

# DISTRIBUCIÓN Y BIOMASA DE LOS PRINCIPALES RECURSOS PELÁGICOS DETERMINADOS POR ACÚSTICA, VERANO – OTOÑO 2021

## DISTRIBUTION AND BIOMASS OF THE MAIN PELAGIC RESOURCES DETERMINED BY ACOUSTICS (SUMMER – AUTUMN 2021)

Pedro Ramiro Castillo<sup>1</sup>

Carlos Valdez<sup>1</sup>

Daniel Grados<sup>1</sup>

Marissela Pozada<sup>1</sup>

Gustavo Cuadros<sup>1</sup>

Arón Paz<sup>2</sup>

Rodolfo Cornejo<sup>1</sup>

Luis Escudero<sup>1</sup>

### RESUMEN

CASTILLO P. R., VALDEZ, C., GRADOS, D., POZADA, M., CUADROS, G., PAZ, A., CORNEJO, R., ESCUDERO, L. (2022). *Distribución y biomasa de los principales recursos pelágicos determinados por acústica, verano-otoño 2021*. *Inf Inst Mar Perú*. 49(2): 175-192.- Los cruceros 2102-04 y 2106-07 realizados por el Instituto del Mar del Perú en las estaciones de verano y otoño 2021, respectivamente, se han unificado y denominado crucero 2102-07, de acuerdo con los análisis oceanográficos y pruebas estadísticas de la estructura de datos de anchoveta. El objetivo fue conocer la distribución y biomasa de la anchoveta y otras especies pelágicas en la costa peruana. Las especies investigadas fueron anchoveta, jurel, caballa, samasa, bagre, múnida, pota y vinciguerría. Los resultados mostraron que anchoveta y múnida continúan siendo las especies más abundantes en la zona costera, favorecidas por las condiciones oceanográficas. La distribución de la anchoveta se encontró hasta 80 mn de la costa, de forma casi continua entre Paita-Sama y con importantes núcleos de alta concentración distribuidos en toda la costa. La biomasa se estimó en 12,03 millones de toneladas; la región norte-centro con 10,99 millones de toneladas y la región sur con 1,04 millones de toneladas. Otras especies como jurel y caballa, tuvieron biomasa de 258.209 y 823.908 toneladas, respectivamente. El crustáceo múnida tuvo distribución casi continua entre Chicama-Sama y biomasa de 1.504.517 toneladas. Las especies mesopelágicas pota y vinciguerría, tuvieron distribución limitada con biomásas de 79.375 y 220.149 toneladas, respectivamente. Las altas concentraciones de los cardúmenes de anchoveta en toda la zona costera generaron altos valores de los descriptores acústicos morfométricos y energéticos. La aplicación hidroacústica permitió estimar las poblaciones de peces para conocer el estado actual de los recursos pelágicos con la finalidad de adoptar medidas de manejo para su conservación y sostenibilidad.

PALABRAS CLAVE: distribución y concentración, biomasa, similitud de poblaciones, condiciones oceanográficas, estratificación por áreas isoparalitorales

### ABSTRACT

CASTILLO P., R., VALDEZ, C., GRADOS, D., POZADA, M., CUADROS, G., PAZ, A., CORNEJO, R., ESCUDERO, L. (2022). *Distribution and biomass of the main pelagic resources determined by acoustic (summer-autumn 2021)*. *Inf Inst Mar Peru*. 49(2): 175-192.- The Instituto del Mar del Perú (IMARPE) conducted two hydroacoustic assessment cruises in summer and autumn, 2102-04 and 2106-07, respectively, then unified them as the cruise 2102-07. We aimed to know the distribution and biomass of the anchoveta and other pelagic species on the Peruvian coast. Our target species were *Engraulis ringens*, *Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus peruanus*, *Anchoa nasus*, catfish, *Pleuroncodes monodon*, *Dosidicus gigas*, and *Vinciguerria lucetia*. According to our results, *E. ringens* and *P. monodon* are the most abundant species in the coastal zone, favored by oceanographic conditions (cold). Anchoveta's range was found up to 80 nm offshore, almost continuously between Paita-Sama, and with important nuclei of high concentration distributed throughout the coast. We estimated biomass at 12.03 million tons, with the north-central region totaling 10.99 million tons and the south region with 1.04 million tons. Other species such as *T. murphyi* and *S. japonicus peruanus* had a biomass of 258,209 and 823,908 tons, respectively. The crustacean *P. monodon* had an almost continuous distribution between Chicama-Sama and biomass of 1,504,517 tons. The mesopelagic species *D. gigas* and *V. lucetia* had limited distribution with biomasses of 79,375 and 220,149 tons, respectively. The high concentrations of anchoveta schools throughout the coastal zone generated high values of morphometric and energetic acoustic descriptors. Hydroacoustics allowed estimating fish populations to know the current state of pelagic resources to adopt management measures for their conservation and sustainability.

KEYWORDS: distribution and concentration, biomass, population similarity, oceanographic conditions, stratification by isoparalittoral areas

1 Instituto del Mar del Perú (IMARPE). Esq. Gamarra y General Valle s/n. Chucuito. Callao. Perú. pccastillo@imarpe.gob.pe, ramirocasti@gmail.com

2 Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), Facultad de Ingeniería Económica, Estadística y Ciencias Sociales. Av. Túpac Amaru 210, Rímac 15333. Lima. Perú

## 1. INTRODUCCIÓN

Dos o más cruceros de investigación con similares metodologías en periodos de tiempo diferentes en zonas contiguas, generalmente son independientes y como tal deben ser tratados individualmente. CHEN *et al.* (2004) considera que se debe optimizar el muestreo acústico entre las observaciones estacionarias y móviles, es decir, entre las observaciones de la densidad de peces y la velocidad de migración. Esas consideraciones son importantes en cualquier prospección o crucero de investigación para obtener mejor precisión en la estimación de abundancia de una población de peces. SIMMONDS & MACLENNAN (2005) mencionan que un muestreo acústico debe ser realizado en un tiempo razonable por la probabilidad de que los peces migren o se dispersen en el tiempo entre cada transecto. La distancia entre los transectos no debe ser demasiado espaciada por la probabilidad de que algunas concentraciones de peces no se detecten. Estas migraciones ocurren generalmente por la alta dinámica ambiental en una determinada zona. Cuando la variabilidad oceanográfica es alta entre las estaciones del año, los engráulidos presentan patrones de migración (horizontales o verticales), que por lo general varían en el tiempo y reflejan sus preferencias ambientales (GIANNOULAKI *et al.*, 2014; JORDÁN, 1971; SANTANDER & ZUZUNAGA, 1984; CASTILLO *et al.*, 2018).

En este estudio, se ha considerado la unión de dos cruceros de similares muestreos acústicos realizados por el Instituto del Mar del Perú (IMARPE) en la región norte del sistema de la corriente de Humboldt (RNSCH). El primer crucero 2102-04 se realizó entre Tumbes-bahía Independencia (17 de febrero al 1 de abril 2021) y el segundo crucero 2106-07 se realizó entre Punta Infiernillos-Sama (19 de junio al 13 de julio 2021), no se ejecutó de forma continua por diversas circunstancias. Los resultados de las condiciones oceanográficas no mostraron condiciones anómalas que pudieran influenciar, principalmente, la migración latitudinal de la anchoveta y las pruebas estadísticas favorecieron esta unión. Por lo cual, se consideró denominarlo como crucero 2102-07.

Teniendo en consideración que la precisión de la investigación acústica depende de *i)* la variabilidad intrínseca de la población de peces (tiempo-espacio de la presencia de la anchoveta no afectada por migración latitudinal), *ii)* número de unidades de muestra, y *iii)* el diseño del muestreo y método de análisis (SIMMOND *et al.*, 1992). Estas dos últimas fueron similares.

El resultado del presente estudio permitirá determinar la distribución y abundancia de los principales recursos pelágicos, principalmente de la anchoveta, en toda la costa peruana. Los hallazgos del primer crucero del 2021 (2102-04) han contribuido a la elaboración del informe interno "Situación del stock norte-centro de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) a abril de 2021 y perspectivas de explotación para la primera temporada de pesca del año" para la determinación de la cuota de la primera temporada de pesca de la anchoveta en el 2021. En ese crucero, se contó con el apoyo de embarcaciones pesqueras de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP) que participaron de forma continua y coordinada con la finalidad de incrementar el muestreo acústico y biológico al crucero.

Las condiciones oceanográficas frías favorecieron a las tradicionales zonas de surgencia o afloramientos de alta productividad localizadas a lo largo de la costa (MORÓN, 2000) y también han permitido el desarrollo de otras especies en el ambiente pelágico nerítico (CHAVEZ *et al.*, 2008), así como la disminución de la abundancia de otras especies mesopelágicas.

El objetivo de este artículo fue conocer la distribución y biomasa de la anchoveta y otras especies pelágicas en la costa peruana (crucero 2102-07). Las especies investigadas fueron anchoveta, jurel, caballa, samasa, bagre, múnida, pota y vinciguerra.

## 2. MATERIAL Y MÉTODOS

### Área de investigación

El área geográfica de investigación fue la RNSCH entre Tumbes (3°45'S) y Tacna (18°20'S), desde 0,3 mn (priorizando la seguridad de la navegación) hasta distancias menores de 80 mn de distancia a la costa.

Tabla 1.- Zonas de muestreo acústico de las embarcaciones participantes en los cruceros 2102-04 y 2106-07

Embarcaciones	Eslora (m)	Crucero 2102-04				Crucero 2106-07	
		Norte		Sur		Sur	
		Distancia (mn)	Lugar de la zona	Distancia (mn)	Lugar de la zona	Distancia (mn)	Lugar de la zona
IMARPE	BIC Flores Portugal	28,45	0 - 40	Pta. Sal - Casma		0 - 52	Punta Infiernillos - Sama
	L/P Imarpe IV	16,60	0 - 8	Paita - Callao	0 - 8	Callao - Chala	
	EP Ribar XVI	56,00	0 - 80	Zorritos - Punta Sal			
			40 - 80	Punta Sal - Callao			
	EP Andes 52	53,40	0 - 40	Casma - Callao	0 - 70	Callao - Punta Infiernillos	
	*EP Región Chavín IV	32,69					
	*EP Tasa 111	25,04					
	*EP Jadranka B	44,50					
	*EP Atlántico I	43,00					
	*EP Dalmacia	40,10					
	*EP Ana Claudia	25,53					
	*EP Polar IV	43,64					
	*EP Tasa 23	31,05					
	*EP Tasa 27	27,70					

BIC: Buque de Investigación Científica. EP: Embarcación Pesquera.\*EP: EPs que solamente realizaron lances de pesca para incrementar los muestreos biológicos.

### Plataformas de investigación

El presente estudio ha considerado los datos de los “Cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos”: 2102-04 y 2106-07. En el crucero 2102-04 participó el Buque de Investigación Científica (BIC) Flores Portugal y la L/P Imarpe IV; mientras que, en el crucero 2106-07 participó solamente el BIC Flores. En el primer crucero se contó con el apoyo de embarcaciones pesqueras de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP), que participaron en los muestreos, acústicos, biológicos y oceanográficos (Tabla 1).

### Diseño de muestreo acústico

El diseño de muestreo en ambos cruceros fue sistemático, que consiste en transectos o perfiles perpendiculares a la línea de costa y paralelos entre sí (SIMMONDS & MACLENNAN, 2005), con una separación entre 10 y 15 mn. La longitud o distancia de los transectos varió según el protocolo acústico de acuerdo a la presencia o ausencia de los recursos pelágicos (principalmente de la anchoveta) y/o condiciones adversas por mal tiempo o averías en el buque. En total, fueron realizados 110 transectos, cuyos detalles por zonas se indican en la Tabla 1 (Fig. 1).

### Equipos acústicos

El BIC Flores Portugal cuenta con ecosonda científica multifrecuencia Simrad EK 80 (frecuencias: 18, 38, 70, 120 y 200 kHz), en la L/P Imarpe IV se instaló la ecosonda portátil Simrad EY 60 (frecuencia de 120 kHz). En cada una de

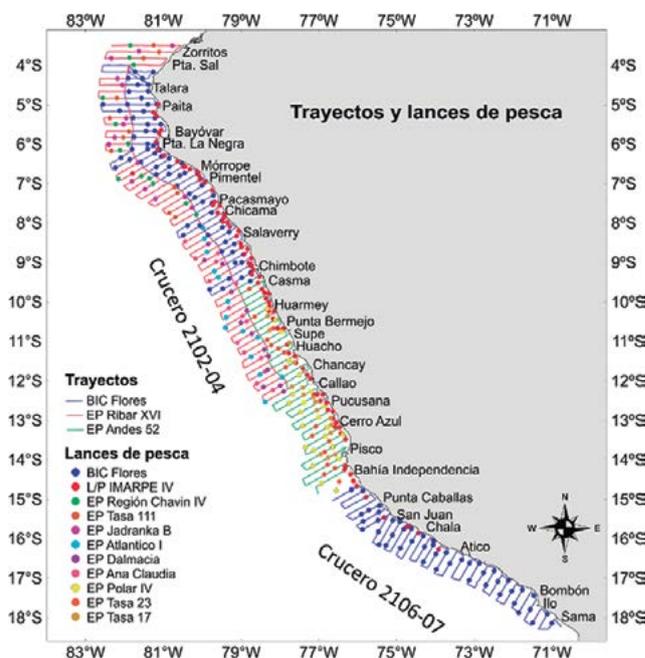


Figura 1.- Trayectos y lances de pesca de los cruceros 2102-04 y 2106-07. Los símbolos son lances de pesca y las líneas son los trayectos, cada color corresponde a una embarcación

las dos embarcaciones de la SNP, que apoyaron en el muestreo acústico, se instaló la ecosonda científica portátil EK 80 (frecuencias: 38, 70 y 120 kHz), detalladas en la Tabla 2.

### Calibraciones acústicas

Se aplicó la metodología de *International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Cooperative Research Report Nro 326* para la realización de las calibraciones acústicas de las ecosondas con blanco estándar (DEMERS *et al.*, 2015; SIMMONDS & MACLENNAN, 2005).

Tabla 2.- Resultado de los datos de desviación de los modelos aplicados en las calibraciones acústicas en los cruceros 2102-04 y 2106-07

Embarcación	Ecosonda Simrad	Modelo de transductor	Frecuencia (kHz)	Crucero 2102-04			Crucero 2106-07			
				RMS (dB)	Ganancia (dB)	S <sub>A</sub> corregido (dB)	RMS (dB)	Ganancia (dB)	S <sub>A</sub> corregido (dB)	
IMARPE	BIC Flores Portugal	EK 80	ES18	18	0,27	22,39	-0,13			
			ES38-7	38	0,04	26,84	-0,17	0,12	27,21	-0,41
			ES70-7C	70	0,05	27,74	-0,04	0,08	27,84	-0,07
			ES120-7C	120	0,08	27,13	0,05	0,08	27,00	-0,15
			ES200-7C	200	0,25	27,36	0,07	0,25	26,98	-0,03
LP Imarpe IV	EY 60	ES120-7C	120	0,26	24,30	-0,59				
SNP	EP Ribar XVI	EK 80	ES38-10	38	0,07	24,59	0,11			
			ES70-7C	70	0,09	27,70	-0,33			
			ES120-7C	120	0,12	27,68	-0,08			
			ES38-10	38	0,07	24,59	-0,08			
			ES70-7C	70	0,09	27,70	-0,16			
EP Andes 52	EK 80	ES120-7C	120	0,12	27,71	-0,12				

RMS (Root Mean Square). Escala de valores del modelo:  
 RMS <0,20 muy aceptables, RMS 0,20-0,40 aceptables, RMS >0,40 deficientes

Tabla 3.- Lances de pesca realizados en los cruceros 2102-04 y 2106-07

Embarcaciones	Crucero 2102-04		Crucero 2106-07		Total	Tipo de arte de pesca
	Norte	Sur	Norte	Sur		
IMARPE BIC Flores Portugal	74			47	121	Red de arrastre pelágica
IMARPE LP Imarpe IV	64	25			89	Red de arrastre pelágica
SNP EP Ribar XVI						
SNP EP Andes 52						
SNP EP Región Chavín IV	13				13	Red de cerco anchovetera
SNP EP Tasa 111	12				12	Red de cerco anchovetera
SNP EP Jadranka B	16				16	Red de cerco anchovetera
SNP EP Atlántico I	14				14	Red de cerco anchovetera
SNP EP Dalmacia	13				13	Red de cerco anchovetera
SNP EP Ana Claudia	15				15	Red de cerco anchovetera
SNP EP Polar IV	5	18			23	Red de cerco anchovetera
SNP EP Tasa 23	8	8			16	Red de cerco anchovetera
SNP EP Tasa 27	5	11			16	Red de cerco anchovetera
TOTAL	239	62		47	348	
		301		47		

### Lances de pesca

El arte de pesca del BIC Flores Portugal y L/P Imarpe IV, fueron redes de arrastre pelágico tipo Granton con aberturas verticales de 8 y 6 m, respectivamente. Las embarcaciones pesqueras de la SNP que participaron en los cruceros, emplearon redes de cerco de malla anchovetera (Tabla 3).

### Datos acústicos

El pos-procesamiento de información y almacenamiento de datos acústicos se efectuó de acuerdo a los siguientes protocolos internos del AFH: "Protocolo para la colección y análisis de ecogramas durante prospecciones de evaluación de recursos pesqueros", "Protocolo de acción en la toma de información de datos en un crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos" y "Protocolo acústico para la estandarización de información en los cruceros de evaluación de recursos pesqueros". La muestra acústica o unidad de distancia de muestreo elemental (ESDU) fue de 1 mn, los valores del coeficiente náutico de dispersión acústica por Área (NASC en m<sup>2</sup>/mn<sup>2</sup>) de cada cardumen, fueron medidas por eointegración (SIMMONDS & MACLENNAN, 2005).

La discriminación acústica fue realizada con el programa *EchoView* donde se identificaron los ecotrazos de las especies detectadas de acuerdo a: composición de captura por lance de pesca, tipo de ecotrazo y por análisis multifrecuencia (gráficos de respuesta de frecuencia acústica de cardúmenes) (LA CRUZ *et al.*, 2017; CASTILLO *et al.*, 2009). La detección de cardúmenes de anchoveta fue clasificada en dos categorías: anchoveta juvenil (ejemplares con modas menores a 12 cm de longitud total-LT) y anchoveta adulta (ejemplares con modas mayores a 12 cm de LT).

El mapeo de los gráficos de distribución horizontal de cada especie evaluada fue realizado por interpolación de los valores NASC, mediante el método *kriging* en el programa *Surfer*. La distribución vertical de los cardúmenes se efectuó a partir de las exportaciones de las regiones realizadas con el programa *EchoView* (*Myriax software Pty Ltd*) y graficado en el programa R.

Los estimados de abundancia o biomasa fueron obtenidos por el método de estratificación en áreas isoparalitorales de 10x30 mn, descrito en CASTILLO *et al.* (2009). Las variables utilizadas como ecuaciones de fuerza de blanco (TS) y relación longitud-peso de cada especie esta descrita en la Tabla 4.

Tabla 4.- Valores utilizados de los coeficientes de relación longitud-peso ( $W=aL^b$ ) y ecuaciones de fuerza de blanco (TS) de las especies pelágicas utilizadas en el 2102-07. La función de TS para una longitud del pez (L) es representado por  $TS=20 \log L+20$ .

Especie	Crucero 2102-04		Crucero 2106-07		Frecuencia (kHz)	Rango (cm)	Promedio (cm)	$b_{20}$	Referencia
	a	b	a	b					
Anchoveta ( <i>Engraulis ringens</i> )	0,0049 (N-C)	3,1167 (N-C)	0,0024 (N-C)	3,359 (N-C)	120	6,0 - 8,5 10,0 - 13,0 > 13,0	7,0 11,3 15,1	-81,80 -76,25 -77,50	Gutiérrez, 1999 Gutiérrez y MacLennan, 1998 MacLennan <i>et al.</i> , 1998
Jurel ( <i>Trachurus murphyi</i> )	0,0136	2,802	0,0186	2,6166	120	27,0 - 38,0		-70,80 -69,60	Gutiérrez <i>et al.</i> , 1999 Robles <i>et al.</i> , 2017
Caballa ( <i>Scomber japonicus</i> )	0,0137	2,8649	0,0233	2,7757	120	26,0 - 30,0		-70,80	Gutiérrez y MacLennan, 1998
Samasa ( <i>Anchoa nasus</i> )	0,0054	3,0695			120	10,0 - 14,5		-86,57	Gutiérrez y Herrera, 1999
Bagre ( <i>Galeichthys peruvianus</i> )	0,0108	3,016			120			-74,10	Castillo <i>et al.</i> , 1998
Múñida ( <i>Pleuroncodes monodon</i> )	0,0017	2,5735	0,0005	2,7289	120			-92,70	Gutiérrez, 1999
Pota ( <i>Dosidicus gigas</i> )	0,0949	2,6333	0,0021	3,4328	38	12,0 - 24,0		-70,12	Gutiérrez, 2000
Vinciguerría ( <i>Vinciguerría lucetia</i> )	0,0061	2,9507	0,0200	2,6824	38	3,5 - 6,5		-82,40	Gutiérrez y Herrera, 1999

### Prueba estadística de similitud entre los datos de ambos cruceros

La prueba no paramétrica de *Mann-Whitney-Wilcoxon* (WMW) se efectuó para contrastar los datos de la población de anchoveta, en ambos cruceros. La hipótesis nula fue que las medianas de ambas poblaciones son iguales. Fueron realizadas las siguientes condiciones: independencia entre los grupos de datos, datos ordinales (para ordenar de menor a mayor), distribución no normal o tener el mismo tipo de distribución (varianza, asimetría, etc.) e igualdad de varianza entre ambos grupos o cruceros (homocedasticidad) (MANN & WHITNEY, 1947).

Los datos utilizados fueron los NASC de anchoveta y los principales descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta (SCALABRIN & MASSÉ, 1993) obtenidos en ambos cruceros.

### Datos biológicos

Los datos biológicos fueron obtenidos de las capturas en los lances de pesca para determinar la estructura de tallas y relación longitud-peso de las diferentes especies pelágicas evaluadas. En el caso de la anchoveta, la estructura por tamaños fue ponderada de acuerdo a los valores de integración detectados (tres valores antes y después de cada lance con presencia de anchoveta). Datos utilizados en la estimación de la biomasa de las especies investigadas.

### Variación temporal de las condiciones oceanográficas

Se analizó la serie temporal del promedio mensual de las condiciones oceanográficas superficiales obtenidas por información satelital

del Área Funcional de Sensoramiento Remoto de la DGIHSA del IMARPE, entre los meses de febrero-julio 2021 con la finalidad de observar sus variaciones. Las variables fueron: temperatura y clorofila-*a* de nivel L3 de 4 km de resolución espacial con formato NetCDF del sensor MODIS de la NASA, la salinidad proviene del modelo *Hybrid Coordinate Ocean Model* (HYCOM) desarrollado por HALLIWELL *et al.* (1998, 2000) y BLECK (2002).

## 3. RESULTADOS

### VARIACIÓN DE LAS CONDICIONES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES

Las condiciones oceanográficas superficiales observadas con imágenes de satélite en el periodo de febrero a julio 2021, se caracterizaron por ser estables y normales, propios de las estaciones de verano y otoño, con condiciones ligeramente frías.

La distribución térmica se presentó acorde con la estacionalidad y hubo valores más altos de la TSM en marzo, los más bajos se presentaron en julio, por el avance de las ACF hacia el norte. Con respecto a la SSM, se observó proyección al sur de las AES y ATS en la zona norte hasta marzo y el repliegue de las mismas a mediados de otoño e inicios de invierno; en tanto que, las ASS presentaron fuertes proyecciones en la costa central (Chimbote-Callao) en otoño e invierno, posiblemente asociadas al debilitamiento de los vientos en esa zona; sin embargo, al norte y al sur se observaron amplias zonas de ACF. La clorofila-*a* presentó amplia distribución en verano e inicio de otoño, asociada a los constantes procesos de afloramiento y a la poca nubosidad de esta época, lo que permite que la radiación solar acelere los procesos fotosintéticos. A mediados de

otoño e inicios de invierno, como es de esperar, la distribución de la clorofila-*a* disminuyó por el aumento de la nubosidad (Fig. 2).

**PRUEBAS ESTADÍSTICAS NO PARAMÉTRICAS ENTRE LAS DOS POBLACIONES DE ANCHOVETA EN CADA CRUCERO**

La comprobación de los supuestos de la prueba de WMW realizada con los datos NASC de anchoveta ( $m^2/mn^2$ ) mostraron una similitud en el tipo de distribución exponencial (Fig. 3). La homocedasticidad determinada con la prueba de Levene o prueba de Fligner-Killeen tuvo una mediana chi-cuadrado (*med chi-squared*) = 0,071331 y un valor de probabilidad (*p-value*) de 0,7894. El *p-value* > 0,05 entonces se acepta la hipótesis nula de que no hay diferencia entre las

variaciones en la población de anchoveta entre ambos cruceros (variancias iguales).

La prueba de Wilcoxon tuvo en el crucero 2102-04: datos 1 ( $n1$ ) = 2554, mediana (*median*) = 546, rango intercuartil entre el tercer y el primer cuartil (*iqr*) = 1724, y en el crucero 2106-07:  $n2$  = 623, *median* = 521, *iqr* = 1868, la prueba estadística (*stat.test*) para ambos cruceros fue: estadístico (*statistic*) = 805585, tamaño del efecto observado (*effsize*) = 0,00856, probabilidad (*p*) = 0,626 y magnitud (*magnitude*) = *small*, lo que indica que,  $p$  > 0,05, lo que infiere que no hay diferencias significativas entre ambas poblaciones (Fig. 4). No hay evidencias para considerar que la localización de las poblaciones de ambos cruceros sea distinta, por lo que se concluye que las medianas de ambas poblaciones son iguales.

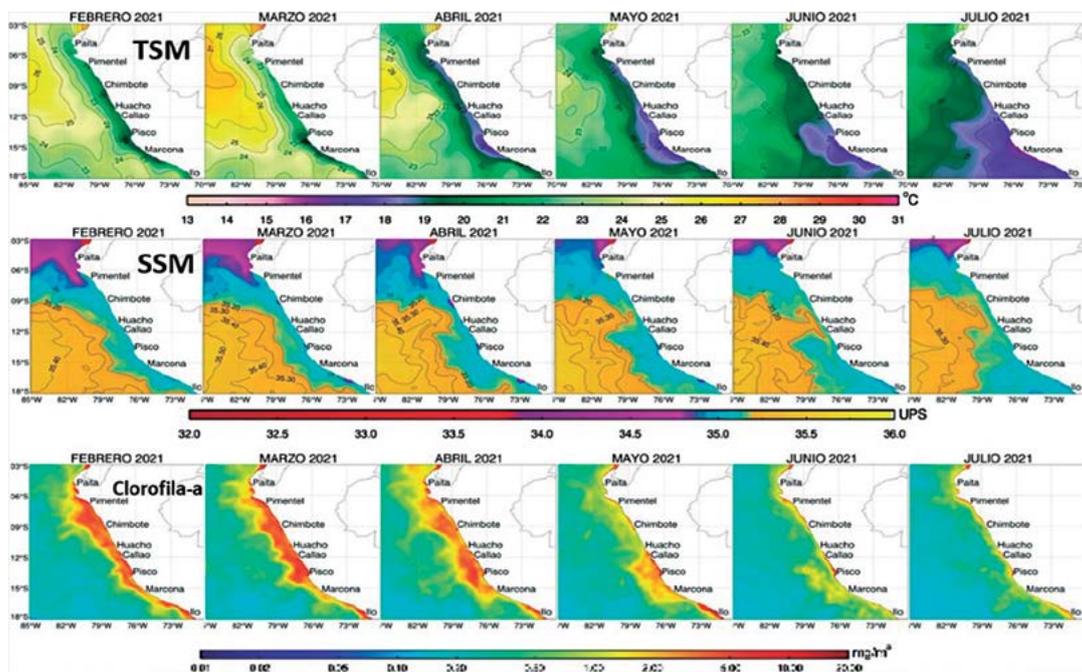


Figura 2.- Condiciones oceanográficas de temperatura superficial del mar (TSM), salinidad superficial del mar (SSM) y clorofila-*a* en la superficie del mar registradas con información satelital en el periodo febrero-julio 2021

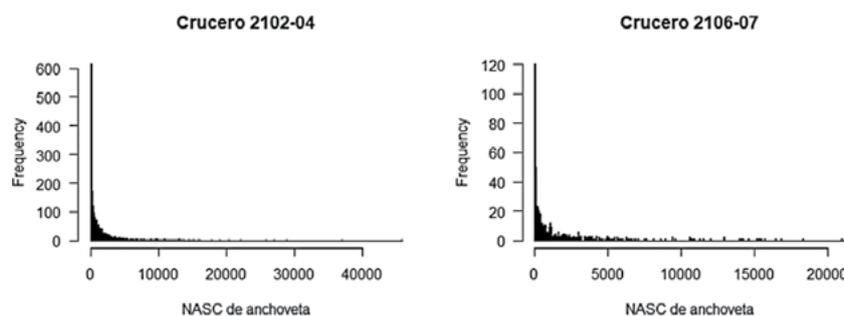


Figura 3.- Distribución exponencial de los datos NASC de anchoveta obtenidos en los cruceros 2102-04 y 2106-07

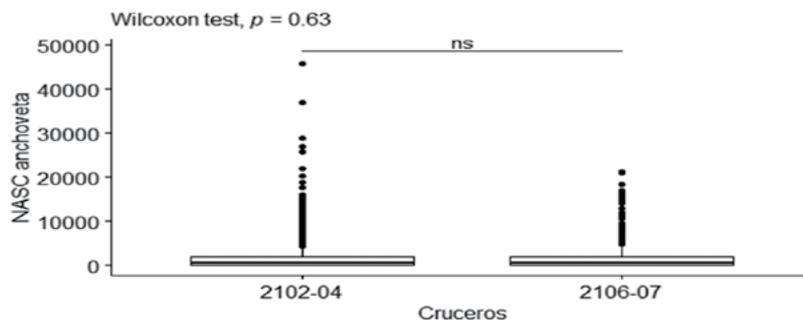


Figura 4.- Prueba de Wilcoxon en los datos NASC de anchoveta en los crucesos: 2102-04 y 2106-07. Se acepta la hipótesis nula de que ambas poblaciones de anchoveta son iguales

Tabla 5.- Resultados de Mann-Whitney-Wilcoxon test de los principales descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta registrados en verano y otoño 2021

Descriptor	cruceiro	n	median	iqr	Prueba estadística			
					statistic	effsize	p	magnitude
Altura promedio (m)	2102-04	53719	0,876	0,692	245015064	0,2010	0,0000	small
	2106-07	12902	1,180	1,110				
Profundidad promedio (m)	2102-04	53719	6,100	4,730	108545888	0,4700	0,0000	moderate
	2106-07	12902	14,800	14,600				
Área (m <sup>2</sup> )	2102-04	53328	6,560	19,900	300920418	0,0714	0,0000	small
	2106-07	12608	8,400	8,400				

n = número de datos, median = mediana, iqr = rango intercuartil entre el tercer y primer cuartil, statistic = estadística, effsize = tamaño del efecto observado, p = probabilidad, magnitude = magnitud.

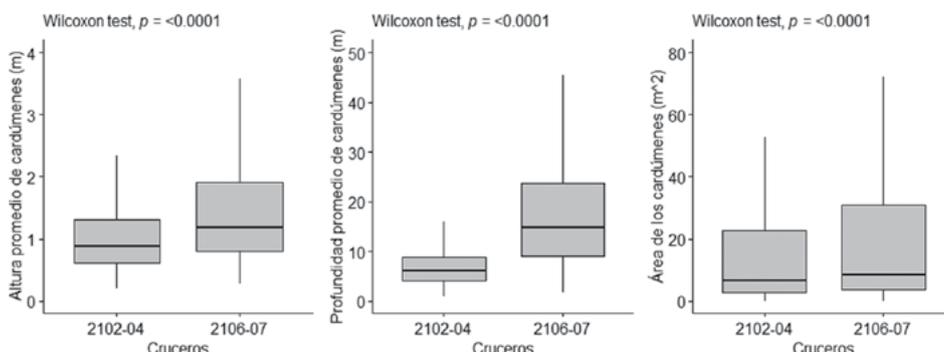


Figura 5.- Prueba de Wilcoxon en los datos de los principales descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta en los crucesos 2102-04 y 2106-07. Se rechaza la hipótesis nula de que ambas poblaciones de anchoveta son diferentes

La prueba de WMW de los valores de eointegración (NASC) de anchoveta, que tiene una distribución no normal, mostró que las poblaciones encontradas por ambos crucesos (2102-04 y 2106-07) fueron las mismas y se reflejaron en los gráficos de distribución espacial con las mismas características; es decir, con altas concentraciones de cardúmenes localizados en toda la costa.

En el caso de los principales descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta, como altura promedio (m), profundidad promedio (m) y área (m<sup>2</sup>), hubo diferencias en cada descriptor entre

ambos crucesos, las medianas difieren en cada cruceiro (Fig. 5). Los valores p de cada descriptor acústico fue menor a 0,05 (Tabla 5), lo que evidenció que ambas poblaciones tuvieran diferentes características estructurales en la formación de los cardúmenes. Situación similar a lo obtenido en el cruceiro de verano del 2020 (cruceiro 2002-04), pues los valores p fueron menores de 0,05 (Tabla 6), con magnitud pequeño (*small*). La profundidad promedio obtenida en el presente cruceiro 2102-07 fue moderada (*moderate*), porque hubo diferencias significativas en las regiones; en el sur, la anchoveta se encontró a mayores profundidades (hasta 77,58 m de profundidad).

Tabla 6.- Biomasa de la anchoveta por grado latitudinal y distancia de la costa en el crucero 2102-07

TOTALES (t)	TOTAL (%)	Distancia de la costa (mn)								Grado de latitud sur
		70-80	60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	0-10	
0										03° 30 - 04° 00
0	0.00									03° - 04°
0										04° 00 - 04° 30
5.709									5.709	04° 30 - 05° 00
<b>5.709</b>	<b>0.05</b>								<b>5.709</b>	<b>04° - 05°</b>
40.204									40.204	05° 00 - 05° 30
238.379									238.379	05° 30 - 06° 00
<b>278.583</b>	<b>2.31</b>								<b>278.583</b>	<b>05° - 06°</b>
224.326							5.810		218.516	06° 00 - 06° 30
540.052							281	42.597	497.174	06° 30 - 07° 00
<b>764.378</b>	<b>6.35</b>						<b>281</b>	<b>48.407</b>	<b>715.690</b>	<b>06° - 07°</b>
481.387					19.646	1.663	92.148	143.866	224.064	07° 00 - 07° 30
565.961			2.550	85.801	134.644	45.063	30.683	124.633	142.587	07° 30 - 08° 00
<b>1.047.348</b>	<b>8.70</b>		<b>2.550</b>	<b>85.801</b>	<b>154.290</b>	<b>46726.108</b>	<b>122.831</b>	<b>268.499</b>	<b>366.651</b>	<b>07° - 08°</b>
660.279		21.484	4.460	31.879	158.616	96.759	84.869	166.401	95.812	08° 00 - 08° 30
831.161		35.105	38.167	118.788	153.946	68.696	134.797	200.051	81.611	08° 30 - 09° 00
<b>1.491.441</b>	<b>12.39</b>	<b>56.589</b>	<b>42.627</b>	<b>150.667</b>	<b>312.562</b>	<b>165.455</b>	<b>219.667</b>	<b>366.452</b>	<b>177.423</b>	<b>08° - 09°</b>
972.242		16.771	46.691	120.455	106.157	202.366	134.441	233.387	111.972	09° 00 - 09° 30
413.831					31.965	46.455	13.081	21.839	300.491	09° 30 - 10° 00
<b>1.386.073</b>	<b>11.52</b>	<b>16.771</b>	<b>46.691</b>	<b>120.455</b>	<b>138.122</b>	<b>248.822</b>	<b>147.523</b>	<b>255.226</b>	<b>412.463</b>	<b>09° - 10°</b>
847.356				5.161	63.145	27.139	261.185	205.778	284.948	10° 00 - 10° 30
380.323			12.932	10.618	17.632	138.747	63.830	41.062	95.505	10° 30 - 11° 00
<b>1.227.684</b>	<b>10.20</b>		<b>12.932</b>	<b>15.779</b>	<b>80.776</b>	<b>165.887</b>	<b>325.016</b>	<b>246.840</b>	<b>380.453</b>	<b>10° - 11°</b>
650.474					9.559	17.843		164.073	459.000	11° 00 - 11° 30
927.040			933	56.142	216.124	346.130	143.390	164.321		11° 30 - 12° 00
<b>1.577.514</b>	<b>13.11</b>		<b>933</b>	<b>65.701</b>	<b>233.967</b>	<b>346.130</b>	<b>307.462</b>	<b>623.321</b>		<b>11° - 12°</b>
758.515				3.601	33.441	113.264	163.547	248.413	196.248	12° 00 - 12° 30
520.227				350	9.083	52.421	301.833	116.414	40.127	12° 30 - 13° 00
<b>1.278.742</b>	<b>10.62</b>			<b>3950</b>	<b>42.524</b>	<b>165.685</b>	<b>465.380</b>	<b>364.827</b>	<b>236.375</b>	<b>12° - 13°</b>
300.022				13.885	7.198	17.945	65.492	127.521	67.980	13° 00 - 13° 30
278.309					23.734	122.165	85.017	29.615	17.778	13° 30 - 14° 00
<b>578.330</b>	<b>4.81</b>			<b>13.885</b>	<b>30.932</b>	<b>140.110</b>	<b>150.509</b>	<b>157.136</b>	<b>85.758</b>	<b>13° - 14°</b>
244.863			253	1.903	13.196	82.083	92.869	37.768	16.791	14° 00 - 14° 30
323.500							33.565	214.942	74.993	14° 30 - 15° 00
<b>568.363</b>	<b>4.72</b>		<b>253</b>	<b>1.903</b>	<b>13.196</b>	<b>82.083</b>	<b>126.434</b>	<b>252.710</b>	<b>91.784</b>	<b>14° - 15°</b>
320.088						15.575	120.462	132.387	51.665	15° 00 - 15° 30
469.894					27.646	127.933	95.137	43.698	175.480	15° 30 - 16° 00
<b>789.982</b>	<b>6.56</b>				<b>27.646</b>	<b>143.508</b>	<b>215.599</b>	<b>176.085</b>	<b>227.145</b>	<b>15° - 16°</b>
455.872					61.875	5.587	243.801	144.609		16° 00 - 16° 30
213.075						138	572	66.219	146.146	16° 30 - 17° 00
<b>668.947</b>	<b>5.56</b>				<b>61.875</b>	<b>5.725</b>	<b>572</b>	<b>310.020</b>	<b>290.755</b>	<b>16° - 17°</b>
195.976						43.649	33.854	16.243	102.230	17° 00 - 17° 30
148.526						8.982	76.892	1.061	61.591	17° 30 - 18° 00
<b>344.502</b>	<b>2.86</b>					<b>52.631</b>	<b>110.746</b>	<b>17.304</b>	<b>163.821</b>	<b>17° - 18°</b>
28.179							15.221	925	12.033	18° 00 - 18° 30
<b>28.179</b>	<b>0.23</b>						<b>15.221</b>	<b>925</b>	<b>12.033</b>	<b>18° - 18°30'</b>
<b>TOTALES</b>		<b>73.360</b>	<b>105.054</b>	<b>393.373</b>	<b>927.623</b>	<b>1.450.599</b>	<b>2.245.909</b>	<b>2.771.893</b>	<b>4.067.963</b>	
<b>12.035.775</b>	<b>100.00</b>	<b>0,61</b>	<b>0,87</b>	<b>3,27</b>	<b>7,71</b>	<b>12,05</b>	<b>18,66</b>	<b>23,03</b>	<b>33,80</b>	<b>12.035.775</b>

### CALIBRACIONES ACÚSTICAS DE ECOSONDAS CIENTÍFICAS

Los resultados de la raíz cuadrática media (*Root Mean Square-RMS*) de las mediciones acústicas con blanco estándar de acuerdo con la escala del manual de calibraciones fueron muy aceptables ( $RMS > 0,2$  dB) o excelentes ( $RMS < 0,2$  dB) por los valores obtenidos en todos los buques, y considerando que la estimación de biomasa de la anchoveta fue realizada con la frecuencia de 120 kHz.

La velocidad de sonido en el agua de mar obtenida en los buques participantes, osciló entre 1.509,5 y 1.521,2 m/s en ambos cruceros. En todas las frecuencias de las ecosondas se aplicó una duración de pulso de 512  $\mu$ s (Tabla 2).

### DISTRIBUCIÓN HORIZONTAL Y VERTICAL DE RECURSOS PELÁGICOS

#### Anchoveta

En el crucero 2102-04 o principalmente en la región norte-centro, la presencia de anchoveta se encontró en la franja costera de las 80 mn con distribución continua, amplia distribución y áreas densas. Los detalles de esta distribución horizontal o espacial fueron los siguientes: *i*) continuidad a lo largo de la costa entre Paita-bahía Independencia, *ii*) netamente costera (0,5 a 15 mn de la costa) entre Paita-Mórrope, *iii*) amplia entre Chicama-Chimbote y frente a Punta Bermejo (0,5 a 80 mn de la costa), *iv*) abundante en la zona costera de las 55 mn entre Mórrope-bahía Independencia con presencia de altas concentraciones o áreas densas, y

v) la alta concentración generó la formación de cardúmenes de mayor tamaño y biomasa (características morfométricas y energéticas) que fueron favorables para la flota pesquera. En el crucero 2106-07 o principalmente en la región sur, la distribución espacial de anchoveta tuvo casi las mismas características que en el crucero 2102-04; es decir, i) fue registrada en forma continua en casi toda la franja costera entre Punta Infiernillos-Sama con importantes concentraciones de alta densidad entre Punta Infiernillos-Ilo, ii) la máxima distribución fue registrada en un área densa localizada entre 31 y 52 mn de la costa entre San Juan de Marcona-Chala, otras áreas densas fueron localizados en la franja costera de las 44 mn de la costa entre Punta Infiernillos-San Juan de Marcona y en la franja costera de las 20 mn entre San Juan de Marcona-Ocoña (Fig. 6).

A nivel de tamaño, la distribución de ejemplares adultos de anchoveta fue registrada en áreas de mayor densidad principalmente entre Mórrope-San Juan de Marcona; es decir, se detectaron en diversos núcleos a lo largo de esta franja costera localizados en: Mórrope-Pacasmayo, Pimentel-Chimbote, Casma-Huarmey, Huacho-Pucusana, Cerro Azul-bahía Independencia y Punta Caballas-San Juan de Marcona. La distribución de

ejemplares juveniles se concentró principalmente cerca de la costa entre Mórrope-Salaverry, sur de Salaverry, Huarmey, Callao-Pucusana y Punta Infiernillos-Ocoña (Fig. 6).

La amplitud longitudinal de la distribución de la anchoveta se generó por presencia de las ASS, que fue amplia en el norte y estrecha en el sur. Sin embargo, en ambas zonas se mantuvo una importante mezcla entre ejemplares adultos y juveniles, con mayor incidencia de juveniles en la zona sur.

En el nivel vertical, los cardúmenes de anchoveta se registraron entre 0,86 y 77,58 m con promedio en 8,89 m. Los cardúmenes generalmente se registraron en la capa superficial de los 30 m entre Paita-Punta Infiernillos y Atico-Sama; mientras que, los más profundos se encontraron entre Punta Infiernillos-Atico. Se observó alta abundancia en gran parte del litoral (valores muy densos entre -45 a -35 dB). Los valores de volumen de retrodispersión acústica ( $S_v$ ) que indican niveles de abundancia, mostraron que en las horas diurnas ( $S_v$  promedio en -41,67 dB) se obtuvo mayor abundancia con respecto a las horas nocturnas ( $S_v$  promedio en -44,32 dB), que disminuyó paulatinamente a mayores profundidades (Fig. 7).

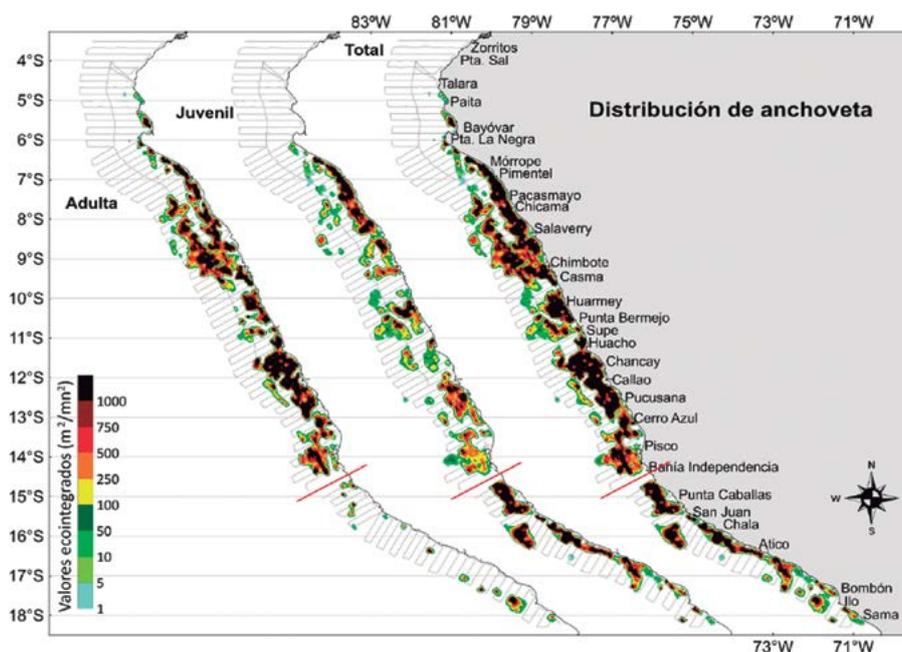


Figura 6.- Distribución espacial de la anchoveta de acuerdo con los niveles de ecointegración para el crucero 2102-07. Se indica la distribución adulta (moda: > 12 cm), la distribución juvenil (moda: < 12 cm) y la distribución total

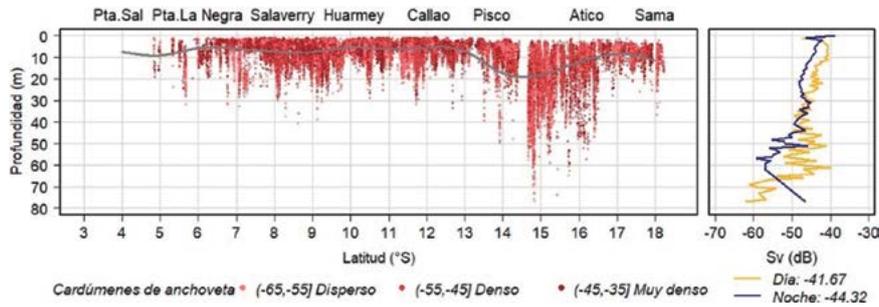


Figura 7.- Distribución vertical de cardúmenes de anchoveta por categorías de abundancia según el grado de latitud y en el lado derecho el Sv total con respecto al día y la noche registrados en el crucero 2102-07

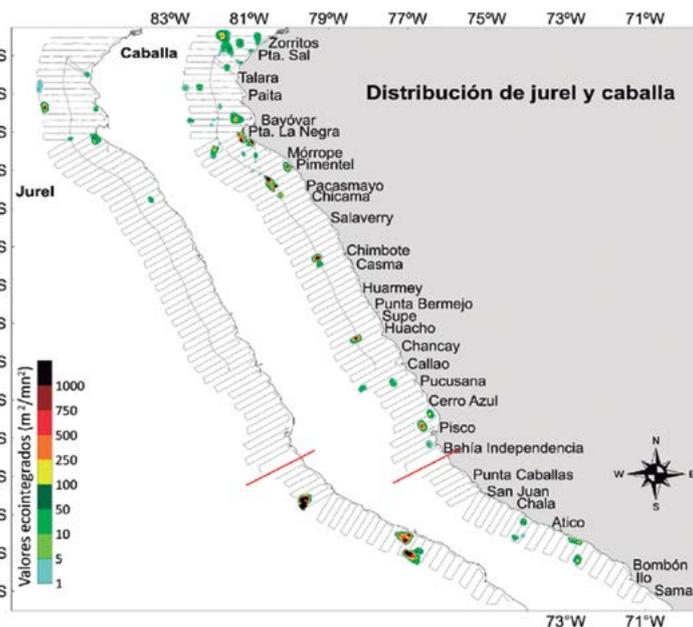


Figura 8.- Distribución espacial de jurel y caballa de acuerdo con los niveles de eointegración para el crucero 2102-07

### Jurel y caballa

La presencia del jurel en el norte fue escasa, se registraron en núcleos aislados con características dispersas, mientras que en el sur se detectó entre 33-52 mn de San Juan de Marcona con características densas o alta concentración, entre 2-20 mn de la costa de Atico, y entre 19-40 mn frente a Ocoña. La caballa se registró en diversos núcleos pequeños localizados entre Zorritos-Ocoña, la mayor presencia se encontró entre Zorritos-Pacasmayo (Fig. 8).

En el nivel vertical, el jurel se detectó entre 5,90 y 47,74 m con profundidad promedio en 11,27 m, mientras que la caballa se registró entre 3,22 y 55,75 m con profundidad promedio en 8,94 m. La mayor abundancia de jurel se registró entre 20 y 36 m de profundidad con

valor que alcanzó -34,00 dB; en el caso de la caballa, la mayor abundancia estuvo entre 8 y 34 m de profundidad ( entre -42,00 y -48,00 dB) (Fig. 9).

### Samasa y bagre

Estas especies costeras se localizaron en la zona norte; la samasa fue la especie que se encontró en menores áreas, fue localizada frente a Punta La Negra y frente a Mórrope a distancias menores de 12 mn de la costa. El bagre se encontró en dos zonas, la primera fue continua en la franja costera de las 20 mn entre Mórrope-Chimbote, en esta misma área se encontraron dos núcleos alejados entre Chicama-Chimbote ubicados entre 34 y 51 mn de la costa, y la segunda en un área costera en la bahía de Pisco (Fig. 10).

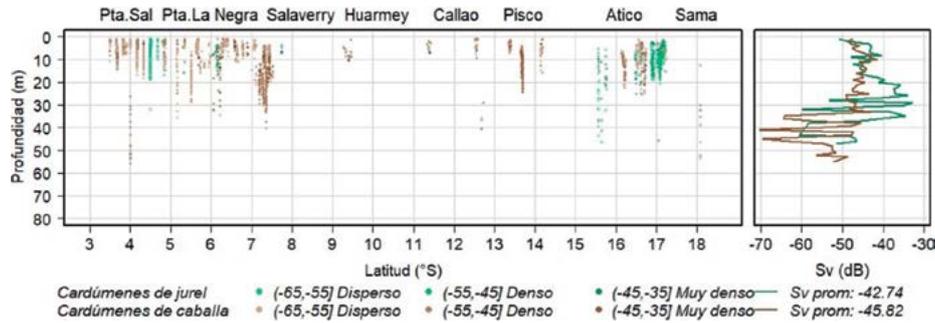


Figura 9.- Distribución vertical de cardúmenes de jurel y caballa por categorías de abundancia según el grado de latitud y en el lado derecho el Sv total de ambas especies registrados en el crucero 2102-07

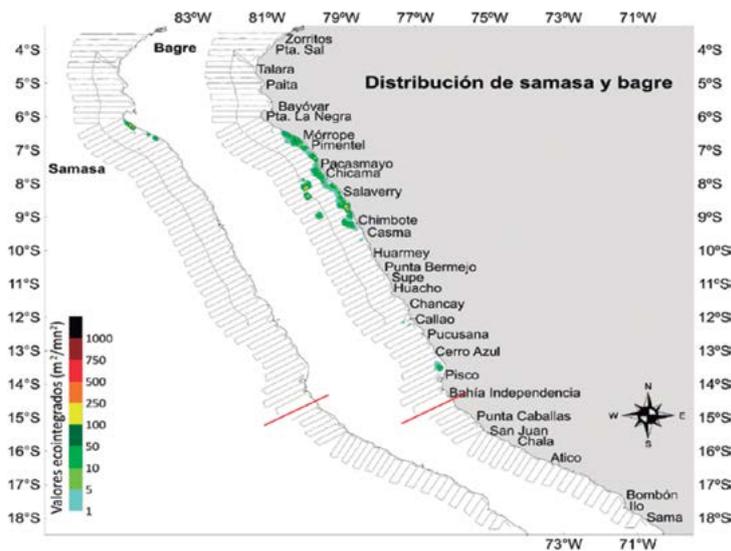


Figura 10.- Distribución espacial de samasa y bagre de acuerdo con los niveles de ecointegración para el crucero 2102-07

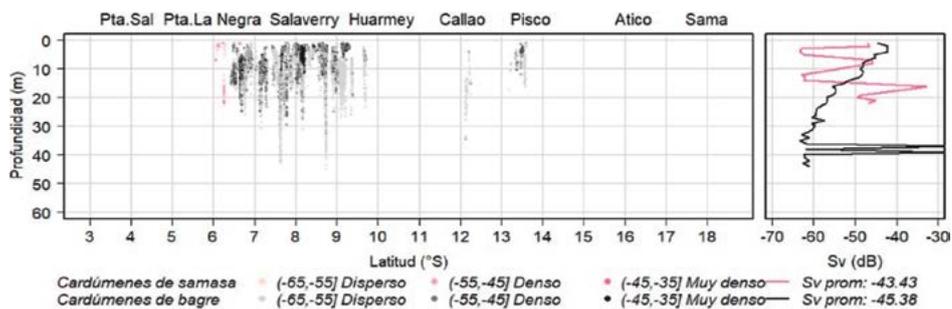


Figura 11.- Distribución vertical de cardúmenes de samasa y bagre por categorías de abundancia según el grado de latitud y en el lado derecho el Sv total de ambas especies registrados en el crucero 2102-07

En el nivel vertical, la samasa se registró entre 1,28 y 22,54 m de profundidad, con media en 6,20 m y promedio de -43,43 dB, mientras que el bagre se encontró entre 3,77 y 13,51 m de profundidad, con media en 9,58 m y promedio de -45,38 dB (Fig. 11).

### Múnida

Este crustáceo es una especie costera y abundante que comparte su distribución con la anchoveta. La múnida tuvo distribución continua de Chicama a bahía Independencia entre 0,5 y 60

mn de la costa con núcleos de concentración en Salaverry, Chimbote y Chancay, entre Punta Infiernillos-Ocoña, generalmente en la franja costera de las 18 mn con algunos núcleos de alta agregación, y entre Ocoña-Sama tuvo mayor extensión, que alcanzó hasta las 38 mn con dos núcleos de alta agregación localizados entre Bombón-Ilo (Fig. 12).

Esta especie se registra en forma de “cordón” generalmente de manera continua, en esta oportunidad fue detectada entre 6,43 y 147,64 m de profundidad, con promedio 17,50 m. En

la zona comprendida entre Chicama-bahía Independencia se registró principalmente en la capa superficial de los 25 m con media en 9,97 m. Se observaron agregaciones densas, mayores de -45 dB y en la zona comprendida entre Punta Infiernillos-Sama se registró en mayores profundidades con media de 26,22 m. Los registros de energía de promedio fueron casi similares en las horas diurnas (-50,43 dB) y en las nocturnas (-52,12 dB) con un mismo tipo de comportamiento a nivel vertical; hubo una leve disminución en su abundancia en mayores profundidades (Fig. 13).

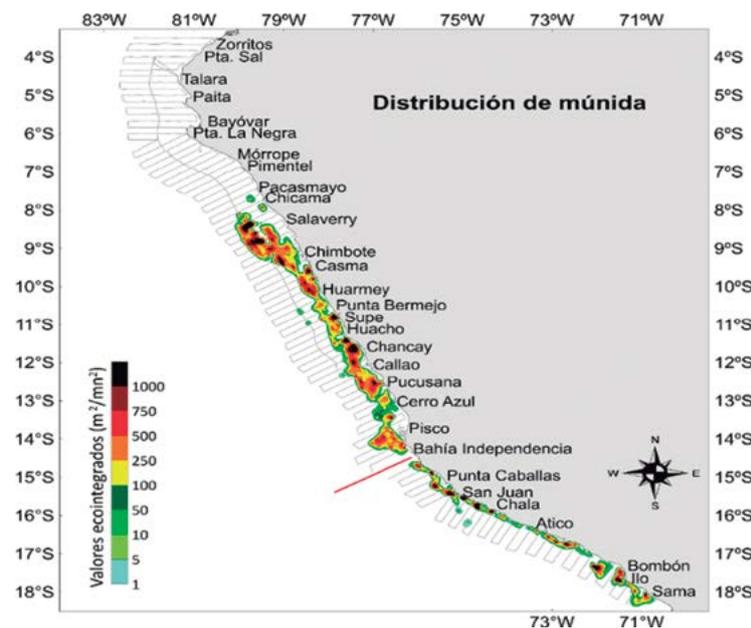


Figura 12.- Distribución espacial de la múnida de acuerdo con los niveles de ecointegración para el crucero 2102-07

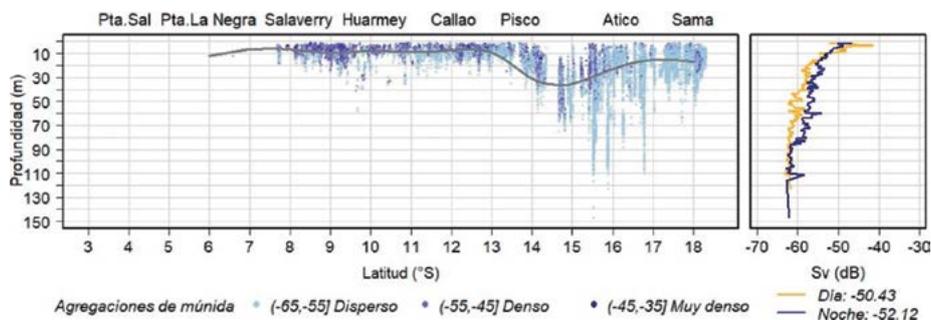


Figura 13.- Distribución vertical de agregaciones de múnida por categorías de abundancia según el grado de latitud y en el lado derecho el Sv total con respecto al día y la noche registrados en el crucero 2102-07

### Pota y vinciguerría

Estas especies son propias de las aguas oceánicas y su presencia y abundancia en el crucero ha sido baja. Se registraron en diversos núcleos, generalmente alejados de la costa, con características dispersas y muy dispersas. La pota se registró principalmente en dos zonas con diversos núcleos pequeños, la primera, entre 4 y 80 mn de la costa de Zorritos-Chicama, y la segunda, entre 36-80 mn de la costa de Huarmey-Chala. La vinciguerría estuvo distribuida en pequeños núcleos aislados distribuidos en toda la costa; en la zona comprendida entre Punta Sal-Pimentel se encontró entre 1 y 80 mn de la costa, y en la zona comprendida entre Casma-Ilo se registró entre 15 y 80 mn de la costa (Fig. 14).

En el nivel vertical, estas especies oceánicas están muy relacionadas y tienen un comportamiento

nictameral. La pota se encontró entre 10,22 y 365,06 m de profundidad con promedio de -56,21 dB, mientras que la vinciguerría se detectó entre 19,34 y 318,95 m de profundidad con promedio de -51,93 dB. Ambas especies tuvieron las mismas características en cuanto a su distribución vertical (Fig. 15).

### ESTIMADOS DE BIOMASA DE LAS ESPECIES PELÁGICAS

#### Biomasa de anchoveta

La biomasa total de anchoveta estimada por el método hidroacústico por estratificación en áreas isoparalitorales de 10 x 30 mn fue de 12,03 millones de toneladas. Se establecieron dos límites de confianza de los valores NASC; entre Puerto Pizarro-bahía Independencia fue de 6,55% (crucero 2102-04) y entre Punta Infiernillos-Sama fue de 14,94% (crucero 2106-07).

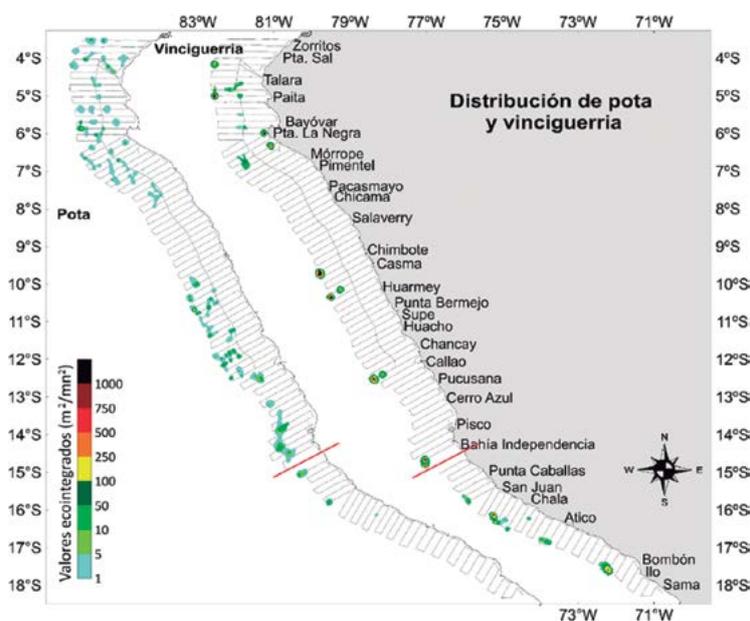


Figura 14.- Distribución espacial de la pota y vinciguerría de acuerdo con los niveles de ecointegración para el crucero 2102-07

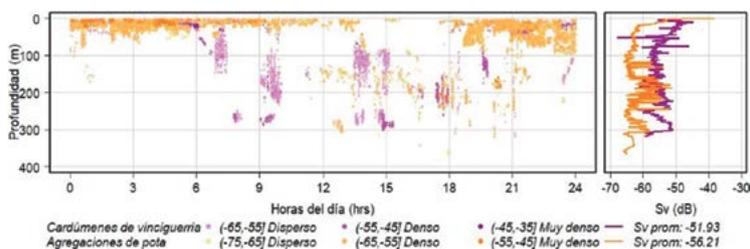


Figura 15.- Distribución vertical de agregaciones de pota y cardúmenes de vinciguerría por categorías de abundancia según las horas del día, en el lado derecho el Sv total para cada especie registrado en el crucero 2102-07

La biomasa en la región norte-centro se estimó en 10.994.147 toneladas y en la región sur, 1.041.628 toneladas (Fig. 16). Las mayores abundancias se estimaron en los grados 11° y 8°S con 1.577.514 y 1.491.441 toneladas, respectivamente, lo que representó el 13,11% y 12,39%, respectivamente. En cuanto a la biomasa por distancia de la costa, se concentró principalmente en la franja costera de las 0-10 mn y 10-20 mn, biomasa de 4.067.963 (33,80%) y 2.771.893 toneladas (23,03% de la biomasa total), respectivamente (Tabla 7).

La biomasa de la anchoveta se encontró favorecida por el ambiente frío y por la producción de plancton generada por la concentración de clorofila-*a*, y continúa siendo la especie marina de mayor abundancia en la zona costera comparada con las otras especies.

**BIOMASA DE OTRAS ESPECIES PELÁGICAS**

Con el método hidroacústico se estimó la biomasa de siete especies adicionales a la anchoveta. Estas fueron: *i*) el jurel estimado en

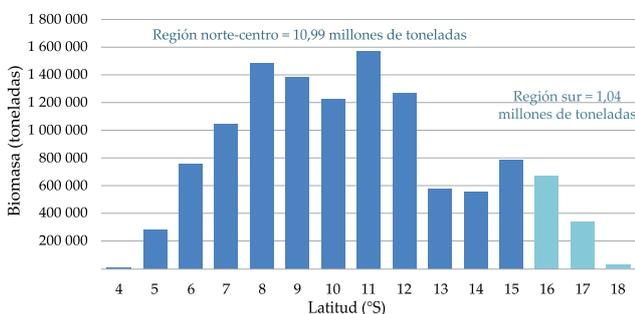


Figura 16.- Biomasa según grados de latitud de la anchoveta en el crucero 2102-07

258.209 toneladas; las mayores estimaciones se presentaron en 15° y 16°S con 149.323 y 97.884 toneladas, respectivamente; *ii*) la caballa fue más abundante con biomasa de 823.908 toneladas; las mayores abundancias se presentaron en 6° y 7°S con 303.533 y 186.412 toneladas, respectivamente; *iii*) la samasa se encontró en 6°S con biomasa de 7.579 toneladas; *iv*) la múnida fue la segunda especie de mayor abundancia en el mar peruano con biomasa total de 1.504.517 toneladas; las mayores estimaciones se presentaron en los 8° y 9°S con 324.798 y 240.912 toneladas, respectivamente; *v*) el bagre tuvo biomasa de 24.771 toneladas; la mayor abundancia se presentó en 8°S (12.025 toneladas), *vi*) la vinciguerría, especie mesopelágica se estimó en 220.149 toneladas; las mayores biomasa se presentaron en 16° y 9°S con 42.737 y 35.757 toneladas, respectivamente; y *vii*) la pota, especie acompañante de la vinciguerría, tuvo biomasa de 79.375 toneladas; las mayores estimaciones se presentaron en 10° y 9°S con 19.825 y 15.209 toneladas, respectivamente (Tabla 8).

Las biomasa de jurel, caballa, pota y vinciguerría estimadas en este crucero 2102-07 se encuentran subestimadas por la cobertura del área investigada, de otro modo su distribución y abundancia sería más amplia.

**DESCRIPTORES ACÚSTICOS DE LOS CARDÚMENES DE ANCHOVETA**

Por las condiciones oceanográficas propias de las estaciones de verano y otoño registradas el 2021,

Tabla 7.- Biomasa de otras especies pelágicas evaluadas en el crucero 2102-07

Grado de latitud (°S)	Especies						
	Jurel	Caballa	Samasa	Múnida	Bagre	Vinciguerría	Pota
03							
04	91					9 553	
05	3 251	62 310				436	15 209
06	1 724	303 533	7 579		4 496	24 030	5 376
07	178	186 412		7 959	5 773		2 440
08				324 798	12 025		
09		94 442		240 912	1 640	35 757	1 434
10				155 556		21 362	19 825
11		68 589		202 736			12 965
12		27 085		162 472		29 607	9 058
13		73 467		76 302	772		7 063
14		1 000		96 450		31 654	5 727
15	149 323			121 855		2 272	270
16	97 884	4 902		30 599		42 737	10
17	5 758	2 170		61 552		22 742	
18				23 326			
<b>TOTAL</b>	<b>258 209</b>	<b>823 908</b>	<b>7 579</b>	<b>1 504 517</b>	<b>24 771</b>	<b>220 149</b>	<b>79 375</b>

Tabla 8.- Descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta registrados en el crucero 2102-07

Descriptores acústicos	Minimo	Promedio	Máximo	Variancia	Desviación estandar	Coficiente de variación
Altura (m)	0,20	1,31	27,12	1,57	1,25	0,96
Largo (m)	1,01	31,26	11.688,89	17.646,79	132,84	4,25
Area (m <sup>2</sup> )	1,00	69,87	120.402,45	608.766,88	780,24	11,17
Perimetro (m)	3,64	155,55	116.308,68	839.535,74	916,26	5,89
Profundidad (m)	0,86	8,89	77,58	53,14	7,29	0,82
NASC (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	2,22	4.329,72	817.307,19	241.748.252,79	15.548,26	3,59
Sv Promedio (-dB)	-69,91	-47,60	-30,00	47,57	6,90	-0,14

Tabla 9.- Comparación de los principales descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta por región en los cruceros 2102-07 y 2002-04

Cr	Descriptor	región	n	median	iqr	Prueba de Wilcoxon-Mann-Whitney (WMW)											
						statistic	effsize	p	magnitude								
Crucero 2102-07	i) Altura promedio (m)	norte-centro	53719	0,876	0,692	245015064	0,2010	0,0000	small								
		sur	12902	1,180	1,110												
	ii) Profundidad promedio (m)	norte-centro	53719	6,100	4,730					108545888	0,4700	0,0000	moderate				
		sur	12902	14,800	14,600												
	iii) Área (m <sup>2</sup> )	norte-centro	53328	6,560	19,900									300920418	0,0714	0,0000	small
		sur	12608	8,400	8,400												
Crucero 2002-04	i) Altura promedio (m)	norte-centro	38921	0,781	0,691	176748770	0,0103	0,0000	small								
		sur	8946	0,743	0,614												
	ii) Profundidad promedio (m)	norte-centro	38921	6,930	5,790					115307668	0,2280	0,0000	small				
		sur	8946	10,700	10,700												
	iii) Área (m <sup>2</sup> )	norte-centro	38314	5,290	16,800									171478262	0,0202	0,0000	small
		sur	8690	5,270	13,700												

Cr = crucero, n = número de datos, median = mediana, iqr = rango intercuartil entre el tercer y primer cuartil, statistic = estadística, effsize = tamaño del efecto observado, p = probabilidad, magnitude = magnitud.

la anchoveta se acercó hacia la costa y generó un análisis de 63.609 cardúmenes con las siguientes características:

- La altura de los cardúmenes fluctuó entre 0,20 y 27,12 m.
- El largo estuvo comprendido entre 1,01 y 11.788,89 m (valor equivalente a 6,31 mn). La anchoveta se registró en forma de cordón entre Atico-Ocoña, que alcanzó el mayor valor (crucero 2106-07).
- El área y perímetro del cardumen también registraron altos valores (120.402,45 m<sup>2</sup> y 116.308,68 m, respectivamente).

- La profundidad de los cardúmenes se detectó entre 0,86 y 77,58 m.
- Los valores NASC y promedio reflejaron la característica energética del cardumen (Tabla 9).

**RELACIÓN DE LA PRESENCIA DE ANCHOVETA CON LAS VARIABLES OCEANOGRÁFICAS SUPERFICIALES**

La anchoveta se encontró principalmente cuando la temperatura superficial del mar oscilaba entre 15,1° y 23,3 °C, la salinidad superficial del mar estaba entre 34,82 y 35,23 ups y el oxígeno superficial del mar, entre 3,7 y 6,0 mL/L (Fig. 17).

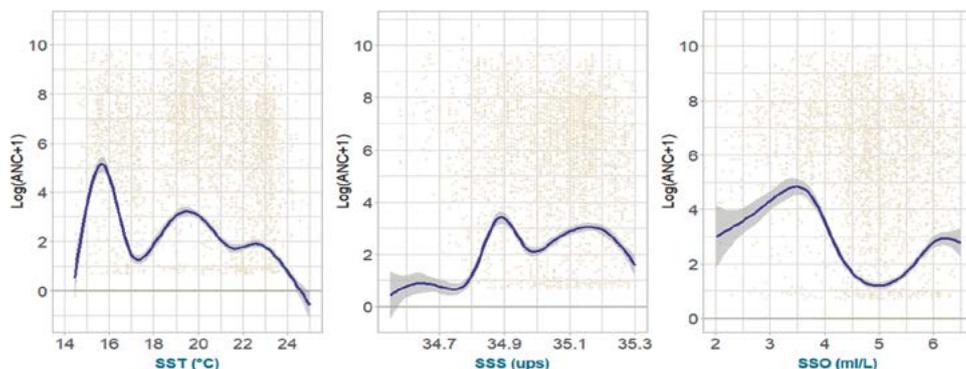


Figura 17.- Análisis de modelos aditivos generalizados (GAM) de los valores NASC de anchoveta con las variables oceanográficas superficiales de temperatura, salinidad y oxígeno del crucero 2102-07

#### 4. DISCUSIÓN

Los diversos comunicados de la Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno El Niño (ENFEN) indicaron que entre febrero y julio 2021 las condiciones a lo largo de la costa norte fueron neutras o normales y ligeramente por debajo de lo normal en la costa central y sur. En marzo, entre Chimbote y Callao, se observó el acercamiento a la costa de las ASS (ENFEN, 2021a); en mayo, frente a Chicama se presentaron ACF dentro de las 40 mn y ASS fuera de las 60 mn (ENFEN, 2021b); en junio-julio, se detectó un acercamiento anómalo hacia la costa de las ASS de alta salinidad y bajo contenido de nutrientes frente a la costa norte-centro, y al sur de Pisco se observó la presencia de las ASS fuera de las 20 mn (ENFEN, 2021c). En cuanto a la concentración superficial de clorofila-*a*, indicador de la producción del fitoplancton, esta se incrementó respecto a febrero y varió entre 1 y 10  $\mu\text{g L}^{-1}$  a lo largo de la costa, entre marzo e inicios de abril, debido a la mayor disponibilidad de luz y a las condiciones frías, posteriormente, en junio-julio disminuyó paulatinamente (ENFEN, 2021a, c).

Estas condiciones oceanográficas no mostraron eventos anómalos o masas de aguas cálidas intensas que pudieran influenciar los movimientos o migraciones de la anchoveta hacia el sur y que por los desfases de tiempo de los cruceros pudieran afectar los estimados de biomasa; por el contrario, el ambiente fue favorable para la anchoveta en esos meses (febrero-julio 2021) y solamente se replegó hacia la costa por el acercamiento de las ASS.

Los resultados obtenidos de la distribución espacial de los recursos pelágicos en la RNSCH descritos en los informes internos de los cruceros 2102-04 y 2106-07, mostraron similares características de comportamiento, principalmente en la anchoveta.

La alta biomasa de la anchoveta con respecto a otras especies también fue similar en los cruceros realizados en el 2019 y 2020 (CASTILLO *et al.*, 2021) y en los meses del 2021 fue favorecida por las ACF.

Los rangos de temperatura, salinidad y oxígeno superficial del mar registrados en la distribución

de la anchoveta, se encontraron dentro de los límites establecidos por CASTILLO *et al.* (2018). El acercamiento hacia la costa de los cardúmenes de anchoveta genera mayores valores en los descriptores acústicos morfométricos y energéticos como el área, perímetro, longitud, NASC, , etc., los cuales fueron observados en estos cruceros en diversas áreas densas con una importante biomasa en toda la costa peruana, situación que también fue encontrada por CASTILLO *et al.* (2021) en el 2020, pero con menor biomasa de anchoveta.

En cuanto a la distribución y abundancia de otras especies, el jurel y la caballa, son especies transzonales, por lo que su presencia sería más amplia. La samasa y el bagre son especies costeras, que siempre se encuentran en la zona norte. La múnida, crustáceo de aguas frías, que generalmente acompaña a la anchoveta (GUTIÉRREZ *et al.*, 2008), fue la segunda especie con mayor abundancia estimada en el crucero 2102-07. Las especies mesopelágicas, como la pota y la vinciguerra son propias de las aguas oceánicas (CSIRKE *et al.*, 2018), por lo que, su distribución y biomasa determinadas en el crucero estarían subestimadas.

Finalmente, debemos mencionar que la unión de los datos generados por estos dos cruceros en periodos irregulares (diferencia de 79 días) se vio favorecida por las condiciones oceanográficas y por la estructura de los datos de la anchoveta. La sumatoria de las biomásas de anchoveta de ambos cruceros que llegó a 12,03 millones de toneladas no se consideró como una herramienta de gestión para la determinación de la primera temporada de pesca del 2021. La primera temporada de pesca se inició el 23 de abril del 2021 con una pesca exploratoria de 10 días y un límite máximo total de captura permisible de la zona norte-centro (LMTCP norte-centro) de 2,509 millones de toneladas (PRODUCE, 2021a) y finalizó el 13 de agosto del 2019 (PRODUCE, 2021b) con una captura del 98,11% del LMTCP. Las mayores capturas fueron desembarcadas en los puertos de Malabrigo (27%), Chimbote (23%) y Coishco (11%), precisamente en las zonas de mayor abundancia de anchoveta encontradas en el crucero 2102-07. El presente artículo se elaboró en agosto 2021 y sus resultados podrán ser utilizados en estudios posteriores de series de tiempo. Los actuales mecanismos de gestión y regulación pesquera, y

las investigaciones marinas periódicas que realiza el IMARPE propician la sostenibilidad de los recursos pelágicos en el tiempo.

## 5. CONCLUSIONES

Las condiciones oceanográficas superficiales en la zona costera del mar peruano entre febrero-julio 2021 fueron normales y ligeramente frías, las variaciones ocurridas fueron propias de las estaciones de verano y otoño.

Las pruebas estadísticas de *Mann-Whitney-Wilcoxon* de los valores de integración de la anchoveta obtenida en los cruceros 2102-04 y 2106-07, mostraron que las características de comportamiento de ambas poblaciones se encontraron iguales, lo cual se evidenció en su distribución espacial. Por lo tanto, será considerada como crucero 2102-07.

La anchoveta continúa siendo la especie de mayor abundancia en la zona pelágica nerítica costera comparada con otras especies y su población se encuentra en condiciones saludables, favorecida principalmente por las condiciones oceanográficas.

La distribución de la anchoveta se encontró en la zona costera hasta las 80 mn; registrada de forma casi continua entre Paita-Sama y con importantes núcleos de alta concentración distribuidos en toda la costa.

Otras especies como jurel, caballa, samasa y bagre se encontraron distribuidas de forma escasa, la múnida tuvo distribución casi continua en la zona costera hasta 60 mn entre Chicama-Sama y, finalmente, la distribución de pota y vinciguerría ha sido limitada.

La biomasa de anchoveta determinada por el método hidroacústico se estimó en 12,03 millones de toneladas; la mayor abundancia se detectó en los grados 11° y 8°S. En la región norte-centro llegó a 10,99 millones de toneladas y en la región sur a 1,04 millones de toneladas.

Las biomásas de jurel, caballa y múnida se estimaron en 258.209, 823.908 y 1.504.517 toneladas, respectivamente. La pota y vinciguerría se estimaron en 79.375 y 220.149 toneladas, respectivamente.

Las altas concentraciones de los cardúmenes de anchoveta en toda la zona costera generaron altos valores de los descriptores acústicos morfométricos y energéticos.

La aplicación hidroacústica para estimar una población de peces permite conocer el estado actual de los recursos pelágicos con fines de optar medidas de manejo para la conservación y sostenibilidad en el tiempo.

## Agradecimientos

Agradecemos al personal eventual que intervino por el área de acústica en los buques participantes en ambos cruceros y al personal de apoyo logístico de la DGIHSA, que hicieron posible el cumplimiento de los objetivos propuestos, a pesar de las dificultades suscitadas por el COVID-19.

## 6. REFERENCIAS

- BLECK, R. (2002). An oceanic general circulation model framed in hybrid isopycnic-Cartesian coordinates. *Ocean Modeling*, 4, 55-88.
- CASTILLO, P.R., PERALTILLA, S., ALIAGA, A., FLORES, M., BALLON, 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. Versión 2009. *Inf Inst Mar Perú*, 36(1-2): 7-28.
- CASTILLO, R., CORNEJO, R., LA CRUZ, L., GRADOS, D., CUADROS, G., VALDEZ, C., PAZ, A., POZADA, M. (2021). Abundancia de anchoveta (*Engraulis ringens*) y otras especies pelágicas estimadas por el método hidroacústico en el ecosistema marino peruano en el 2020. *Inf Inst Mar Perú*. 48(3): 327-349.
- CASTILLO, R., DALLA ROSA, L., GARCÍA DÍAZ, W., et al. (2018). Anchovy distribution off Peru in relation to abiotic parameters: A 32-year time series from 1985 to 2017. *Fish Oceanogr.*, 00, 1-13. <https://doi.org/10.1111/fog.12419>
- CHAVEZ, F., BERTRAND, A., GUEVARA-CARRASCO, R., SOLER, P., CSIRKE, J. (2008). The northern Humboldt Current System: brief history, present status and a view towards the future. *Prog. Oceanogr.*, 79, 95-105.
- CHEN, D. G., XIE, Y., MULLIGAN, T. J., MACLENNAN, D. N. (2004). Optimal partition of sampling effort between observations of fish density and migration speed for a riverine hydroacoustic duration-in-beam method. *Fish. Res.*, 67, 275-82.
- CSIRKE, J., ARGÜELLES, J., ALEGRE, A., AYÓN, P., BOUCHON, M., CASTILLO, G., CASTILLO, R., CISNEROS, R., GUEVARA-CARRASCO, R., LAU, L., MARIÁTEGUI, L., SALAZAR, C., TAFUR, R., TORREJÓN, J., YAMASHIRO, C. (2018). Biología, estructura poblacional y pesquería de pota o calamar gigante (*Dosidicus gigas*) en el Perú. *Bol Inst Mar Perú*, 33(2), 302-364.

- DEMER, D.A., BERGER, L., BERNASCONI, M., BETHKE, E., BOSWELL, K., CHU, D., DOMOKOS, R., *et al.* (2015). Calibration of acoustic instruments. ICES Cooperative Research Report, 326, 133 pp. DOI: <http://dx.doi.org/10.25607/OBP-185>
- ENFEN. (2021a). Comunicado oficial ENFEN N°04-2021. Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño"- ENFEN. 15 de abril 2021. 6 p. Web: [enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-04-2021/?wpdmdl=1638&ind=1618514129460](http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-04-2021/?wpdmdl=1638&ind=1618514129460)
- ENFEN. (2021b). Comunicado oficial ENFEN N°05-2021. Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño"- ENFEN. 14 de mayo 2021. 6 p. Web: [enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-05-2021/?wpdmdl=1645&refresh=611c68833217d1629251715](http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-05-2021/?wpdmdl=1645&refresh=611c68833217d1629251715)
- ENFEN. (2021c). Comunicado oficial ENFEN N°07-2021. Comisión Multisectorial encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño"- ENFEN. 12 de julio 2021. 6 p. Web: [enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-07-2021/?wpdmdl=1655&refresh=611c6883292e11629251715](http://enfen.gob.pe/download/comunicado-oficial-enfen-n-07-2021/?wpdmdl=1655&refresh=611c6883292e11629251715)
- GIANNOULAKI, M., SCHISMENOU, E., PYROUNAKI, M. M., TSAGARAKIS, K. (2014). Habitat Characterization and Migrations. In: Ganias K, editor. Biology and Ecology of Sardines and Anchovies. CRC Press, p. 190-241.
- GUTIÉRREZ, M., RAMIREZ, A., BERTRAND, S., MORON, O., BERTRAND, A. (2008). Ecological niches and areas of overlap of the squat lobster "múnida" (*Pleuroncodes monodon*) and anchoveta (*Engraulis ringens*) off Peru. *Progress in Oceanography*, 79, 256-263.
- HALLIWELL, G. R., BLECK, R., CHASSIGNET, E. (1998). Atlantic Ocean simulations performed using a new hybrid-coordinate ocean model. EOS, AGU Meeting.
- HALLIWELL, G. R., BLECK, R., CHASSIGNET, E. P., SMITH, L. T. (2000). Mixed layer model validation in Atlantic Ocean simulations using the Hybrid Coordinate Ocean Model (HYCOM). EOS, 80, OS304.
- JORDÁN, R. (1971). Distribution of anchoveta (*Engraulis ringens* J.) in relation to the environment. *Rev. Inv. Pesq.* 35(1): 113-126.
- LA CRUZ, L., CASTILLO, R., ROBLES, J., VALDEZ, C., CORNEJO, R. (2017). Pelagic species identification using multifrequency acoustic in the Northern Humboldt Current System off Peru. 1-5. 10.1109/RIOAcoustics.2017.8349744. ISBN: 9781509050109. DOI: 10.1109/rioacoustics.2017.8349744.
- MANN, WHITNEY. (1947). On a test of whether one of two random variables is stochastically larger than the other. *Ann.Math.Statis.*, 22,125-128.
- MACLENNAN, D. N., GUTIÉRREZ, M., CASTILLO, R., GANONZA, F., ESCUDERO, L., GONZALES, A., CHALÉN, X., ALIAGA, A. (1998). Fuerza de Blanco de anchoveta (*Engraulis ringens*) utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. *Inf Inst Mar Perú*, 133, 15-25.
- MORÓN O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*, 19(1 - 2), 179 - 204.
- PRODUCE. (2021a). Resolución Ministerial N° 00120-2021-PRODUCE. Web: [ElPeruano - Autorizan inicio de la Primera Temporada de Pesca 2021 del recurso anchoveta y anchoveta blanca en el área marítima comprendida entre el extremo norte del dominio marítimo del Perú y los 16°00'LS.](http://ElPeruano-AutorizanIniciodeLaPrimeraTemporadadePesca2021delRecursoAnchovetaYAnchovetaBlancaenElAreaMaritimaComprendidaEntreElExtremoNorteDelDominioMaritimoDelPeruYLos1600LS)
- PRODUCE. (2021b). Resolución Ministerial N° 00242-2021-PRODUCE.
- ROBLES, J. L., LA CRUZ, L., CASTILLO, R., MARIN, C., ALIAGA, A. (2017). *In situ* target-strength measurement of Peruvian jack mackerel (*Trachurus murphyi*) obtained in the October-December 2011 scientific survey. 1-4. 10.1109/RIOAcoustics.2017.8349742.
- SANTANDER, H., ZUZUNAGA, J. (1984). Cambios en algunos componentes del ecosistema marino frente al Perú durante el fenómeno El Niño 1982-83. *Rev. Com. Perm. Pacífico Sur*, (15): 311-331.
- SCALABRIN, C., MASSÉ, J. (1993). Acoustic detection of the spatial and temporal distribution of fish shoals in the Bay of Biscay. *Aquat. Living Resour.*, 6, 269-283.
- SIMMONDS, J., MACLENNAN, D. (2005). *Fisheries Acoustics. Theory and Practice*. Second edition published by Blackwell Science, 436 pp.
- SIMMONDS, E. J., WILLIAMSON, N. J., GERLOTTO, F., AGLIN, A. (1992). Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice. *ICES Coop. Res. Rep.*, 187, 112.
- TEST DE WILCOXON MANN WHITNEY como alternativa al t-test by Joaquín Amat Rodrigo, available under a Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) at [https://www.cienciadedatos.net/documentos/17\\_mann-whitney\\_u\\_test](https://www.cienciadedatos.net/documentos/17_mann-whitney_u_test).