mesh size of 330 microns. Vertical trawls were carried out from 50 m deep to the surface while the ship was stationary. The samples were fixed in 2% formaldehyde.

Tabla1.- Cruceros de investigación, IMARPE 2013-2014

Table 1. Research cruises, IMARPE (2013-2014)

Crucero	Periodo	Latitud	Nº de estaciones
2013			
R. Pelágicos Pelagic resources	Febrero - Abril (verano/ summer)	3°26'S - 18°29'S (Tumbes - Tacna)	175
R. Demersales Demersal resources	Mayo - Junio (otoño/ autumn)	3°23'S - 8°22'S (Pto. Pizarro - Chicama)	61
R. Pelágicos Pelagic resources	Agosto - Setiembre (invierno/ winter)	3°26'S - 18°19'S (Tumbes - Tacna)	181
2014			
R. Pelágicos Pelagic resources	Febrero - Marzo (verano/ summer)	3°27'S - 19°58'S (Pto. Pizarro - Tacna)	185
R. Demersales Demersal resources	Mayo - Junio (otoño/ autumn)	4°58'S - 9°55'S (Pto. Pizarro - Huarmey)	94
R. Pelágicos Pelagic resources	Agosto - Octubre (invierno/ winter)	3°25'S - 12°21'S (Pto. Pizarro - Los Palos)	223
R. Pelágicos Pelagic resources	Noviembre - Diciembre (primavera/ spring)	4°58'S - 16°57'S (Pimentel - Atico)	144

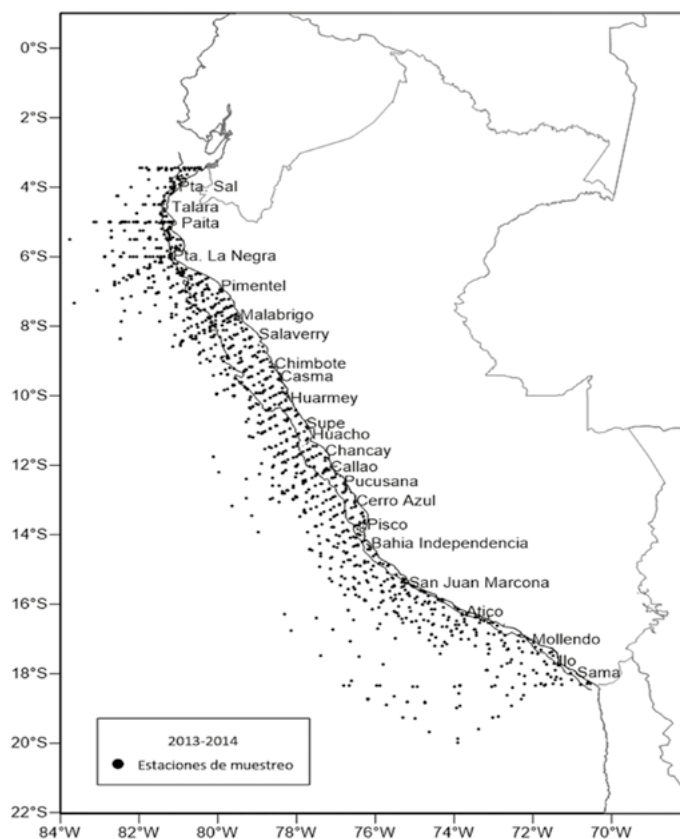


Figura 1.- Mapa de estaciones muestreadas durante los periodos 2013 y 2014

Figure 1. Map of stations sampled between 2013 and 2014

Se realizó la determinación taxonómica utilizando los criterios de SWEENEY *et al.* (1992), VECCHIONE *et al.* (2001), NESIS (1999) y ZARAGOZA *et al.* (2015).

We followed the criteria of SWEENEY *et al.* (1992), VECCHIONE *et al.* (2001), NESIS (1999), and ZARAGOZA *et al.* (2015) for taxonomic determination.

Se trabajó con abundancias totales para cada taxón, expresados en número de individuos/1000 m³ (POSTEL *et al.*, 2000).

Total abundances for each taxon, expressed in the number of individuals/1000 m³, were used (POSTEL *et al.*, 2000).

$$Abundancia = \frac{\#individuos * 1000}{\pi * r^2 * H}$$

Donde: $\pi = 3,1415$

Radio de la red (r)= 0,325 m

H= profundidad de lance

Se elaboraron mapas de distribución de especies y sus abundancias, asociadas a la distribución de las masas de agua y biovolúmenes de zooplankton (en el caso de Ommastrephidae) en el programa Surfer 15.2.305. De igual manera se realizaron diagramas de Temperatura vs Salinidad (T/S) asociados a la abundancia de las especies (R Studio 0.99.448).

Se realizó un análisis de correlación de Spearman entre las variables abióticas (Temperatura Superficial del Mar, Salinidad Superficial del Mar, Oxígeno Disuelto y Latitud) y la abundancia de cada especie de paralarvas utilizando el programa R Studio Versión 0.99.448.

3. RESULTADOS

Composición de paralarvas de cefalópodos

Se identificaron 14 familias, 13 géneros, 4 especies, 5 taxones no determinados (Tabla 2). Las especies del género *Argonauta* (41.4%), fueron las de mayor abundancia relativa en los años 2013 y 2014, seguidas de Ommastrephidae (13%), Octopodidae (9,1%), *Abraliopsis* sp. (6,4%), *Japetella* sp. (3,9%) y Gonatidae (3,9%) (Fig. 6).

Abundancia y frecuencia de paralarvas

Las especies más abundantes y frecuentes fueron *Argonauta* spp., cuya abundancia fue desde 180 individuos/1000 m³ (otoño 2013) hasta 6.600 individuos/1000 m³ (verano 2014); seguido por la familia Ommastrephidae, presente en todos los muestreos, con menores abundancias, de 60 individuos/1000 m³ en otoño e invierno 2013 a 1.380 individuos/1000 m³ en el verano 2014. La familia Octopodidae se encontró en casi todos los cruces con excepción del invierno 2014, variando su abundancia de 60 individuos/1000 m³ en el verano 2013 a 1.320 individuos/1000 m³ en otoño 2014. La especie *Abraliopsis* sp., se registró en verano

$$Abundance = \frac{\#individuals * 1000}{\pi * r^2 * H}$$

Where: $\pi = 3,1415$

Radius of the net (r)= 0.325 m

H= depth of haul

We used the Surfer 15.2.305 software to create maps of species distribution and their abundances, associated with the distribution of water masses and zooplankton biovolumes (in the case of Ommastrephidae). Temperature vs. salinity (T/S) diagrams associated with the abundance of the species were also made (R Studio 0.99.448).

The R Studio software version 0.99.448 was used to perform a Spearman correlation analysis between the abiotic variables (Sea Surface Temperature, Sea Surface Salinity, Dissolved Oxygen, and Latitude) and the abundance of each species of paralarvae.

3. RESULTS

Composition of cephalopod paralarvae

We identified 14 families, 13 genera, 4 species, and 5 undetermined taxa (Table 2). *Argonauta* species (41.4%) showed the highest relative abundance in 2013 and 2014 followed by Ommastrephidae (13%), Octopodidae (9.1%), *Abraliopsis* sp. (6.4%), *Japetella* sp. (3.9%), and Gonatidae (3.9%) (Fig. 6).

Abundance and frequency of paralarvae

Argonauta spp. was the most abundant and frequent species, with abundances ranging from 180 individuals/1000 m³ (autumn 2013) to 6,600 individuals/1000 m³ (summer 2014); followed by the family Ommastrephidae, recorded in all samplings, with lesser abundances, ranging from 60 individuals/1000 m³ in autumn and winter 2013 to 1,380 individuals/1000 m³ in summer 2014. The family Octopodidae was found on almost all cruises, except for winter 2014, with abundances varying from 60 individuals/1000 m³ in summer 2013 to 1,320 individuals/1000 m³ in autumn 2014. *Abraliopsis* sp. was recorded in the summer

y primavera 2013 y 2014, y en otoño e invierno 2014, con abundancias desde 60 individuos/1000 m³ (primavera 2013) hasta 900 individuos/1000 m³ (otoño 2014); la familia Gonatidae se encontró en todas las estaciones del año con excepción del invierno y primavera 2014, con abundancias de 60 individuos/1000 m³ (verano 2013 y 2014) a 120 individuos/1000 m³ (invierno 2013). Sin embargo, el género *Brachioteuthis* sp., la familia Psychroteuthidae y los morfotipos Onychoteuthidae tipo 1 y 3 mostraron bajas concentraciones con 60 individuos/1000 m³ y estuvieron presentes solamente en el verano e invierno 2013 (Fig. 2).

and spring of 2013 and 2014, as well as in the autumn and winter of 2014, with abundance from 60 individuals/1000 m³ (spring 2013) to 900 individuals/1000 m³ (autumn 2014). The family Gonatidae was found in all seasons except winter and spring 2014, with abundance ranging from 60 individuals/1000 m³ (summer 2013 and 2014) to 120 individuals/1000 m³ (winter 2013). On the other hand, *Brachioteuthis* sp., Psychroteuthidae, and Onychoteuthidae type 1 and 3 showed low concentrations with 60 individuals/1000 m³ occurring in the summer and winter of 2013 (Fig. 2).

Tabla 2.- Composición y abundancia relativa de las paralarvas de cefalópodos entre los años 2013 y 2014 en el mar peruano
Table 2. Composition and relative abundance of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea (2013-2014)

CLASE CEPHALOPODA							
Super Orden/ Superorder	Orden/ Order	Familia/ Family	Género/ Genus	Especie/ Species	Abundancia total/ Total abundance (1000/m ³)	Abundancia Relativa/ Relative abundance (%)	
DECAPODIFORMES	MYOPSIDA	NO DETERMINADO	No determinado	No determinado	60	0,2	
		LOLIGINIDAE	<i>Doryteuthis</i>	<i>Doryteuthis gahi</i> Orbigny, 1835	1 168	3,2	
	OEGOPSIDA	ENOPLOTEUTHIDAE	<i>Abraliopsis</i>	<i>Abraliopsis</i> sp. Joubin, 1896	1 780	4,9	
		ANCISTROCHEIRIDAE	<i>Ancistrocheirus</i>	<i>Ancistrocheirus</i> sp. Gray, 1849	1 521	4,2	
		PYROTEUTHIDAE	<i>Pterygioteuthis</i>	<i>Pterygioteuthis</i> sp. Fischer, 1895	1 080	3	
		OMMASTREPHIDAE	No determinado	No determinado	3 660	10,2	
		ONYCHOTEUTHIDAE	<i>Onychoteuthis</i>	<i>Onychoteuthis</i> sp. Lichtenstein, 1818	451	1,3	
			No determinado	Tipo 1	60	0,2	
			No determinado	Tipo 2	300	0,8	
			No determinado	Tipo 3	60	0,2	
			No determinado	Tipo 4	60	0,2	
		GONATIDAE	<i>Gonatus</i>	<i>Gonatus</i> sp. Gray 1849	1 200	3,9	
		BRACHIOTEUTHIDAE	<i>Brachioteuthis</i>	<i>Brachioteuthis</i> sp. Verrill, 1881	60	0,2	
		OCTOPOTEUTHIDAE	<i>Octopoteuthis</i>	<i>Octopoteuthis</i> sp. Young, 1972	420	1,3	
		CRANCHIIDAE	<i>Leachia</i>	<i>Leachia dislocata</i> Young, 1972	120	0,3	
	BOLITAENIDAE	<i>Japetella</i>	<i>Japetella</i> sp. Hoyle, 1885	1 211	3,4		
	OCTOPODIDAE	<i>Octopus</i>	<i>Octopus</i> sp. Cuvier, 1797	2 640	7,3		
	ARGONAUTIDAE	<i>Argonauta</i>	<i>Argonauta</i> spp. Linnaeus, 1758	18 173	50,4		
	No determinado (maltratados)/ Undetermined (poor condition)					1 895	5,3

Distribución y abundancia de paralarvas y masas de agua

Los calamares de la familia Ommastrephidae se encontraron asociados con Aguas Subtropicales Superficiales (ASS) y la interacción de estas con las Aguas Costeras Frías (ACF); por lo que encontrar individuos por dentro o fuera de la

Distribution and abundance of paralarvae and water masses

Individuals belonging to the family Ommastrephidae were found to be associated with Subtropical Surface Waters (SSW) and the interaction of these with Cold Coastal Waters (CCW). Thus, finding individuals inside or outside the

plataforma estuvo relacionado con la dinámica de acercamiento y alejamiento de 2 tipos de masas de agua a las costas (Figs. 3, 6).

shelf was associated with the dynamics of the approach and departure of two types of water masses to the coasts (Figs. 3, 6).

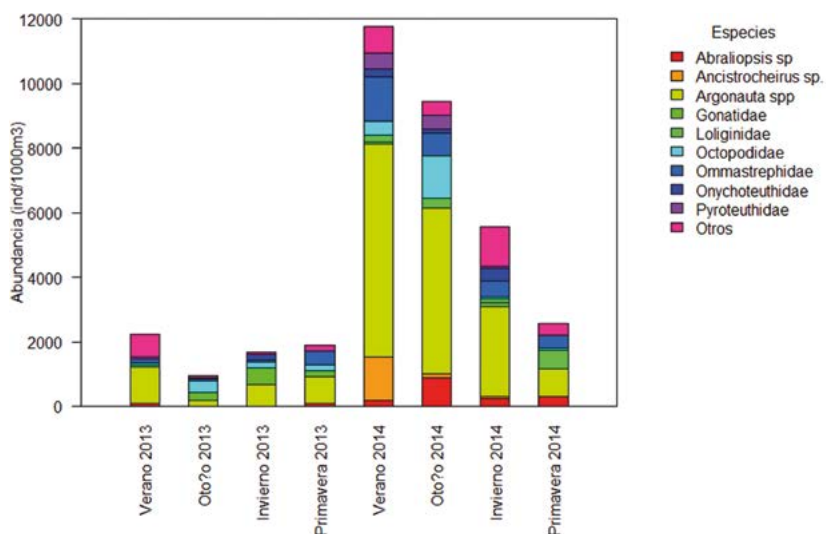


Figura 2.- Abundancia total de paralarvas durante 2013 y 2014 en el mar peruano

Figure 2. Total abundance of paralarvae in the Peruvian sea (2013-2014)

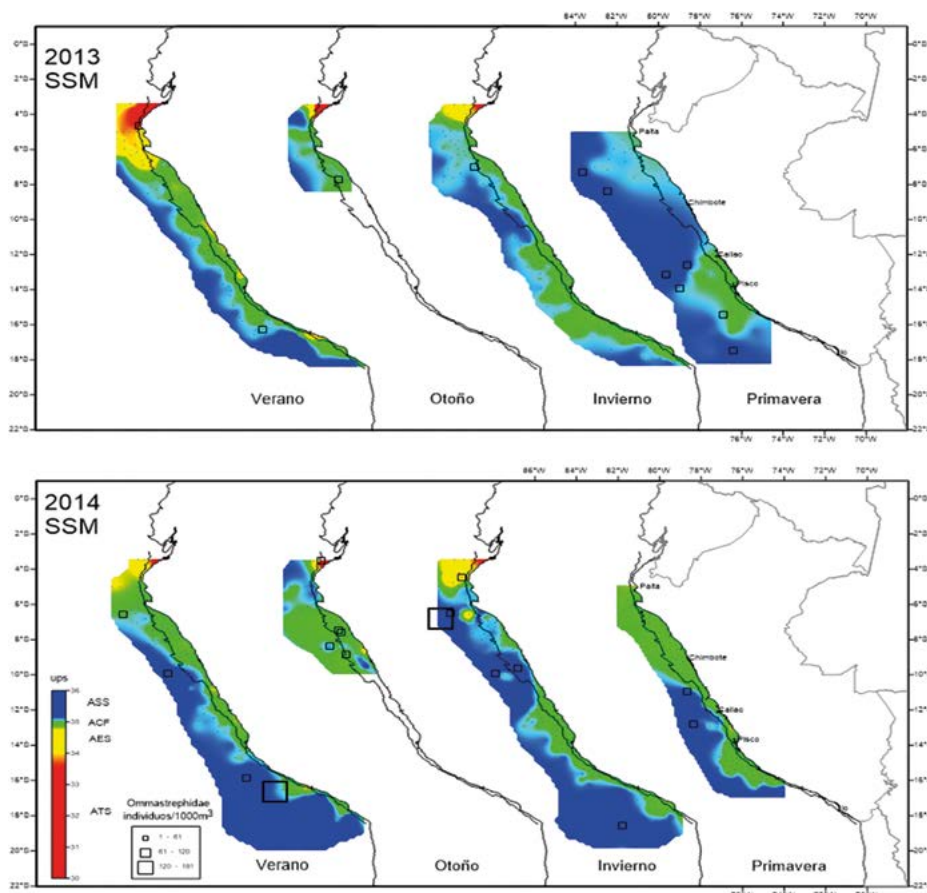


Figura 3.- Distribución de abundancia (individuos/1000 m³) de paralarvas de la familia Ommastrephidae y de Salinidad Superficial del Mar (ups), registrado durante verano, otoño, invierno y primavera del 2013 y 2014

Figure 3. Abundance distribution (individuals/1000 m³) of paralarvae of the family Ommastrephidae and Sea Surface Salinity (PSU), recorded during summer, autumn, and spring of 2013 and 2014

La mayor abundancia de *Argonauta* spp. se encontró relacionada a las ASS, y la menor a las aguas de mezcla de éstas con ACF a lo largo de las estaciones del año (verano, otoño, invierno y primavera). Sin embargo, en otoño 2014 estuvieron en su mayoría en las ACF, que a su vez tuvieron mayor distribución por fuera de la costa en la zona central-norte del Perú. Del mismo modo, hubo presencia de algunos individuos de esta especie en aguas más cálidas del norte en invierno y verano 2013 (Figs. 4, 6).

De manera general, los pulpos de la familia Octopodidae se encontraron distribuidos en la zona norte-centro del litoral, donde las mayores abundancias estuvieron relacionadas a aguas de mezcla de las ASS y ACF (Figs. 5, 6).

Correlaciones entre paralarvas y variables abióticas

El análisis estadístico encontró correlaciones positivas de Spearman muy significativas ($p < 0,01$) para *Argonauta* spp. con TSM y SSM. Asimismo,

The highest abundance of *Argonauta* spp. was associated with the SSW, and the lowest to the mixing waters (SSW + CCW) throughout the seasons of the year (summer, fall, winter, and spring). However, in autumn 2014 they were mostly in the CCW, which in turn had a greater distribution off the coast in central-northern Peru. Similarly, some individuals of this species occurred in warmer waters in the north during the winter and summer of 2013 (Figs. 4, 6).

Specimens of the family Octopodidae were generally distributed on the north-central coast, where the highest abundances were associated with the mixing waters (SSW + CCW) (Figs. 5, 6).

Correlations between paralarvae and abiotic variables

The statistical analysis found highly significant ($p < 0.01$) positive Spearman correlations for *Argonauta* spp. with SST and SSS. Likewise,

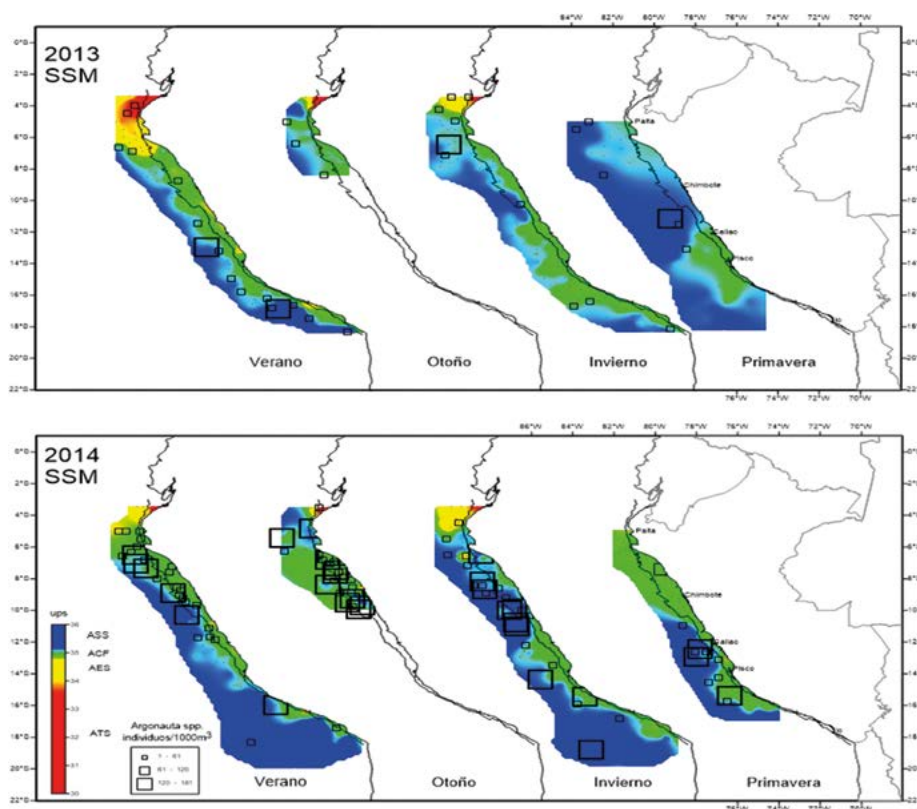


Figura 4.- Distribución de abundancia (individuos/1000 m³) de paralarvas de *Argonauta* spp. y de la Salinidad Superficial del Mar (ups), registrado durante verano, otoño, invierno y primavera 2013 y 2014

Figure 4. Abundance distribution (individuals/1000 m³) of *Argonauta* spp. paralarvae and Sea Surface Salinity (PSU), recorded during summer, autumn, winter, and spring of 2013 and 2014

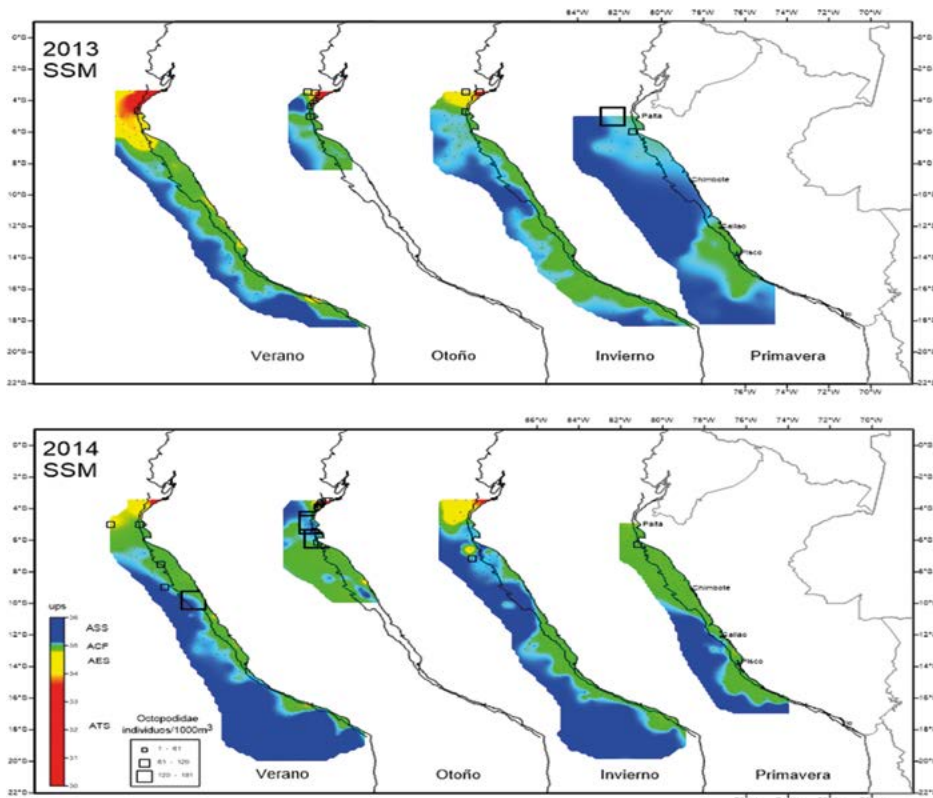


Figura 5.- Distribución de abundancia (individuos/1000 m³) de paralarvas de la familia Octopodidae y de Salinidad Superficial del Mar (ups), registrados durante verano, otoño, invierno y primavera 2013 y 2014

Figure 5. Abundance distribution (individuals/1000 m³) of paralarvae of the family Octopodidae and Sea Surface Salinity (PSU), recorded during summer, autumn, winter and spring of 2013 and 2014

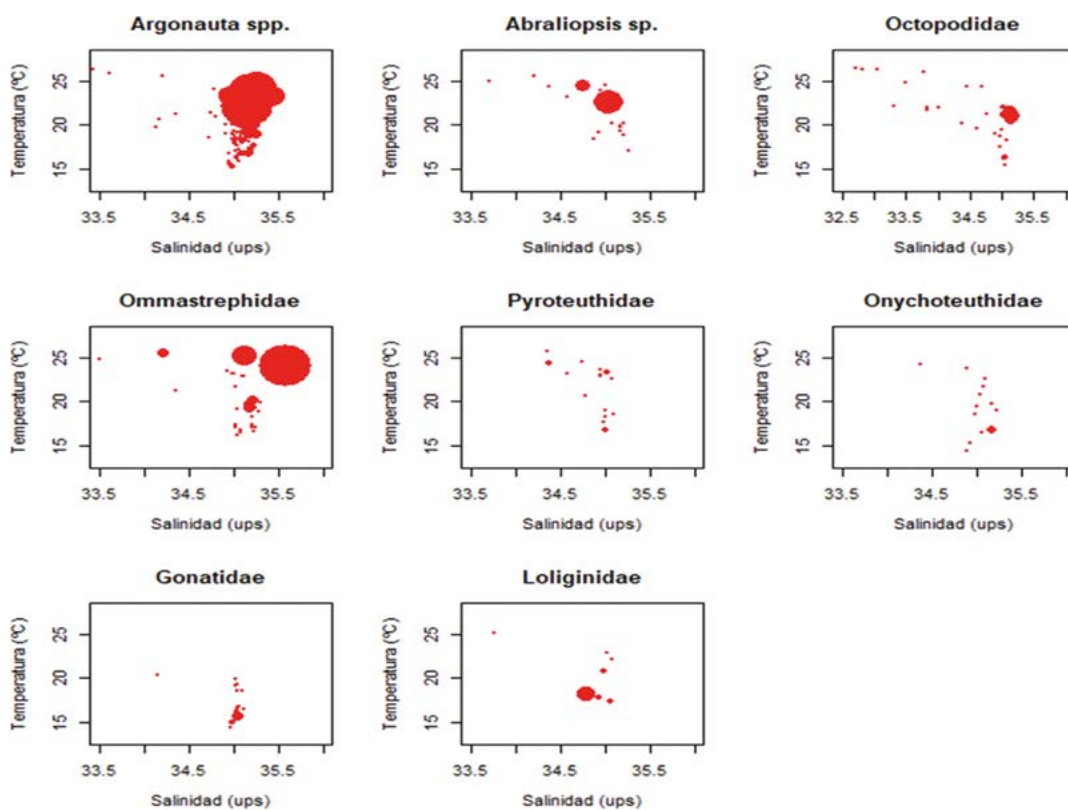


Figura 6.- Diagrama T/S con abundancias de paralarvas de cefalópodos en los años 2013 y 2014

Figure 6. T/S diagram with abundance of cephalopod paralarvae (2013-2014)

se determinó entre los calamares Ommastrephidae correlación muy significativa ($p < 0,01$) con la TSM y significativa ($p < 0,05$) con *A. lesueurii*. Esta especie, además, presentó correlación significativa ($p < 0,05$) con el oxígeno disuelto (OD). Finalmente, se determinó correlación muy significativa ($p < 0,01$) entre los pulpos Octopodidae y la SSM (Tabla 3).

we determined a highly significant correlation ($p < 0.01$) between the Ommastrephidae squids with SST and a significant correlation ($p < 0.05$) with *A. lesueurii*. This species also presented a significant correlation ($p < 0.05$) with the DO. Finally, a highly significant correlation ($p < 0.01$) was determined between Octopodidae octopuses and SSS (Table 3).

Tabla 3.- Correlación de Spearman entre abundancia total de paralarvas y variables abióticas

Table 3. Spearman correlation between the total abundance of paralarvae and abiotic variables

Especie/ species	A	TSM/ SST	SSM/ SSD	OD/ DO	Latitud
		p- value			
<i>Abraliopsis</i> sp.	1 780	0,4374	0,5491	0,7192	0,843
<i>Ancistrocheirus</i> sp.	1 521	0,003002*	0,09571	0,02796*	0,09571
<i>Argonauta</i> spp.	18 173	7,665e-05**	0,008313**	0,7676	0,9825
<i>Brachioteuthis</i> sp.	60				
Gonatidae	1 200	0,07569	0,9335	0,4758	0,7384
<i>Japetella</i> sp.	1 211	0,1774	0,7915	0,1583	0,8247
<i>Leachia</i> dislocata	120				
Loliginidae	1 228	0,341	0,2442	0,3563	1,243
Octopodidae	2 640	0,3516	0,000264**	0,1746	0,126
<i>Octopoteuthis</i> sp.	420				
Ommastrephidae	3 660	0,00496**	0,2961	0,359	0,8921
Onychoteuthidae TIPO1	60				
Onychoteuthidae TIPO2	300				
Onychoteuthidae TIPO3	60				
Onychoteuthidae TIPO4	60				
<i>Onychoteuthis</i> sp.	451	0,1583	0,6109	-	0,4411
Psychroteuthidae	60				
<i>Pterygioteuthis</i> sp.	1 080	0,8914	0,7844	0,7699	0,4065
Myopsida No determinado	60				
Abundancia total	34 144	1,115e-05**	3,363e-03**	0,4426	0,9296
Nº de especies	21				

*significativos ($p < 0,05$) **altamente significativo ($p < 0.01$) A= abundancia (ind/1000 m³)

4. DISCUSIÓN

Se determinó, al menos, presencia de 18 especies de paralarvas de cefalópodos en el área y periodo de estudio, cuyos niveles de abundancia y frecuencia fueron diversos. Destacó el género *Argonauta*, que mostró tanto los mayores niveles de abundancia como de frecuencia.

Variabilidad en los niveles de abundancia entre especies

El rango de abundancia de paralarvas es bajo, en comparación con otros grupos de zooplankton, no obstante, estos niveles no son diferentes

4. DISCUSSION

We determined the presence of at least 18 species of cephalopod paralarvae in the area and period of study, whose levels of abundance and frequency were diverse. The genus *Argonauta* stood out, showing both the highest levels of abundance and frequency.

Variability in abundance levels among species

When compared to other zooplankton groups, the abundance range of paralarvae is low; however, these levels are not different from those observed in other ecosystems, where

a los observados en otros ecosistemas, donde se registran abundancias bajas, generalmente de 1 a 5 ejemplares, y que de acuerdo con VECCHIONE (1987) se debe al tipo de aparejo empleado. Otros trabajos (GONZALES *et al.*, 2005; GRANADO-AMORES *et al.*, 2010; RODHOUSE *et al.*, 1992; CARRASCO *et al.*, 2012; PARDO-GANDARILLAS *et al.*, 2016; VIDAL *et al.*, 2010; GOLDMAN, 1993; YOUNG & HIROTA, 1990) revelan la misma tendencia en niveles de abundancia de paralarvas empleando diferentes aparejos para el muestreo. Sin embargo, SAITO (1994) al comparar simultáneamente tres tipos de redes, determinó que los jales oblicuos con red Bongo son más eficientes; a diferencia de trabajos realizados en la costa y el golfo de California (MOLINA, 2018; GARCÍA, 2016) los cuales encontraron resultados diferentes, porque las redes superficiales tuvieron mayor éxito sobre la red Bongo.

En el presente estudio, se utilizó la red Hensen, operada con barco parado subiéndola desde 50 m de profundidad hasta superficie. Los resultados más favorables fueron para *Argonauta* spp., mientras que no tanto para la familia Ommastrephidae, ya que al parecer esta última evidencia mayor evasión a las redes que realizan este tipo de lances verticales, pero son susceptibles de captura al utilizarse redes de alta velocidad con barco en movimiento. Otro punto en contra para el muestreo de ommastrephidos en los cruceros, es que éstos se realizaron dentro de las 100 mn, teniendo en cuenta que la especie objetivo de la mayoría de esos cruceros están dirigidos a la "anchoveta peruana" *Engraulis ringens*. De acuerdo a esto, se obtuvieron mejores resultados en la primavera 2013, cuando los muestreos fueron más oceánicos, coincidiendo con el máximo pico de desove de *Dosidicus gigas* en el mar peruano (TAFUR & RABÍ, 1997; TAFUR *et al.*, 2001; ARGUELLES & TAFUR, 2010).

Por la misma naturaleza de los lances verticales, donde en general los individuos colectados son de menor tamaño y de acuerdo a nuestros resultados, podemos aseverar que la red Hensen es un buen aparejo para recolectar paralarvas de ciertas especies recién eclosionadas (<3,0 mm), así como que es factible considerar que se las encuentra en potenciales áreas de desove.

low abundances are recorded, generally from 1 to 5 specimens, according to VECCHIONE (1987) due to the type of gear used. Recent works (GONZALES *et al.*, 2005; GRANADO-AMORES *et al.*, 2010; RODHOUSE *et al.*, 1992; CARRASCO *et al.*, 2012; PARDO-GANDARILLAS *et al.*, 2016; VIDAL *et al.*, 2010; GOLDMAN, 1993; YOUNG & HIROTA, 1990) revealed the same pattern in the abundance levels of paralarvae employing different rigs for sampling. However, SAITO (1994) simultaneously compared three types of nets, and determined that the oblique pulls with the Bongo net are more efficient; unlike works carried out on the coast and the Gulf of California (MOLINA, 2018; GARCÍA, 2016) which obtained different results, because the surface nets were more successful over the Bongo net.

During our study, we used a Hensen net, operated from a stationary vessel, rising from a depth of 50 m to the surface. *Argonauta* spp. had the most favorable results, unlike the family Ommastrephidae, as it seems that the latter is more evasive to nets that make this type of vertical hauls, but it is susceptible to being caught when using high-speed nets with a moving vessel. The other drawback of the sampling of ommastrephids in the cruises is that these were carried out within 100 nm since the target species of most of these cruises is the *Engraulis ringens*. Accordingly, better results were obtained in the spring of 2013, when the samplings were more oceanic, coinciding with the spawning peak of *Dosidicus gigas* in the Peruvian sea (TAFUR & RABÍ, 1997; TAFUR *et al.*, 2001; ARGUELLES & TAFUR, 2010).

Due to the nature of the vertical hauls, where the individuals collected are generally smaller and according to our results, we can assert that the Hensen net is a good gear to collect paralarvae of certain recently hatched species (<3.0 mm), as well as that it is feasible to consider that they are found in potential spawning areas.

Relación con las variables ambientales

Investigaciones de WALUDA *et al.* (1999), WALUDA *et al.* (2001), SAKURAI *et al.* (2000), indican que la variación de las condiciones oceanográficas tiene un rol importante en la conducción de la variabilidad y puede influir tanto en la distribución como en los niveles poblacionales. Así, en el mar peruano en el 2014, hubo aumento del número de especies, que se asoció al acercamiento de las ASS hacia la costa debido al arribo de las ondas Kelvin durante el evento El Niño 2014 (ENFEN, 2014; OROSCO, 2016) y como consecuencia aumentó la Temperatura Superficial del Mar (TSM), que conllevó al incremento de abundancia de *Argonauta* spp., el calamar *Ancistrocheirus* sp. y la familia Ommastrephidae (Fig. 2).

De acuerdo a los niveles de abundancia encontrados durante este estudio, el grupo más importante ha sido el género *Argonauta* spp., observándose que tiene amplia tolerancia a los rangos de TSM y SSM (Fig. 6). De acuerdo a su distribución espacial (Fig. 4) y las diferentes disposiciones del patrón de cromatóforos, se puede inferir que se trata de diferentes especies, concordando con las 3 especies de adultos reportados para el Perú (PAREDES *et al.*, 1999).

De manera general las paralarvas recolectadas con la red Hensen en este trabajo oscilaron entre 0,52 y 21,9 mm; sin embargo, los individuos de la familia Ommastrephidae fueron <3,0 mm (desove reciente), por lo que fue complicada la identificación a nivel de especie, llegando solo a determinarlos como Complejo SD (*Sthenoteuthis oualaniensis* – *Dosidicus gigas*); ya que los criterios morfológicos, morfométricos y merísticos existentes a esa talla, no permitían su diferenciación (MOLINA, 2018).

La presencia del complejo SD se detectó en un amplio rango de temperaturas (16,1 – 25,7 °C) en las costas peruanas, las mayores abundancias estuvieron cuando la TSM fue mayor. Igualmente, en el Golfo de California y su costa occidental, mayores abundancias ocurrieron a mayor temperatura, en rango de 24,5 a 30 °C (MOLINA, 2018); confirmando así, que la familia Ommastrephidae registra mayores abundancias cuando existe incremento de temperatura en su hábitat, como eventos El Niño (GRANADOS - AMORES *et al.*, 2010). A pesar que en ambos lugares se registraron al-

Relationship with environmental variables

Research by WALUDA *et al.* (1999, 2001), and SAKURAI *et al.* (2000), indicate that variation in oceanographic conditions has an important role in driving variability and can influence both distribution and population levels. In 2014, there was an increase in the number of species in the Peruvian sea, which was associated with the approach of the SSW towards the coast due to the arrival of Kelvin waves during El Niño 2014 (ENFEN, 2014; OROSCO, 2016) increasing Sea Surface Temperature (SST), which led to a greater abundance of *Argonauta* spp., the squid *Ancistrocheirus* sp., and the family Ommastrephidae (Fig. 2).

According to the abundance levels found during our study, *Argonauta* spp. was the most important group, with wide tolerance to SST and SSS ranges (Fig. 6). According to their spatial distribution (Fig. 4) and the different dispositions of the chromatophore pattern, we can infer that they are different species, which agrees with the 3 species of adults reported for Peru (PAREDES *et al.*, 1999).

In this study, the paralarvae collected with the Hensen net generally ranged between 0.52 and 21.9 mm; although the individuals of the family Ommastrephidae were <3.0 mm (recent spawning), which complicated the identification at the species level, and we could only determine them as SD Complex (*Sthenoteuthis oualaniensis* – *Dosidicus gigas*); since the existing morphological, morphometric, and meristic criteria at that size did not allow their differentiation (MOLINA, 2018).

We detected the presence of the SD complex in a wide range of temperatures (16.1 - 25.7 °C) on the Peruvian coast, the highest abundances occurred when the SST was higher. Similarly, in the Gulf of California and its western coast, the highest abundances occurred at higher temperatures, in the range of 24.5 to 30 °C (MOLINA, 2018). This confirms that the family Ommastrephidae records higher abundances when there is an increase in temperature in its habitat, such as during El Niño events (GRANADOS - AMORES *et al.*, 2010). In the summer

tas temperaturas, al margen del rango, las abundancias totales en México fueron menores (560 ind/1000 m³) en el verano 2014 (MOLINA, 2018), a diferencia de la costa peruana (1.380 ind/1000 m³). Esto se debería a la mayor productividad en el ecosistema peruano (CHAVEZ *et al.*, 2008), lo que se vería reflejado en los números de desembarque de *Dosidicus gigas*, siendo el segundo recurso con mayores valores después de la anchoveta *Engraulis ringens* (PRODUCE, 2018).

Por otro lado, PARDO-GANDARILLAS *et al.* (2016) y OROSCO (2016), sugieren que la salinidad es un mejor predictor para la presencia/ausencia de paralarvas de Octopodidae, ya que la probabilidad de captura incrementa cuando la salinidad aumenta, a diferencia de la temperatura que no muestra relación significativa; estos resultados concuerdan con lo encontrado en este estudio, en donde esta familia tuvo correlación positiva altamente significativa ($p < 0,000264$) solamente con la salinidad (Tabla 2).

RAMÍREZ *et al.* (2003) describe 3 especies de la familia Loliginidae registradas para el mar peruano, siendo *Doryteuthis gahi* el más abundante y de mayor distribución (CARDOSO *et al.*, 1998); en este estudio se encontró distribución espacial muy cercana a la costa (Fig. 7) y relacionada a las ACF (Fig. 6), debido a que las especies de esta familia suelen desovar en zonas muy costeras (HATFIELD *et al.*, 1990; ZEIDBERG *et al.*, 2011).

Con respecto a *Leachia dislocata* y los individuos de la familia Gonatidae han mostrado una correlación exclusiva con las ACF (Fig. 6), a diferencia con lo reportado por ROCHA *et al.* (1991) y ROPER *et al.* (1988) que asocian estos taxones con aguas oceánicas y antárticas. Sin embargo, en el estricto caso de los individuos de la familia Gonatidae, es probable que las especies a las que hacen mención los autores, no correspondan a las reportadas en este estudio.

No todas las familias (taxón) muestran un patrón característico en su distribución espacial, pero sí a nivel de género y/o especie (GRANADOS-AMORES *et al.*, 2010). Un claro ejemplo, es la familia Onychoteuthidae, con frecuencias tan bajas que no permiten afirmar categóricamente alguna afinidad con algún hábitat o masa de agua (Fig. 7).

of 2014, the total abundances in Mexico were lower (560 ind/1000 m³) (MOLINA, 2018), unlike the Peruvian coast (1,380 ind/1000 m³), although high temperatures were recorded in both places, at the margin of the range. This would be due to the higher productivity in the Peruvian ecosystem (CHAVEZ *et al.*, 2008), which would be reflected in the landing numbers of *Dosidicus gigas*, being the second resource with higher values after *Engraulis ringens* (PRODUCE, 2018).

Moreover, PARDO-GANDARILLAS *et al.* (2016) and OROSCO (2016) suggest that salinity is a better predictor for the presence/absence of Octopodidae paralarvae since the probability of capture increases as salinity does, unlike temperature which does not show a significant relationship. These results agree with what was found in our study, where this family had a highly significant positive correlation ($p < 0.000264$) only with salinity (Table 2).

RAMÍREZ *et al.* (2003) describe 3 species of the family Loliginidae recorded for the Peruvian sea, with *Doryteuthis gahi* being the most abundant and widely distributed (CARDOSO *et al.*, 1998). We found in this study a spatial distribution very close to the coast (Fig. 7) and associated with the CCW (Fig. 6) because the species of this family usually spawn in very nearshore areas (HATFIELD *et al.*, 1990; ZEIDBERG *et al.*, 2011).

We found in this study a spatial distribution very close to the coast (Fig. 7) and associated with the CCW (Fig. 6) because the species of this family usually spawn in very nearshore areas (HATFIELD *et al.*, 1990; ZEIDBERG *et al.*, 2011). Nevertheless, specifically in the case of individuals of the family Gonatidae, it is likely that the species mentioned by the authors do not correspond to those reported in our study.

Not all families (taxa) show a characteristic pattern in their spatial distribution, but at the genus and/or species level (GRANADOS-AMORES *et al.*, 2010). The family Onychoteuthidae is a clear example, with frequencies so low that it is not possible to categorically state any affinity with any habitat or water mass (Fig. 7).

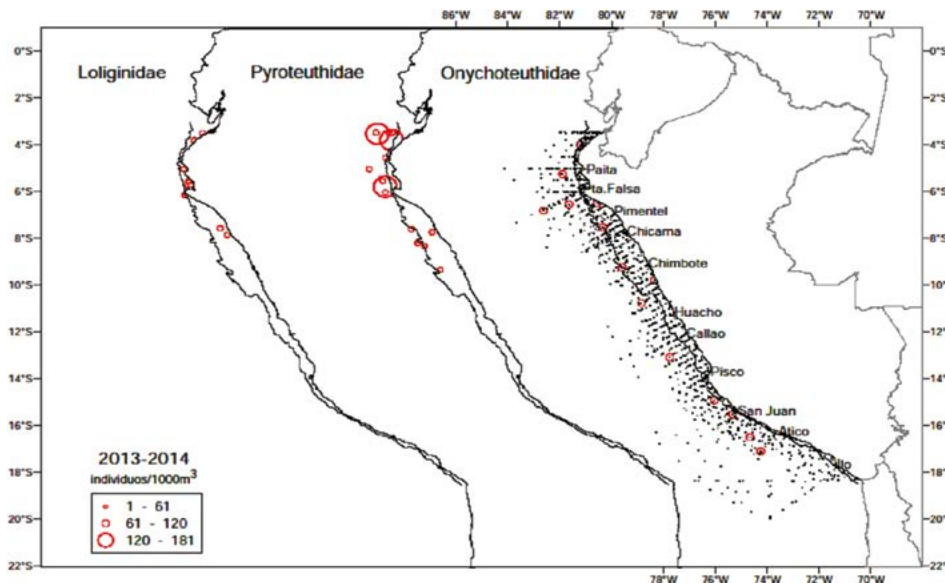


Figura 7.- Mapa de distribución espacial de las familias Lolliginidae, Pyroteuthidae y Onychoteuthidae, 2013 y 2014

Figure 7. Spatial distribution map of the families Lolliginidae, Pyroteuthidae, and Onychoteuthidae (2013-2014)

En los casos de *Ancistrocheirus* sp., *Brachioteuthis* sp., *Octopoteuthis* sp. y Psychroteuthidae, no se pudo discutir sobre su patrón de distribución puesto que sus abundancias fueron muy bajas para poder inferir sobre preferencia de hábitats y/o asociaciones con masas de agua (OROSCO, 2016).

Regarding *Ancistrocheirus* sp., *Brachioteuthis* sp., *Octopoteuthis* sp., and Psychroteuthidae, we were unable to discuss their distribution pattern since their abundances were too low to infer habitat preference and/or associations with water masses (OROSCO, 2016).

5. CONCLUSIONES

- Se determinó la presencia de 18 taxones diferentes de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano.
- El género *Argonauta* fue el que presentó mayores valores de abundancia, además de ser el más frecuente en el periodo 2013-2014.
- La red Hensen es un buen aparejo para la recolección de paralarvas recién eclosionadas (LDM > 3,0 mm).
- Las condiciones oceanográficas en el 2014 en el mar peruano favorecieron el aumento del número de especies de cefalópodos a nivel de paralarvas.

5. CONCLUSIONS

- We determined the presence of 18 different taxa of cephalopod paralarvae in the Peruvian sea.
- The genus *Argonauta* was the one with the highest abundance values, besides being the most frequent between 2013 and 2014.
- The Hensen net is a good instrument for collecting newly hatched paralarvae (DML > 3.0 mm).
- In 2014, oceanographic conditions in the Peruvian sea favored an increase in the number of species of cephalopod paralarvae.

Agradecimientos

Al personal del laboratorio de Zooplancton y Producción Secundaria del Instituto del Mar del Perú, por la colecta de las muestras de zooplancton en los cruceros de investigación científica. Al Ing. Luis Vásquez (IMARPE), por sus aportes

Acknowledgments

To the staff of the Zooplankton and Secondary Production Laboratory of the *Instituto del Mar del Perú*, for the collection of zooplankton samples during the scientific research cruises. To Engr. Luis Vásquez (IMARPE), for his contributions to

para el entendimiento de la oceanografía física y a la Dra. Roxana De Silva (CICIMAR -IPN), por sus enseñanzas en la determinación de especies y conocimientos a lo largo de estos 4 últimos años.

the understanding of physical oceanography, and Dr. Roxana De Silva (CICIMAR -IPN), for her teachings in the determination of species and knowledge throughout these last 4 years.

6. REFERENCIAS

- ALAMO, V., VALDIVIESO, V. (1997). Lista Sistemática de moluscos marinos del Perú. 2da edición. Callao. IMARPE, pp. 150-154.
- 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. *Fisheries Research*, 106(2), 185-192.
- CARDOSO, F., J. TARAZONA, J., PAREDES, C. (1998). Aspectos biológicos del calamar patagónico *Loligo gahi* (Cephalopoda: Loliginidae) en Huarmey, Perú. *Rev. Per. Biol.*, 5(1), 9 - 14.
- CARDOSO, F., HOCHBERG, F. G. (2013). Revisión del género *Lolliguncula* Steenstrup, 1881 (Cephalopoda: Loliginidae) frente a la costa del Pacífico de América del Sur. *Revista Peruana de Biología*, 20(2), 129-136. <https://doi.org/10.15381/rpb.v20i2.2675>
- CARRASCO, S. A., MALTRAIN, R., VILLENAS, F., VEGA, M. A. (2012). New records of early life-stages of cephalopods in the Chiloé Interior Sea. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 40(1), 229-235.
- CHAVEZ, F., BERTRAND, A., GUEVARA-CARRASCO, R., et al. (2008). The northern Humboldt Current system: Brief history, present status and a view towards the future. *Progress in Oceanography*, 79, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>
- COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN). (2013). Comunicado Oficial ENFEN N° 07-2013, agosto 2013, 2 pp.
- COMITÉ MULTISECTORIAL ENCARGADO DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO EL NIÑO (ENFEN). (2014). Comunicado Oficial ENFEN N° 06-2014, mayo 2014. 2pp.
- GARCÍA, R. (2016). Estructura de la comunidad de paralarvas de cefalópodos de la costa suroccidental de Baja California y su relación con las variables ambientales. Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis de Maestría. La Paz, BCS, 78 pp.
- GOLDMAN, D. (1993). Distribution of cephalopod paralarvae across the Florida Current front in the Florida Keys: preliminary results. *Revista Biología Tropical, Suplemento*, 41(1), 31-34.
- GONZALES, A. F., OTERO, J., GUERRA, A., PREGO, E., ROCHA, J., DALE, W. (2005). Distribution of common octopus and common squid paralarvae in a wind-driven upwelling area (Ría of Vigo, northwestern Spain). *Journal of plankton Research*, 27(3), 271-277.
- GRANADOS-AMORES J., DE SILVA-DÁVILA, R., CAMARILLO-COOP, S., et al. (2010). Composición de especies y patrones de distribución de paralarvas de calamar, 1996-1999. In Gaxiola-Castro G, Durazo R (eds.), *Dinámica del ecosistema pelágico frente a Baja California 1997-2007. Diez años de investigaciones mexicanas de la Corriente de California*. SEMARNAT-INE-CICESE-UABC, México, 453-467 pp.
- HATFIELD, E. M. C, RODHOUSE, P. G., POREBSKI, J. (1990). Demography and distribution of the Patagonian squid (*Loligo gahi* d'Orbigny) during the austral winter. *Journal du Conseil/ Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer*, 46(3), 306-312. <https://doi.org/10.1093/icesjms/46.3.306>
- MINISTERIO DE LA PRODUCCIÓN (PRODUCE). (2018). Anuario estadístico pesquero y acuícola 2017. 1era Edición. 200 pp.
- MOLINA, E. G. (2018). Áreas de desove de *Doryteuthis opalescens* y el complejo *Sthenoteuthis-Dosidicus* frente a la península de Baja California (verano 2014). Instituto Politécnico Nacional. Centro Interdisciplinario de Ciencias Marinas. Tesis de Maestría. La Paz, BCS. 67 pp.
- MORÓN, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*, 19(1-2), 179-204.
- NESIS, K. (1999). Horizontal and vertical distribution and some features of biology of the gonatid squid *Gonatus antarcticus* Lönnberg, 1898 (Cephalopoda). *Ruthenica*, 9(2), 129-139. [10.1093/mollus/eyz023](https://doi.org/10.1093/mollus/eyz023)
- O'DOR, R. K., LIPINSKI, M. R. (1998). The genus *Illex* (Cephalopoda: Ommastrephidae): characteristics, distribution and fisheries. En: The genus *Illex* as a model, the commercial *Illex* species and influences on variability. FAO Fisheries Technical Paper 376. Rodhouse PG, Dawe EG & Dor RK, eds., FAO. Rome, Italy. pp. 1-12.
- OROSCO, X. (2016). Variabilidad espacio-temporal de paralarvas de cefalópodos en el mar peruano entre los años 2013 y 2014. Universidad Ricardo Palma. Tesis de Grado. Lima, Perú. 89 pp.
- PARDO-GANDARILLAS, M. C., IBÁÑEZ, C. M., RUIZ, J. F., et al. (2016). Paralarvae of cephalopods in channels and fjords of the southern tip of Chile (46°-53°S). *Fisheries Research*, 173(2), 175-182. [10.1016/j.fishres.2015.07.001](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.07.001)
- PAREDES C., HUAMÁN, P., CARDOSO, F., et al. (1999). Estado actual del conocimiento de los moluscos acuáticos en el Perú. *Revista Peruana de Biología*, 6(1), 5 - 47. <https://doi.org/10.15381/rpb.v6i1.8298>
- PIERCE, G. J., GUERRA, A. (1994). Stock assessment methods used for cephalopod fisheries. *Fisheries Research*, 21, 255-285. [https://doi.org/10.1016/0165-7836\(94\)90108-2](https://doi.org/10.1016/0165-7836(94)90108-2)
- POSTEL, L., FOCK, H., HAGEN, W. (2000). Biomass and abundance. En ICES Zooplankton Methodology Manual, edited by Roger Harris, Peter Wiebe, Jürgen

- Lenz, Hein Rune Skjoldal, Mark Huntley, Academic Press, London, 83-192 pp.
- RAMÍREZ, R., PAREDES, C., ARENAS, J. (2003). Moluscos del Perú. *Revista de Biología Tropical*, 51(3), 225-284.
- ROCHA, F., O. POBLETE, O., N. BAHAMONDE, N. (1991). Cefalópodos en contenidos gástricos de *Merluccius australis polylepis* Ginsburg y *Macruronus magellanicus* Lonnberg. *Investigación Pesquera (Chile)*, 36, 51-56.
- RODHOUSE, P. G., SYMON, C., HATFIELD, M. C. (1992). Early life cycle of cephalopods in relation to the major oceanographic features of the southwest Atlantic Ocean. *Marine Ecology Progress Series*, 89, 183-195.
- ROPER, C., SWEENEY, M., CLARKE, M. (1988). Cefalópodos. En: Fischer W & JC Hureau (eds), *Océano Austral, áreas de la convención CCAMLR, áreas de pesca* 48, 58 y 88. Fichas FAO de identificación de especies para los fines de pesca, FAO, Roma, 117-205.
- SAITO, K. (1994). A sampling method for rynchoteuthion paralarvae of neo flying squid *Ommastrephes bartramii*. *Bulletin Hokkaido National Fisheries Research Institute*, 58, 25-34.
- SAKURAI, Y., H. KIYOFUJI, H., S. SAITOH, S., *et al.* (2000). Changes in inferred spawning sites of *Todarodes pacificus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) due to changing environmental conditions. *ICES Journal Marine Science*, 57(1), 24-30.
- SWEENEY, M. J., ROPER, C.F. E., MANGOLD, K. M., *et al.* (1992). Larval and juvenile cephalopods: A manual for their identification. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 513, 1-282. <https://doi.org/10.5479/si.00810282.513>
- TAFUR, R., RABÍ, M. (1997). Reproduction of the jumbo flying squid, *Dosidicus gigas* (Orbigny, 1835) (Cephalopoda: Ommastrephidae) off Peruvian coasts. *Scientia Marina*, 61(2), 33-37.
- TAFUR, R., VILLEGAS, P., RABÍ, M., YAMASHIRO, C. (2001). Dynamics of maturation, seasonality of reproduction and spawning grounds of the jumbo squid *Dosidicus gigas* (Cephalopoda: Ommastrephidae) in Peruvian Waters. *Fisheries Research*, 54(1), 33-50.
- VECCHIONE, M. (1987). Juvenile ecology. In: Boyle, P.R. (Ed.), *Cephalopod Life Cycles*. Academic Press, London, (11), 61-84.
- VECCHIONE, M., C. ROPER, C., M. SWEENEY, M., *et al.* (2001). Distribution, Relative Abundance and Developmental Morphology of Paralarvae Cephalopods in the Western North Atlantic Ocean. Seattle, WA, NOAA/National Marine Fisheries Service, (NOAA Technical Report NMFS). 152 pp.
- VIDAL, E., HAIMOVICI, M., HACKBART, V. (2010). Distribution of paralarvae and small juvenile cephalopods in relation to primary production in an upwelling area off southern Brazil. *ICES Journal of Marine Science*, 67(7), 1346-1352.
- WALUDA, C. M., TRATHAN, P. N., RODHOUSE, P. G. (1999). Influence of oceanographic variability on recruitment in the *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) fishery in the south Atlantic. *Marine Ecology Progress Series*, 183, 159-167.
- WALUDA, C. M., RODHOUSE, P. G., PODESTA, G.P., TRATHAN, P. N., PIERCE, G. J. (2001). Surface oceanography of the inferred hatching grounds of *Illex argentinus* (Cephalopoda: Ommastrephidae) and influences on recruitment variability. *Mar. Biol.*, 139, 671-679.
- YOUNG, R.E., HIROTA, J. (1990). Description of *Ommastrephes bartramii* (Cephalopoda: Ommastrephidae) paralarvae with evidence for spawning in Hawaiian Waters. *Pacific Science*, 44(1), 71-80.
- ZARAGOZA, N., QUETGLAS, A., MORENO, A. (2015). Identification guide for cephalopod paralarvae from the Mediterranean Sea. *ICES Cooperative Research Report*, (324), 1-9.
- ZEIDBERG, L. D., BUTLER, J. L., RAMON D., *et al.* (2011). Estimation of spawning habitats of market squid (*Doryteuthis opalescens*) from field surveys of eggs off Central and Southern California. *Marine Ecology*, 1-11. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2011.00498.x>