

DISTRIBUCIÓN Y BIOMASA DE ANCHOVETA (*Engraulis ringens*) Y OTRAS ESPECIES PELÁGICAS EN EL NIÑO 2023 EN LA REGIÓN NORTE DEL SISTEMA DE LA CORRIENTE DE HUMBOLDT

DISTRIBUTION AND BIOMASS OF *Engraulis ringens* AND OTHER PELAGIC SPECIES DURING EL NIÑO 2023 IN THE NORTHERN HUMBOLDT CURRENT SYSTEM

Pedro Ramiro Castillo^{1,*}Gustavo Cuadros¹Daniel Grados¹Carlos Valdez¹Marissela Pozada¹Martín Cornejo¹Luis La Cruz²

RESUMEN

CASTILLO, P. R., CUADROS, G., GRADOS, D., VALDEZ, C., POZADA, M., CORNEJO, M. & LA CRUZ, L. (2025). Distribución y biomasa de anchoveta (*Engraulis ringens*) y otras especies pelágicas en El Niño 2023 en la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt. *Inf Inst Mar Perú*, 52(4), 443-467.- Por las condiciones oceanográficas en la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH) del 2023, el IMARPE realizó cinco actividades de investigación con la finalidad de registrar el comportamiento, condiciones biológicas y abundancia de anchoveta y otras especies pelágicas, con el apoyo de embarcaciones de la industria pesquera. En este artículo, se presenta la distribución geográfica y biomasa de anchoveta, jurel, caballa, samasa, bagre, múnida, pota y vinciguerría en la RNSCH. Los resultados mostraron alteraciones en sus distribuciones por las condiciones cálidas presentes en gran parte del 2023; la anchoveta se encontró a lo largo de la costa y replegada hasta las 66 mn del litoral, con diversos núcleos de alta concentración, manteniéndose como la especie más abundante, su biomasa en el crucero 2302-03 fue de 6,45 millones de toneladas y en el crucero 2309-11 fue de 7,72 millones de toneladas. Alcanzó hasta 190,41 m de profundidad. En el crucero 2302-03 fueron detectados 35.302 cardúmenes con altos valores en los descriptores energéticos; mientras que, en el crucero 2309-11 fueron detectados 23.011 cardúmenes con mayores dimensiones en área, volumen y perímetro. El crustáceo múnida fue la segunda especie de mayor abundancia en la zona costera, su biomasa en el crucero 2302-03 se estimó en 3,94 millones de toneladas y en el crucero 2309-11 en 1,35 millones de toneladas. El jurel y la caballa se registraron en núcleos reducidos y aislados, generalmente por fuera de las 20 mn de la costa, la mayor biomasa fue de caballa, estimada en 236.359 toneladas, durante el crucero 2302-03. Las abundancias de las especies costeras samasa y bagre fueron menores; mientras que, las especies mesopelágicas pota y vinciguerría se encontraron en áreas dispersas y reducidas, solo en el crucero 2309-11 la vinciguerría tuvo una biomasa de 1,08 millones de toneladas.

PALABRAS CLAVE: El Niño 2023, anchoveta, otras especies pelágicas, distribución geográfica, biomasa

ABSTRACT

CASTILLO, P. R., CUADROS, G., GRADOS, D., VALDEZ, C., POZADA, M., CORNEJO, M. & LA CRUZ, L. (2025). Distribution and biomass of *Engraulis ringens* and other pelagic species during El Niño 2023 in the northern Humboldt Current System. *Inf Inst Mar Peru*, 52(4), 443-467. During 2023, the oceanographic conditions in the Northern Humboldt Current System (NHCS) were influenced by El Niño, prompting the Instituto del Mar del Perú (IMARPE) to conduct five research surveys aimed at assessing the spatial distribution, biological condition, and biomass of *Engraulis ringens* and other pelagic species, with the collaboration of vessels from the fishing industry. This study reports on the geographic distribution and biomass estimates of *E. ringens*, *Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus*, *Anchoa nasus*, *Galeichthys peruwianus*, *Pleuroncodes monodon*, *Dosidicus gigas*, and *Vinciguerria lucetia*. Results indicated changes in distribution linked to the warm anomalies that persisted through most of 2023. *E. ringens* remained concentrated along the coast, extending up to 66 nm offshore, forming multiple dense aggregations, and continuing as the dominant species in terms of biomass—estimated at 6.45 million tons during survey 2302-03 and 7.72 million tons during survey 2309-11. Schools of *E. ringens* were detected down to 190.41 m depth. A total of 35,302 schools were recorded in survey 2302-03, exhibiting high energetic descriptors, while 23,011 larger schools (in area, volume, and perimeter) were detected in survey 2309-11. The crustacean *P. monodon* was the second most abundant species, with biomass estimates of 3.94 million tons and 1.35 million tons in surveys 2302-03 and 2309-11, respectively. *T. murphyi* and *S. japonicus* occurred in small, scattered aggregations mainly beyond 20 nm from the coast; among them, *S. japonicus* exhibited the highest biomass, estimated at 236,359 tons during survey 2302-03. The coastal species *A. nasus* and *G. peruwianus* were found in lower abundances, whereas the mesopelagic species *D. gigas* and *V. lucetia* appeared in limited and dispersed areas. Notably, *V. lucetia* reached a biomass of 1.08 million tons during survey 2309-11.

KEYWORDS: El Niño 2023, *Engraulis ringens*, other pelagic species, geographic distribution, biomass

¹ Instituto del Mar del Perú (IMARPE), Callao, Perú.

² Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile

* Correspondencia: pcastillo@imarpe.gob.pe, ramirocasti@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

La región norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH) se caracteriza por: *i*) ser altamente productiva al registrar mayores capturas pesqueras (CHAVEZ *et al.*, 2008; FAO, 2012), *ii*) ser altamente variable en las condiciones oceanográficas con diversas corrientes que fluyen a lo largo de la costa peruana con ocurrencias periódicas que pueden ser estacionales o interanuales (SERRA *et al.*, 2012; ESPINO SÁNCHEZ, 2014), *iii*) ser altamente productiva debido a los afloramientos o surgencias de aguas frías ricas en nutrientes (MORÓN, 2000; TOMCZAK & GODFREY, 2001; GUTIÉRREZ *et al.*, 2015).

La variabilidad climática de las masas de aguas genera desplazamientos horizontales y/o verticales de las especies pesqueras (ESPINO SÁNCHEZ, 2014). Los eventos interanuales por ejemplo El Niño, tienen mayor impacto sobre la anchoveta, a la que generan cambios en distribución, biomasa, condición reproductiva y somática (desfases de la intensidad de desove); además de cambios en la pesquería observados en los desembarques y en el registro de otras especies (PEÑA TERCERO, 2019). Así mismo, la anchoveta ha desarrollado adaptaciones o estrategias para hacer frente a estos eventos generalmente cálidos, como por ejemplo la alimentación oportunista y la migración o desplazamientos temporales hacia aguas más frías (ÑIQUEN & BOUCHON, 2004; ARIAS SCHREIBER *et al.*, 2011).

Los reportes de las condiciones oceanográficas del mar peruano generados en el 2023 por la Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno “El Niño” (ENFEN), reportaron periódicamente el monitoreo de los parámetros océano-atmosféricos. En febrero, la temperatura superficial del mar (TSM) se incrementó con anomalías de hasta +2 °C en la zona norte, en marzo, en esta misma zona, alcanzó hasta +4 °C y, en el centro hasta +3 °C, valores que también fueron observados en el “Crucero de evaluación hidroacústica de la anchoveta y otros recursos pelágicos 2302-04”. Este calentamiento fue favorecido por la ola de calor marina (OCM) con origen frente a la costa norte fortaleciéndose frente a la costa central (HOBDAY *et al.*, 2016), en mayo perdió el 20% de su extensión comparada con su máxima cobertura alcanzada en abril. En

mayo, se mantuvieron núcleos anómalos positivos de hasta +5 °C con reducción en su extensión entre 7°-15°S en la franja de las 60 mn de la costa. En junio la TSM fue disminuyendo con anomalías de +4 °C dentro de las 100 mn de la costa, en el norte y centro; así como, en la reducción en su extensión entre los 3°-10°S en la franja de las 60 mn de la costa. El Niño costero 2023 continuó su desarrollo como una OCM, pero con menor intensidad. En setiembre la TSM continuó disminuyendo frente a la costa norte y centro, con tendencia descendente de las anomalías (+2 y +3 °C) asociadas al paso de una onda Kelvin fría que arribó al norte en agosto. En octubre, se mantuvieron las condiciones cálidas en promedio con anomalía de +2 °C al norte del Callao y de 1 °C al sur. En noviembre continuó la tendencia a la disminución de la TSM con menor intensidad en las anomalías positivas, con valores entre 1 y 2 °C en la región norte-centro y condiciones normales para el sur, debido a la intensificación de los vientos y por arribo de la onda Kelvin fría. Finalmente, en la segunda semana de diciembre se observó incremento de las anomalías hasta +2 °C frente al litoral norte, relacionado con presencia de la onda Kelvin cálida cerca de la costa. La OCM tendió a disiparse en el área abarcada entre 2°S y 15°S y dentro de las 150 mn de la costa entre noviembre y diciembre, quedando una zona remanente al norte de Máncora y replegándose a la zona oceánica (ENFEN, 2023 a-l).

Durante el 2023, fueron realizados dos cruceros de Evaluación Hidroacústica de Anchoveta y Otros Recursos Pelágicos: *i*) Crucero 2302-03 del 22 de febrero al 24 de marzo, *ii*) Crucero 2309-11 del 20 de setiembre al 4 de noviembre, para determinar la biomasa, distribución y aspectos biológicos-pesqueros de los recursos pelágicos; así como, actualizar las condiciones oceanográficas. Además, se efectuaron tres actividades adicionales para observar las condiciones biológicas y comportamiento distribucional de la anchoveta, debido al incremento de las anomalías de la TSM observadas en el crucero 2302-03. Estas actividades fueron: a) Operación Eureka LXXIV del 17 al 21 de abril, b) Prospección de Evaluación Hidroacústica y otros Recursos Costeros 2304-06, del 27 de abril al 1 de junio, c) Monitoreo Continuo de los Aspectos Biológico-Pesqueros de la Anchoveta 2307-08, realizado en tres fases, del 14 de julio al 19 de agosto. Actividades que se de-

sarrollaron con el apoyo de embarcaciones de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP) en el marco del Convenio interinstitucional IMARPE-SNP y embarcaciones de la Asociación Nacional de Armadores Pesqueros Ley 26920 (ANAP).

Las condiciones cálidas por El Niño costero (región 1+2) registradas en el mar peruano durante casi todo el año, trajeron consigo algunas especies propias de estas aguas, como: calamar gigante, perico, recursos mesopelágicos (mictófidios, vinciguerría), etc.; mientras que, otras especies propias de aguas frías realizaron fuertes migraciones horizontales y verticales.

En este documento, se describe y analiza los resultados hidroacústicos obtenidos de los cruces: 2302-03 y 2309-11, referentes a calibración de los equipos hidroacústicos, distribución por niveles de concentración y estimados de biomasa de las principales especies pelágicas; así como, descripción de los cardúmenes de anchoveta y su relación con las principales variables oceanográficas superficiales. Mientras que, en las actividades adicionales se monitoreó la estructura de tallas y el comportamiento de migración de la anchoveta, información que permitió contribuir en los informes de gestión para su manejo sostenible.

Las especies pelágicas investigadas fueron: anchoveta (*Engraulis ringens* Jenyns, 1842), jurel (*Trachurus murphyi* Nichols, 1920), caballa (*Scomber japonicus* Houttuyn, 1782), samasa (*Anchoa nasus* (Kner & Steindachner, 1867)), bagre (*Galeichthys peruvianus* Lütken, 1874), múnida (*Grimothea monodon* (H. Milne Edwards, 1837)), pota (*Dosidicus gigas* (d'Orbigny, 1835)) y vinciguerría (*Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899)).

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Área de investigación y embarcaciones participantes

El área geográfica de investigación comprendió la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH) abarcando de Tumbes a Tacna (Perú), hasta la distancia máxima de 100 mn de la costa. El crucero 2302-03 fue realizado en la zona norte-centro entre Puerto Pizarro-Atico con cobertura de 77.340 mn² y el crucero 2309-11 se llevó a efecto en todo el litoral, entre Puerto Pizarro y Morro Sama, cubriendo 73.285 mn².

El crucero 2302-03, fue iniciado con las embarcaciones pesqueras (EP) de la SNP Incamar 1 y Tasa 425, para los muestreos acústicos y oceanográficos y cuatro embarcaciones pesqueras en forma permanente para la realización de los lances de pesca (muestreos biológicos), que fueron Chira I, Juancho, Galileo y Claudia. Estas embarcaciones fueron reemplazadas en Casma, por Pisco 1, Samanco 3 y Tasa 43. La EP Incamar 1 fue reemplazada en el Callao por la San Fernando.

En el segundo crucero 2309-11, por IMARPE trabajaron sus lanchas pesqueras (LP) Imarpe V entre Lobos de Tierra-Pisco e Imarpe IV entre Atico-Morro Sama; por la SNP participaron las EP Incamar 2 y Tasa 425, para los muestreos acústicos y oceanográficos; y dos en forma permanente para la ejecución de los lances de pesca (muestreos biológicos y biométricos), que fueron San Antonio y Don Luis (Puerto Pizarro-Casma); así como Dorado y San Judas II (Casma-Cerro Azul), Costa Brava y Tasa 417 (Cerro Azul-Chala). Asimismo, participaron dos embarcaciones de madera de la ANAP de la Ley 26920 en la zona comprendida entre Paita-Chimbote (María Mercedes II y Milagrosa Concepción II).

Entre estos cruceros fueron realizadas tres actividades adicionales:

- i. Act. 1. Operación Eureka LXXIV en el área comprendida entre Talara-Morro Sama, con la participación de 20 embarcaciones (16 industriales de acero y cuatro industriales de madera).
- ii. Act. 2. Prospección de Evaluación Hidroacústica y otros Recursos Costeros 2304-06, con la participación de LP Imarpe V entre Morro Sama-Paita, cuatro EP de la SNP en la zona comprendida entre Atico-Talara y un EP de madera de la ANAP entre Chimbote-Chicama.
- iii. Act. 3. Monitoreo Continuo de los Aspectos Biológico-Pesqueros de la Anchoveta 2307-08, que fue realizada por las LP Imarpe V e Imarpe IV, en tres réplicas. La primera réplica (Act 3: Replica 1) entre Mórrope-Chimbote y Huacho-Pisco, la segunda réplica (Act 3: Replica 2) entre Talara-Pimentel y Chimbote-Callao; y finalmente, la tercera réplica (Act 3: Replica 3) entre Paita-Chimbote y Casma-Pisco, respectivamente (Tabla 1).

Tabla 1.- Área de investigación y embarcaciones participantes en cada actividad

	Embarcación	Eslora (m)	Distancia (mn)	Área de investigación		Embarcación	Eslora (m)	Distancia (mn)	Área de investigación
Crucero 2302-03	<u>Muestras acústicos y oceanográficos:</u>				Actividades Adicionales	Act 1: Operación Eureka LXXIV			
	EP Incamar 1	77,00	0-100	Puerto Pizarro-Callao		20 embarcaciones	0-50	Talara-Sama	
	EP San Fernando	41,55		Callao-Atico		Act 2: Prospección hidroacústica			
	EP Tasa 425	43,92	0-100	Puerto Pizarro-Atico		LP Imarpe V	16,50	0-10	Morro Sama-Paita
	<u>Muestras biológicas:</u>					EP Andes 53	63,05	10-40	Atico-Punta La Negra
	EP Chira I	32,80				EP Tasa 44	44,70	10-40	San Juan-Talara
	EP Juancho	39,77	0-100	Puerto Pizarro-Casma		EP Ribar IX	58,19	10-40	Atico-Talara
	EP Galileo	34,60				EP Tasa 43	44,52	10-40	Atico-Talara
	EP Claudia	37,83				EP Pontevedra	20,30	0-15	Chimbote-Chicama
	EP Pisco 1	42,60				Act 3: Monitoreo continuo			
EP Samanco 3	37,46	0-72	Casma-Atico	Replica 1:					
EP Tasa 43	44,52			LP Imarpe V	16,50	0-40	Mórope-Chimbote		
Crucero 2309-11	<u>Muestras acústicos y oceanográficos:</u>				LP Imarpe IV	16,50	0-40	Huacho-Pisco	
	EP Incamar 2	77,00	0-100	Talara-Chala	Replica 2:				
	EP Tasa 425	43,92	0-90	Puerto Pizarro-Chala	LP Imarpe V	16,50	0-40	Talara-Pimentel	
	LP Imarpe V	16,50	0-10	Isla Lobos de Tierra-Pisco	LP Imarpe IV	16,50	0-40	Chimbote-Callao	
	LP Imarpe IV	16,50	0-50	Atico-Morro Sama	Replica 3:				
	<u>Muestras biológicas:</u>				LP Imarpe V	16,50	0-40	Paita-Chimbote	
	EP San Antonio III	39,40	0-80	Puerto Pizarro-Casma	LP Imarpe IV	16,50	0-40	Casma-Pisco	
	EP Don Luis	40,00							
	EP Dorado	37,57	0-80	Casma-Cerro Azul					
	EP San Judas II	48,10							
	EP Costa Brava	37,46	0-80	Cerro Azul-Chala					
	EP Tasa 417	38,75							
	*EP Milagrosa Concepción II	15,85	0-40	Paita-Chimbote					
*EP María Mercedes	22,58		Chimbote-Callao						

Las EP pertenecen a la SNP, las LP pertenecen a IMARPE y las *EP pertenecen a la Asociación Nacional de Armadores Pesqueros Ley 26920. Las LPs de IMARPE realizaron muestreos acústicos, oceanográficos y biológicos.

Equipo acústico

Las embarcaciones contaron con un ecosonda científica multifrecuencia modelo EK 80 marca SIMRAD (frecuencias de 38 y 120 kHz), instalados en la banda de babor. En la LP Imarpe IV se instaló el modelo EY 60 marca SIMRAD (frecuencia de 120 kHz) (Fig. 1).

Calibraciones acústicas. Las frecuencias de emisión de sonido fueron calibradas con un blanco estándar usando la metodología de *International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Cooperative Research Report Nro 326*, también descritos en DEMER *et al.* (2015) y SIMMONDS y MACLENNAN (2005).

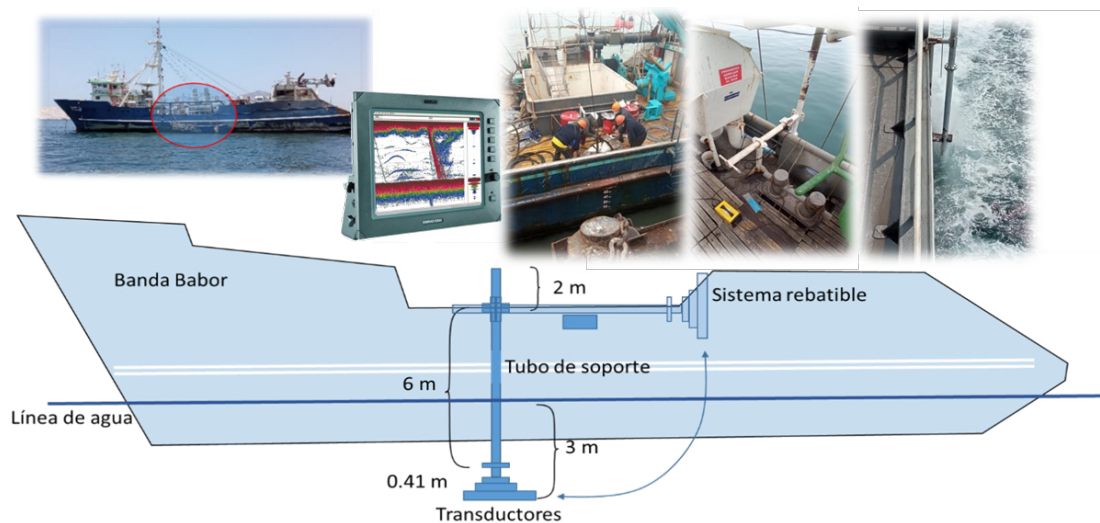


Figura 1.- Diseño de la instalación de la ecosonda científica portátil EK80 Simrad con dos frecuencias de emisión de sonido en una embarcación pesquera. El tubo y soporte de los transductores fue instalado en la banda de babor de la embarcación

Las calibraciones de las ecosondas científicas de las embarcaciones que realizaron muestreos acústicos, fueron realizados en un lugar protegido de la isla Lobos de Afuera y/o en la bahía de Atico. Las calibraciones para cada frecuencia se realizaron en lugares tranquilos con profundidades menores a 22 m. Las variables oceanográficas de temperatura y salinidad obtenidas en la columna de agua fueron utilizadas en el programa EK80 de la ecosonda, para determinar la velocidad del sonido en el agua de mar. En todas las frecuencias fue usada una duración de pulso de 512 µs.

Diseño de muestreo

El diseño de muestreo consistió en transectos o perfiles perpendiculares a la línea de costa y paralelos entre sí (SIMMONDS & MACLENNAN, 2005), con separación de 10 mn en el verano y 15 mn en la primavera. La longitud o distancia de los transectos se realizó de acuerdo con la planificación de cada crucero; sin embargo, se tuvo en consideración que esta distancia podría variar de acuerdo con la presencia o ausencia de los recursos pelágicos (principalmente de la anchoveta), condiciones adversas por mal tiempo o averías en el buque, descritos en el protocolo acústico (CASTILLO *et al.*, 2011).

En los cruceros de verano y primavera se realizaron 95 y 79 transectos, respectivamente. El muestreo fue realizado por zonas con respecto a la distancia de costa (Fig. 2). En el crucero de verano la LP Imarpe V apoyó de 0,3 a 8 mn de la costa con transectos tipo “zig-zag”. Mientras que, en el crucero de primavera la LP Imarpe IV con transectos sistemáticos. En las actividades adicionales los muestreos fueron realizados por zonas y se utilizaron diseños de transectos y tipo “zig-zag”.

Lances de pesca

El arte de pesca de las embarcaciones del IMARPE fueron redes de arrastre pelágico tipo Granton con abertura vertical de 6 m, teniendo como tiempo de arrastre efectivo entre 8 y 25 min. Las EPs de la SNP que participaron para los muestreos biológicos utilizaron redes de cerco anchovetera de 13 mm de tamaño de malla. El total de lances de pesca realizados en los cruceros 2302-03 y 2309-11 fueron de 240 y 182, respectivamente. En las actividades adicionales se realizaron en total 341 lances de pesca (Tabla 2).

Tabla 2.- Lances de pesca realizados por cada embarcación participante en cada actividad. 2023

	Embarcación	Norte	Sur	Total	Tipo de red
Crucero 2302-03	Muestreos acústicos y oceanográficos :				
	EP Incamar 1				
	EP San Fernando				
	EP Tasa 425				
	Muestreos biológicos :				
	EP Chira I	29		29	cerco
	EP Juancho	31		31	cerco
	EP Galileo	36		36	cerco
	EP Claudia	31		31	cerco
	EP Pisco 1	11	22	33	cerco
	EP Samanco 3	13	19	32	cerco
	EP Tasa 43	20	28	48	cerco
	Total	171	69	240	
Crucero 2309-11	Muestreos acústicos y oceanográficos :				
	EP Incamar 2				
	EP Tasa 425				
	LP Imarpe V	43	9	52	arrastre
	LP Imarpe IV		30	30	arrastre
	Muestreos biológicos :				
	EP San Antonio III	21		21	cerco
	EP Don Luis	14		14	cerco
	EP Dorado	14		14	cerco
	EP San Judas II	10		10	cerco
	EP Costa Brava	5	14	19	cerco
	EP Tasa 417		15	15	cerco
	*EP Milagrosa Concepción II	5		5	cerco
	*EP María Mercedes	2		2	cerco
	Total	114	68	182	

	Embarcación	Norte	Sur	Total	Tipo de red
Actividades Adicionales	Act 1: Operación Eureka LXXIV				
	20 embarcaciones	46	47	93	cerco
	Act 2: Prospección hidroacústica				
	LP Imarpe V	29	34	63	arrastre
	EP Andes 53	9	12	21	cerco
	EP Tasa 44	8	13	21	cerco
	EP Ribar IX	1	4	5	cerco
	EP Tasa 43	4	9	13	cerco
	EP Pontevedra	3			
	Act 3: Monitoreo continuo				
	Replica 1:				
	LP Imarpe V	26		26	arrastre
	LP Imarpe IV		18	18	arrastre
	Replica 2:				
	LP Imarpe V	20		20	arrastre
	LP Imarpe IV	20	1	21	arrastre
	Replica 3:				
LP Imarpe V	24		24	arrastre	
LP Imarpe IV	6	10	16	arrastre	
Total	196	81	341		

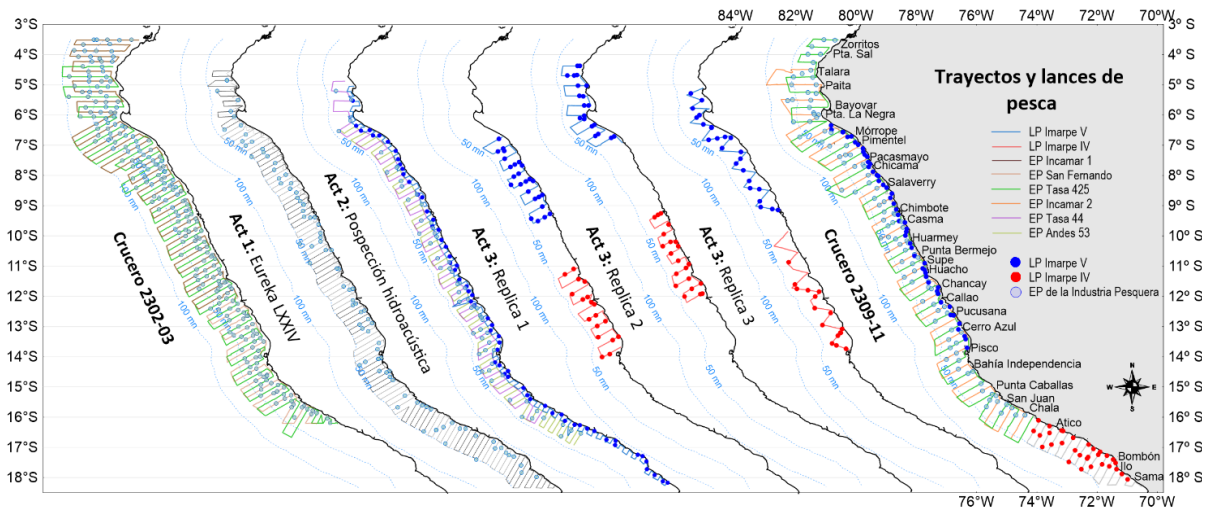


Figura 2.- Trayectos y lances de pesca realizados en las actividades marinas realizadas el 2023. Los símbolos son los lances de pesca y las líneas son los trayectos realizados, cada color corresponde a una embarcación; a excepción de la Eureka LXXIV, que participaron 20 embarcaciones de las empresas pesqueras, el color gris más intenso representa al trayecto de una embarcación, el color más claro a otra embarcación, y así sucesivamente

Tratamiento de datos acústicos

- a. **Procesamiento.** El post-procesamiento de información y almacenamiento se efectuó de acuerdo a los protocolos internos del Área Funcional de Hidroacústica de la DGIHSA: “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 cruceo de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos” y “Protocolo acústico para la estandarización de información en los cruceos de evaluación de recursos pesqueros”. La muestra acústica o Unidad de Distancia de Muestreo Elemental (EDSU) fue de 1 mn, los valores del Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica por Área (NASC en m^2/mn^2) de cada cardumen, fueron medidas por eointegración (SIMMONDS & MacLennan, 2005).
- b. **Identificación de ecotrazos.** La discriminación acústica fue realizada con el programa *Echo View* (Myriax software Pty. Ltd.), donde se identificaron los ecotrazos de las especies detectadas de acuerdo a: composición de la captura del lance de pesca, tipo de ecotrazo y por análisis multifrecuencia (gráficos de respuesta de frecuencia acústica de cardúmenes) (LA CRUZ APARCO *et al.*, 2017; CASTILLO *et al.*, 2011). La detección de cardúmenes de anchoveta fue clasificada en dos categorías: anchoveta juvenil (ejemplares con modas me-

nores a 12 cm de longitud total-LT) y anchoveta adulta (ejemplares con modas mayores a 12 cm de LT), de acuerdo con la intensidad del registro del cardumen y por la estructura de talla de los ejemplares muestreados.

- c. **Distribución de especies por niveles de concentración.** El mapeo de los gráficos de la distribución horizontal o espacial 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 fue realizada de las profundidades medias, obtenidas de las exportaciones de regiones en el programa *Echo View* y graficado en el programa R por grado de latitud o por horas del día. La distribución vertical de la abundancia fue mediante los valores S_v . Para obtener la mejor descripción de los cardúmenes en la columna de agua (S_v), no fueron considerados algunos valores atípicos. Estos valores atípicos fueron determinados mediante la exploración de diagrama de cajas y comparación de medias y medianas. Un valor atípico es una observación numéricamente diferente al resto de datos y puede ser indicativo de datos que pertenecen a una población distinta (ZUUR *et al.*, 2009). El S_v es la fuerza del volumen de retrodispersión acústica expresada en decibeles referidos a 1 metro (dB re $1 m^{-1}$), dada por la siguiente fórmula:

$$S_v = 10 \log_{10}(s_v)$$

Donde: S_v es coeficiente del volumen de retrodispersión acústica expresado en m^{-1} , dada por: $S_v = \sum \sigma_{bs} / V$, que es la sumatoria de todos los blancos discretos (o también de la sección transversal de retrodispersión acústica σ_{bs}) en el volumen (MACLENNAN *et al.*, 2002). También, se ha añadido la distribución vertical de los cardúmenes de anchoveta de las actividades adicionales (a excepción de la Eureka LXXIV) de acuerdo con la zona investigada.

d. Estimación de biomasa: Los estimados de abundancia o biomasa fueron obtenidos por el método de estratificación en áreas isoparalitorales de 10x30 mn, descrito en CASTILLO *et al.* (2011). Para la estimación de biomasa de las especies investigadas, se colectaron datos biológicos de 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 con los valores de integración detectados (tres valores antes y después de cada lance con presencia de anchoveta). Las variables utilizadas como ecuaciones de fuerza de blanco (TS) y relación longitud-peso de cada especie esta descrita en la Tabla 3.

e. Descriptores de los cardúmenes de anchoveta. Para entender la dinámica y el comportamiento agregacional espacio-temporal de la

anchoveta, fueron analizados 35.302 y 23.011 cardúmenes a través de los descriptores acústicos (SCALABRIN, 1991; SCALABRIN & MASSÉ, 1993) obtenidos en los cruceros 2302-03 y 2309-11, respectivamente. Los descriptores acústicos de los cardúmenes son presentados en una tabla con informaciones estadísticas y visualizados en el programa *Power BI Desktop*.

f. Relación de la anchoveta con variables oceanográficas. Los datos oceanográficos de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la superficie del mar fueron obtenidos en cada crucero por la componente oceanográfica. Estos datos fueron interpolados para cada muestra acústica (1 mn), obteniéndose un valor para las muestras con presencia o ausencia de anchoveta. El análisis fue realizado mediante el Modelo Aditivo Generalizados (GAM) cumpliendo con el diagnóstico de los residuos del modelo, cuya definición y formulación están descritos en HASTIE y TIBSHIRANI (1990), WOOD (2017) y MURASE *et al.* (2009) en el programa R.

Para el análisis de los valores NASC de anchoveta con las imágenes de sensoramiento remoto de clorofila-*a*, fue utilizada información satelital del sensor VIIRS/NPP de 4 km, los cuales fueron recepcionados y procesados por el personal que labora con el sistema TERASCAN del IMARPE en las fechas correspondientes a la realización de los cruceros hidroacústicos.

Tabla 3.- Valores a y b de la relación longitud-peso y valores de fuerza de blanco (TS) utilizados en los cruceros del 2023

Especie	Crucero 2302-03		Crucero 2309-11 (W=aL ^b)		Frecuencia (kHz)	Rango (cm)	Promedio (cm)	b ₂₀	Referencia
	a	b	a	b					
Anchoveta (<i>Engraulis ringens</i>)	0,0036 (N-C)	3,2189 (N-C)	0,0040 (N-C)	3,2400 (N-C)	120	6,0 - 8,5	7,0	-81,8	Gutiérrez, 1999
			0,0012 (S)	3,7111 (S)		10,0 - 13,0	11,3	-76,25	Gutiérrez y MacLennan, 1998
						> 13,0	15,1	-77,5	MacLennan <i>et al.</i> , 1998
Jurel (<i>Trachurus murphyi</i>)	0,019	2,793	0,0186	2,6166	120	27,0 - 38,0		-70,8	Gutiérrez <i>et al.</i> , 1999
Caballa (<i>Scomber japonicus</i>)	0,014	2,986	0,014	2,986	120	26,0 - 30,0		-69,6	Robles <i>et al.</i> , 2017
Samasa (<i>Anchoa nasus</i>)	0,0194	2,5833	0,0194	2,5833	120	10,0 - 14,5		-86,57	Gutiérrez y Herrera, 1998
Bagre (<i>Galeichthys peruvianus</i>)	0,01975	2,7300	0,01975	2,7300	120			-74,1	Gutiérrez, 1999
Múnida (<i>Pleuroncodes monodon</i>)	0,004373	2,5759	0,004373	2,5759	120			-92,70	Gutiérrez, 1999
Pota (<i>Dosidicus gigas</i>)	0,0021	3,4328	0,049	2,8873	38	12,0 - 24,0		-70,12	Gutiérrez y Herrera, 1998
Vinciguerría (<i>Vinciguerría lucetia</i>)	0,0092	2,06101	0,0092	2,06101	38	3,5 - 6,5		-82,4	Gutiérrez y Herrera, 1998

Tabla 4.- Resultados de los datos de desviación del modelo aplicado en la calibración acústica en las embarcaciones participantes en cada crucero del 2023

	Embarcación	Modelo Ecosonda Simrad	Frecuencia (kHz)	Modelo de transductor	Crucero 2302-03			Crucero 2309-11		
					RMS (dB)	Ganancia (dB)	S _A corregido (dB)	RMS (dB)	Ganancia (dB)	S _A corregido (dB)
IMARPE	LP Imarpe IV	EY 60	120	ES120-7C				0,26	27,34	-0,43
	EP Incamar 1	EK 80	38	ES38-7	0,09	27,39	-0,52			
SNP	EP San Fernando	EK 80	120	ES120-7C	0,08	27,81	-0,05			
			38	ES38-7	0,09	27,39	-0,52			
	EP Tasa 425	EK 80	120	ES120-7C	0,169	27,75	-0,07	0,07	27,34	-0,34
			38	ES38-7	0,101	27,30	-0,46	0,20	27,78	-0,06
	EP Incamar 2	EK 80	38	ES38-7				0,09	27,39	-0,52
			120	ES120-7C				0,08	27,81	-0,05

RMS (*Root Mean Square*). Escala de valores del modelo: **RMS <0,20 Muy aceptables**, RMS 0,20-0,40 aceptables, RMS >0,40 deficientes. La ganancia y S_A corregido son valores de corrección que el modelo reajusta en el equipo.

3. RESULTADOS

Calibración acústica de ecosondas científicas

La velocidad del sonido en el agua de mar emitidas por las ecosondas oscilaron entre 1.521,27 y 1.523,59 m/s. En todas las frecuencias fue usada una duración de pulso de 512 μs.

Los resultados de la raíz cuadrática media (*Root Mean Square-RMS*) de las mediciones acústicas con blanco estándar (esfera de tungsteno) de acuerdo con la escala del manual de calibraciones fueron Muy aceptables o excelentes (RMS<0,2 dB) en casi todas las embarcaciones, considerando que la estimación de biomasa de la anchoveta es realizada por la frecuencia de 120 kHz de emisión de sonido (Tabla 4).

Distribución horizontal y vertical de recursos pelágicos

Anchoveta

La distribución espacial de la anchoveta en el 2023 presentó importantes características como i) continuidad a lo largo de la costa en áreas cercanas al litoral, ii) importantes áreas de alta concentración, distribuidas principalmente en la región norte-centro y que variaron en sus migraciones en las diferentes actividades.

Una descripción detallada de esta migración horizontal es la siguiente:

a. En el crucero hidroacústico de verano 2302-03, tuvo distribución costera principalmen-

te en la franja de las 30 mn de distancia a la costa, con algunas áreas pequeñas hasta 66 mn de la costa, la zona más abundante se encontró entre Punta La Negra-Chimbote, Huacho-Callao y Cerro Azul-Pisco.

- b. Actividad adicional 1: Operación Eureka LXXIV, la anchoveta fue registrada principalmente dentro de las 30 mn de la costa, alcanzando hasta las 50 mn entre Pimentel-Pacasmayo y entre Chala-Atico, tuvo importantes núcleos de alta concentración entre Punta La Negra-Pisco y en otros pequeños núcleos registrados en el sur entre Punta Caballas-Ilo.
- c. Actividad adicional 2: Prospección Hidroacústica, la distribución de anchoveta fue netamente costera a lo largo de la costa entre Bayóvar-Morro Sama, su distribución espacial longitudinal (más amplia) alcanzó hasta las 42 mn de la costa entre Salaverry-Chimbote, y en forma muy estrecha o replegada hacia la costa (menores a 10 mn) entre Pucusana-Morro Sama, principalmente en forma dispersa. Las altas concentraciones de cardúmenes fueron encontradas en forma continua entre Pacasmayo-Pucusana y en dos zonas cerca de la costa de Bayóvar y al sur de Punta La Negra.
- d. En la Act. 3-1 (actividad 3 réplica 1), en la zona comprendida entre Mórrope-Chimbote: la anchoveta continuó replegada hacia la costa registrándose más amplia hasta las 40 mn de Salaverry, tuvo alta densidad entre Pimentel-Salaverry, y en la zona entre Huacho-Pis-

co la anchoveta se registró en la franja costera de las 28 mn de la costa con altas densidades entre Huacho-Pucusana y en Cerro Azul.

En la Act. 3-2, en la zona comprendida entre Talara-Pimentel: la anchoveta se registró en la franja costera de las 20 mn con núcleos de alta concentración frente a Sechura y al norte de la isla Lobos de Tierra, en la zona entre Chimbote-Callao: la anchoveta fue registrada hasta las 30 mn de la costa con altas concentraciones entre Chimbote-Casma y frente a Chancay.

En la Act. 3-3, en la zona entre Paita-Chimbote: la anchoveta se encontró hasta las 40

mn con dos núcleos de alta concentración localizados entre Bayóvar-Punta La Negra y Chicama-Chimbote, en la zona entre Casma-Pisco, el recurso se encontró hasta las 30 mn de la costa con pequeños núcleos de alta concentración localizados frente a Huacho, Pucusana y Cerro Azul-Pisco.

- e. En el crucero hidroacústico de primavera 2309-11, la anchoveta fue encontrada hasta las 60 mn de la costa, principalmente entre Salaverry-Chimbote; las zonas de alta concentración fueron localizados entre Punta La Negra-Pimentel, Pacasmayo-Salaverry, Salaverry-Casma, Callao, Cerro Azul-Pisco y Atico-Quilca (Fig. 3).

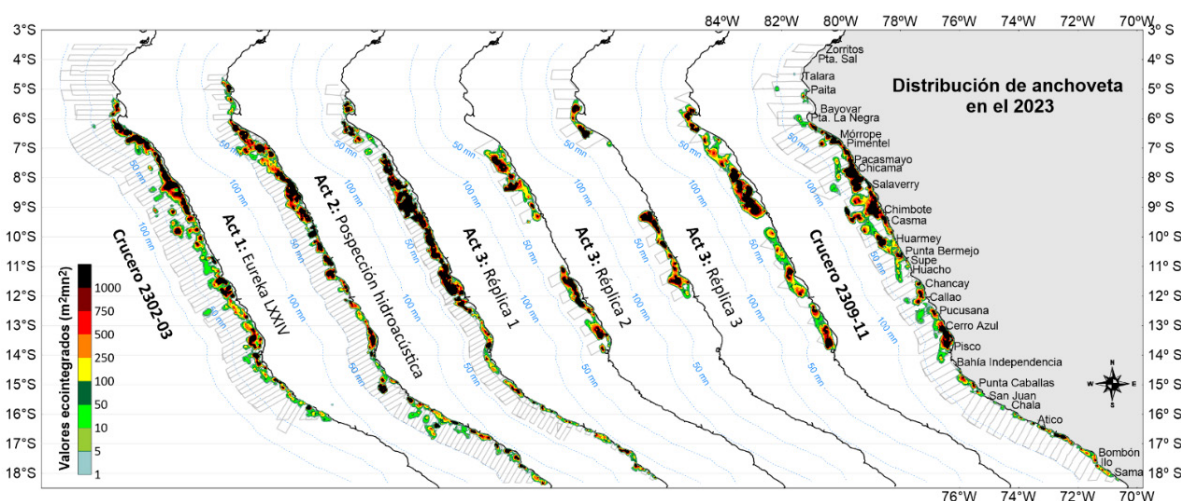


Figura 3.- Distribución espacial de la anchoveta de acuerdo con niveles de eointegración para las actividades realizadas el 2023

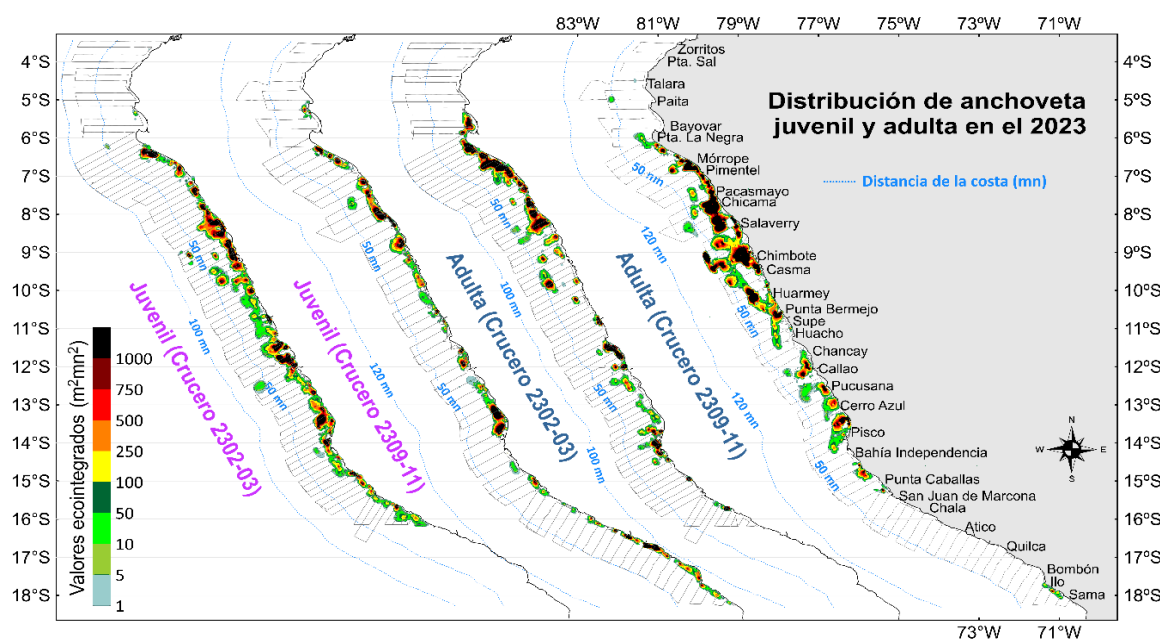


Figura 4.- Distribución espacial de cardúmenes de anchoveta juvenil y adulta registrados en los cruceros hidroacústicos realizadas en el 2023. Los juveniles corresponden a cardúmenes con moda < 12 cm y los adultos a cardúmenes con moda > 12 cm LT

Al visualizar, de acuerdo con el tipo de ecotrazo, los juveniles y/o adultos, resulta que en el cruce-ro de verano 2302-03, entre Bayóvar-Salaverry la zona de alta concentración estuvo constituida por predominio de adultos; áreas de menor dimensión fueron encontradas entre Chancay-Huacho, Pisco y frente a Casma en un área entre 38 y 55 mn de la costa. Los juveniles predominaron en la zona costera entre Punta La Negra- Atico, con núcleos de alta concentración entre Chicama-Chimbote, Chancay-Callao, y Cerro Azul-Pisco. En el cruce-ro de primavera 2309-11, los ejemplares adultos tuvieron mayor distribución localizándose hasta las 60 mn de la costa, con alta abundancia entre Punta La Negra-Pimentel, Pacasmayo-Salaverry, Salaverry-Casma, frente a Huarmey, frente a Cerro Azul e Ilo. Los juveniles tuvieron distribución netamente costera en la franja de las 10 mn, principalmente entre San Juan-Bombón, con algunos núcleos de alta concentración entre Pimentel-Chicama, Chimbote, entre Cerro Azul-Pisco y Atico-Quilca (Fig. 4).

Durante las actividades de investigación, la distri-bución vertical de los cardúmenes de anchoveta, han mostrado diferentes localizaciones como con-secuencia de sus desplazamientos horizontales y verticales. En el cruce-ro 2302-03, la profundidad media fue de 9,67 m en la capa superficial de los 99,61 m, encontrándose los más profundos en el norte entre Paita-Pacasmayo y los más superficia-

les (1 a 44 m) entre Pacasmayo-Atico. En la Eureka se encontró distribuida entre 1,39 y 115,12 m con profundidad media en 19,42 m. En la prospección hidroacústica, fue localizada entre 1,36 y 190,41 m de profundidad, con promedio en 38,29 m, re-saltando que, entre Paita-Pucusana se registraron cardúmenes más profundos y abundantes (S_v de -45 a -35 dB) al compararlo con la zona entre Pucu-sana-Sama (sur) donde se encontraron entre 1,38 a 120,00 m de profundidad. En la Act. 3: Réplica 1, la anchoveta se registró entre 1,47 y 124,50 m con pro-fundidad media en 25,06 m entre Mórrope-Chim-bote y en la zona Huacho-Pisco fue registrada entre 1,67 y 139,75 m con profundidad media en 52,21 m, en esta última zona fueron detectados cardúme-nes de mayores densidades (S_v de -45 a -35 dB). En la Act 3: Réplica 2, varió entre 2,18 y 98,54 m con profundidad media en 20,41 m entre Talara y Pi-mentel; mientras que, en la zona Chimbote-Callao fue localizada entre 1,44 y 110,91 m de profundi-dad, con media en 32,54 m. En la Act. 3: Réplica 3, en la zona Paita-Chimbote se encontró de 1,34 a 127,53 m de profundidad con media en 30,51 m, y en la zona Casma-Pisco entre 1,36 y 142,24 m de profundidad con media en 33,68 m. Finalmente, en el cruce-ro 2309-11 se encontró entre 1,36 y 127,69 m de profundidad, con media en 33,07 m, los car-dúmenes más profundos se localizaron entre Chi-cama-Salaverry y Atico-Quilca, los más someros se encontraron entre Callao y Pisco (Fig. 5).

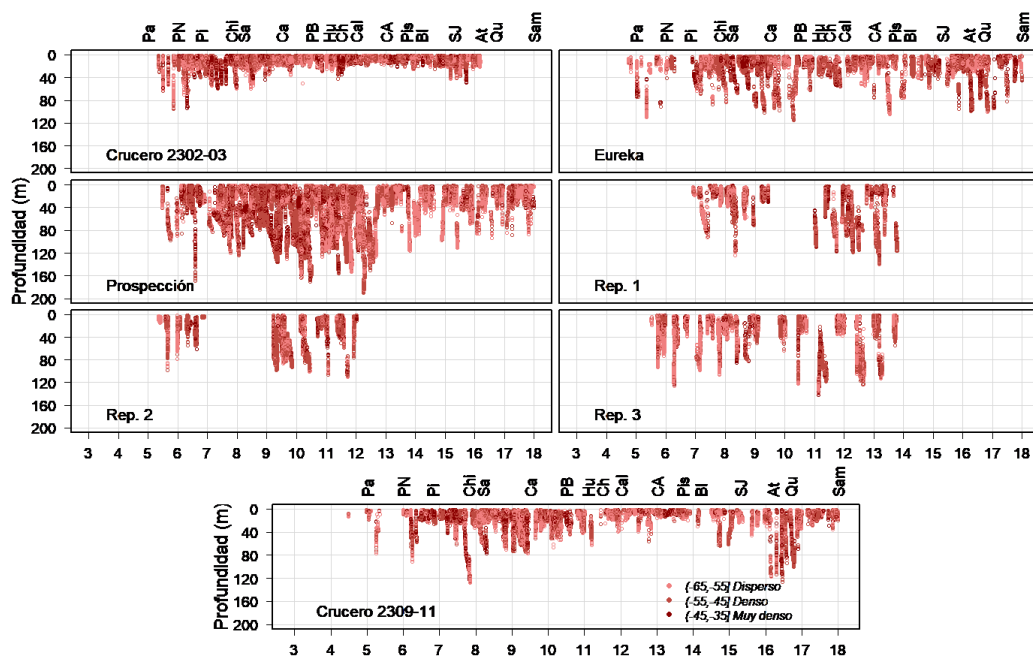


Figura 5.- Distribución vertical de cardúmenes de anchoveta en categorías de abundancia por grado de latitud para las actividades marinas del 2023. Pa=Paita, PN=Punta La Negra, Pi=Pimentel, Chi=Chicama, Sa=Salaverry, Ca=Casma, PB=Punta Bermejo, Hu=Huacho, Ch=Chancay, Cal=Callao, CA=Cerro Azul, Pis=Pisco, BI=Bahía Independencia, SJ=San Juan de Marcona, At=Atico, Qu=Quilca, Sam=Sama

Jurel y caballa

Estas especies fueron muy escasas, solo se encontraron pequeños núcleos en las áreas investigadas. El jurel en el crucero 2302-03 fue registrado en núcleos dispersos, localizados entre 25 y 53 mn de Pacasmayo-Chicama, a 27 mn frente a Chancay, entre 27 a 48 mn de Cerro Azul-Pisco y en un pequeño núcleo ubicado a 3 mn de San Juan de Marcona; mientras que, en el crucero 2309-11 mantuvo esta característica de distribución en cuatro zonas, localizadas entre 20 y 50 mn de Talara-Bayóvar, entre 50 y 70 mn frente a Salaverry (constituido como el núcleo de mayor densidad o abundancia), entre 20 a 50 mn frente a Atico y entre 10 y 30 mn de la costa entre Quilca e Ilo. En tanto, la caballa en el crucero 2302-04 fue registrada en diversos núcleos comprendidos entre Zorritos-Atico, constituidos en dos zonas, una con núcleos reducidos y dispersos ubicados entre 18 y 60 mn de la costa, y otra zona en áreas con alta densidad, localizados

entre 38 y 73 mn de la costa entre Pucusana-Atico, mayor presencia se encontró entre San Juan de Marcona-Atico; mientras que, en el crucero 2309-11 fue registrada en seis núcleos comprendidos entre 50 y 70 mn de la costa de Talara-Pisco, los más importantes se encontraron frente a Pimentel, Chimbote y Pisco (Fig. 6).

En cuanto a su distribución vertical, estas especies tienen similar ecotrazo, generalmente formando cardúmenes tipo plumas; en el crucero 2302-03 el jurel se encontró entre 1,10 y 29,70 m con profundidad promedio en 8,50 m; mientras que, la caballa se registró entre 1,37 y 79,21 m con profundidad promedio en 9,18 m. La distribución de sus abundancias a nivel vertical entre ambas especies fue diferente, el jurel tuvo menores valores de abundancia en la columna de agua comparados con la caballa, el S_v promedio de jurel fue de -53,66 dB y el de la caballa en -44,52 dB (Fig. 7).

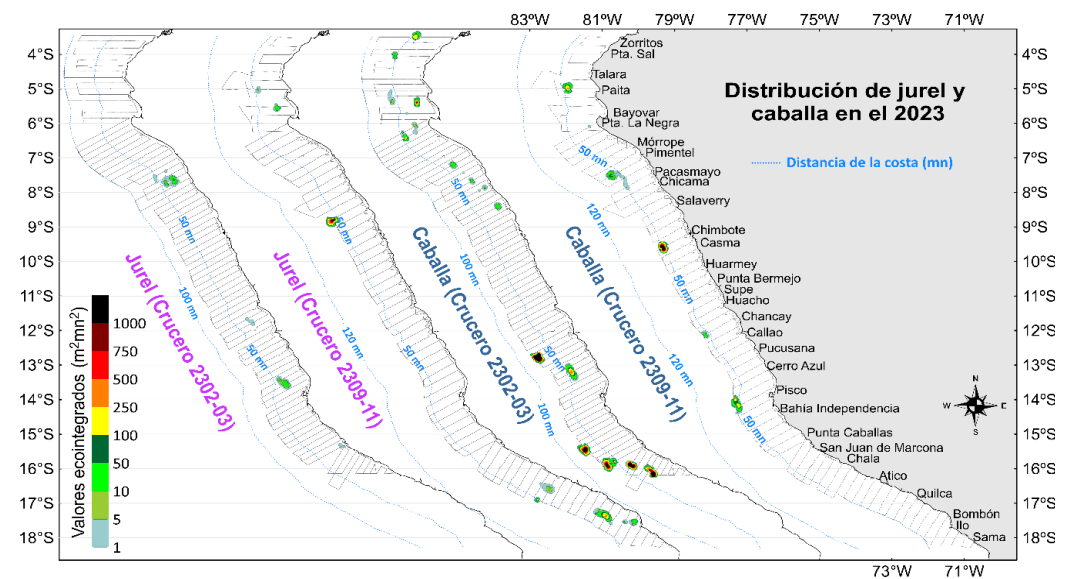


Figura 6.- Distribución espacial del jurel y la caballa, con niveles de eointegración, cruces 2302-03 y 2309-11

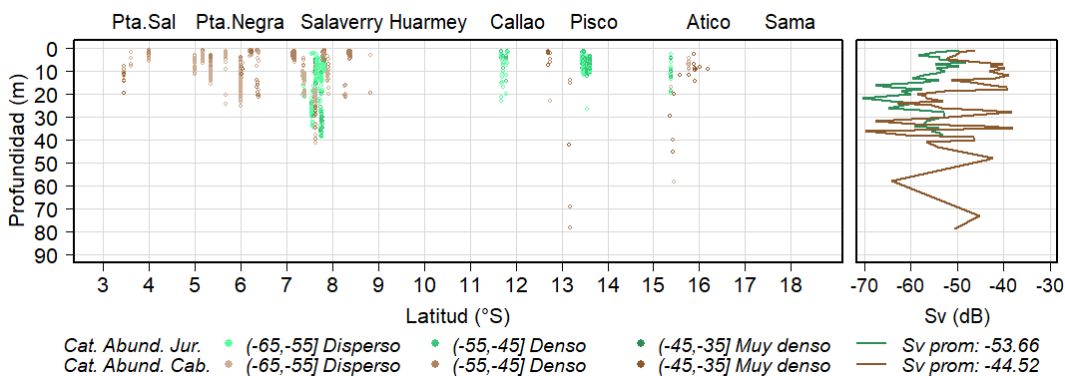


Figura 7.- Distribución vertical de cardúmenes de jurel y caballa en categorías de abundancia por grado de latitud; en el lado derecho la distribución vertical del S_v de cada especie. Crucero 2302-03

En el crucero 2309-11, el jurel se encontró entre 1,35 y 72,41 m con profundidad promedio en 19,73 m; mientras que, la caballa se registró entre 1,54 y 81,90 m con profundidad promedio en 14,34 m. La distribución de sus abundancias a nivel vertical entre ambas especies fue diferente, el jurel tuvo menores valores de abundancia en la columna de agua comparados con la caballa, el S_v promedio de jurel fue de -51,92 dB y el de la caballa - 51,41 dB (Fig. 8).

Samasa y bagre

La distribución horizontal de estas especies costeras fue menor, en concentraciones muy dispersas, localizados en la zona norte. La samasa en el crucero 2302-03 se encontró en un núcleo costero al norte de Punta La Negra y en el crucero 2309-11 en la franja costera de las 11 mn entre sur de Punta La Negra y Chimbote, continuando entre Mórrope-Salaverry. El bagre en el crucero 2302-

03, se encontró en cinco áreas costeras localizadas entre Paita-Huacho, mayor presencia dispersa se detectó entre Chicama-Salaverry, otros núcleos costeros de menor tamaño se encontraron frente a Paita, Huarmey y frente a Huacho; mientras que, en el crucero 2309-11 fue encontrado en una sola área localizado entre 32 y 52 mn de la costa entre Salaverry-Chimbote (Fig. 9).

Verticalmente el bagre se encontró en la capa superficial de los 75 m, mientras que samasa se detectó en la capa superficial de los 37 m. En el crucero 2302-03 la samasa fue registrada entre 8,06 y 10,85 m de profundidad, con media en 9,52 m y S_v promedio de la abundancia en la columna de agua de -51,68 dB; mientras que, las agregaciones de bagre se encontraron entre 1,45 y 67,49 m de profundidad, con media en 18,76 m y S_v promedio en la columna de agua de -50,74 dB. Esta abundancia fue decreciendo paulatinamente a mayor profundidad (Fig. 10).

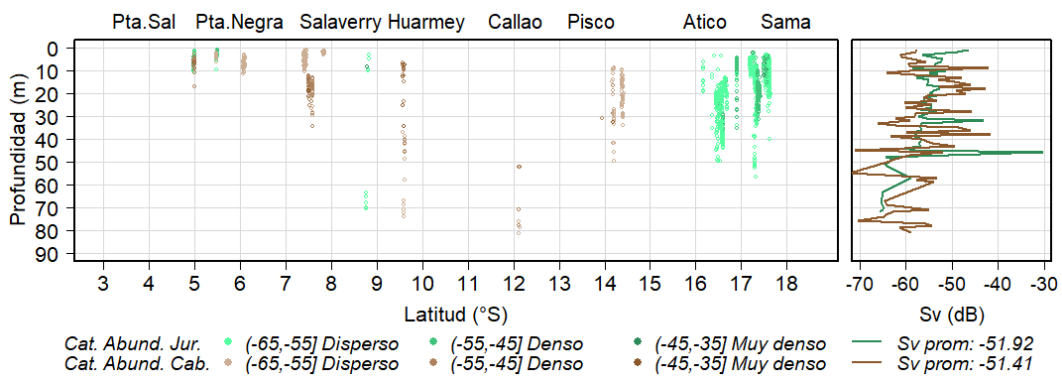


Figura 8.- Distribución vertical de cardúmenes de jurel y caballa en categorías de abundancia por grado de latitud; en el lado derecho la distribución vertical del Sv de cada especie. Crucero 2309-11

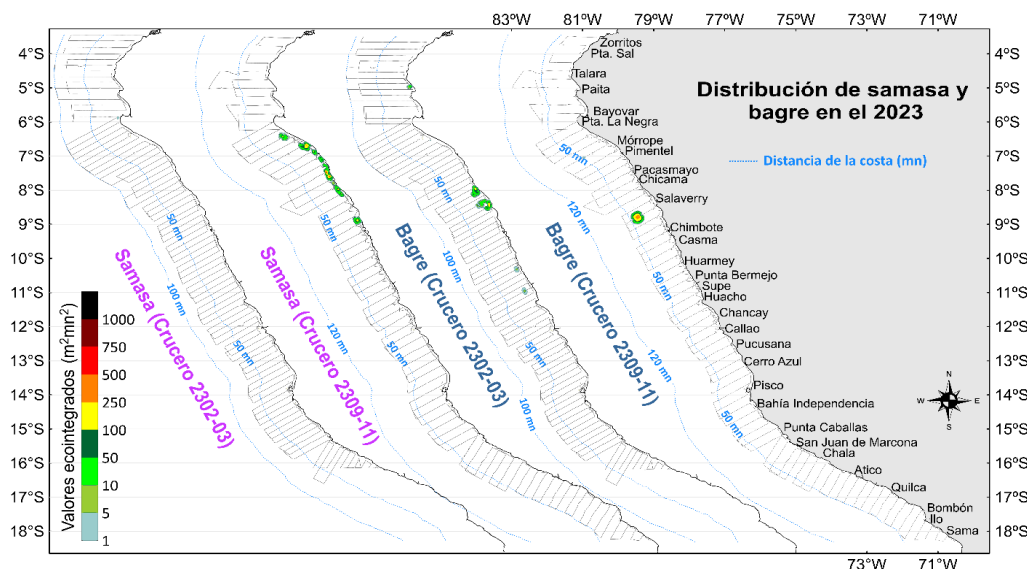


Figura 9.- Distribución espacial de samasa y bagre con niveles de ecoinTEGRATION para los cruceros 2302-03 y 2309-11

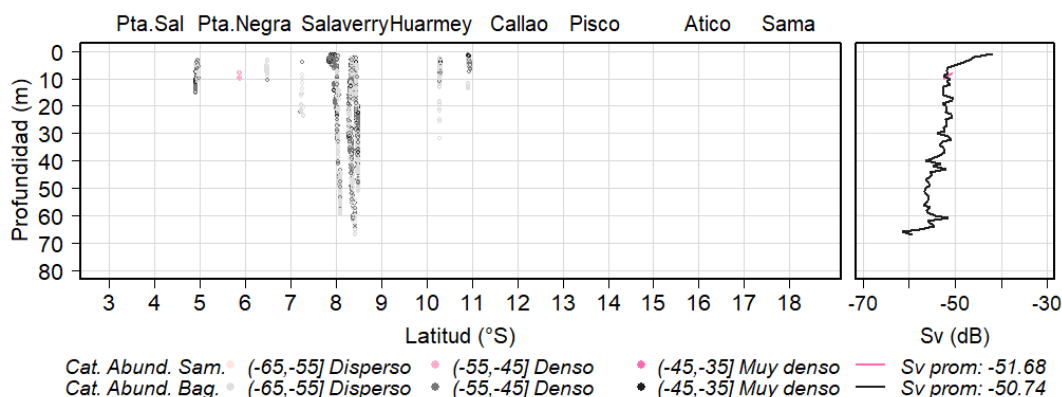


Figura 10.- Distribución vertical de cardúmenes de samasa y bagre en categorías de abundancia por grado de latitud; lado derecho: distribución vertical del Sv de ambas especies. Cruceiro 2302-03

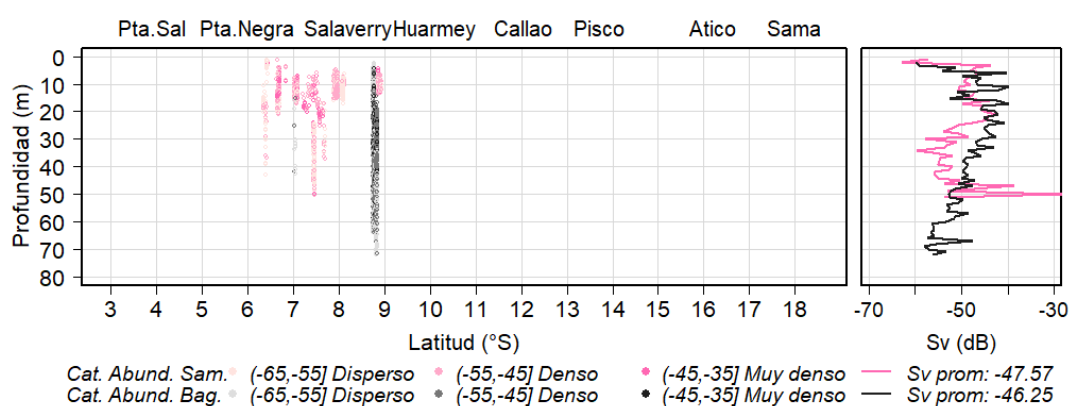


Figura 11.- Distribución vertical de cardúmenes de samasa y bagre en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho la distribución vertical del Sv de ambas especies. Cruceiro 2309-11

En el crucero 2309-11 la samasa se localizó entre 1,72 y 51,29 m de profundidad con media en 15,56 m, la mayor profundidad fue registrada en Chicama y el promedio a nivel vertical fue de -47,57 dB; mientras que, las agregaciones de bagre se registraron entre 2,72 y 72,22 m de profundidad con media en 37,09 m, el S_v promedio en -46,25 dB, la abundancia en la columna de agua fue mayor entre 10 y 35 m, disminuyendo hacia mayores profundidades (Fig. 11).

Múnida

La múnida es un crustáceo pelágico abundante en la zona costera, cuya distribución generalmente es compartida con la anchoveta presentando la misma característica de continuidad a lo largo de la costa. En el crucero 2302-03 fue encontrada generalmente continua en la franja costera de Punta Falsa-Atico, su distribución longitudinal fue menor a las 48 mn de la costa con mayor amplitud entre Salaverry-Chimbote, los núcleos de alta agregación fueron registrados entre Huacho-Bahía Independencia, otras áreas de menor abun-

dancia estuvieron en Salaverry, Punta Caballas y Atico. En el crucero 2309-11, fue registrada en la franja costera de las 30 mn de la costa, también en forma continua entre Punta La Negra-Chala y no tuvo altas densidades, en la zona comprendida entre Chala-Ilo, se encontró más replegada hacia la costa dentro de las 10 mn (Fig. 12).

Verticalmente, la múnida se registró entre 1,38 y 92,16 m de profundidad con promedio en 13,91 m, los registros más profundos se localizaron entre Punta La Negra-Pimentel y entre Chicama-Huarmey, las agregaciones más superficiales se registraron entre Callao-Cerro Azul, su comportamiento vertical fue variable, generalmente en horas diurnas forma agregaciones de cordones ondulados continuos y en las nocturnas se dispersa en la capa superficial del mar. La distribución vertical de su abundancia fue decreciente hacia mayores profundidades y no tuvo diferencias significativas con respecto al día y la noche, el promedio de S_v en el día fue -54,36 dB y en la noche de -53,91 dB (Fig. 13).

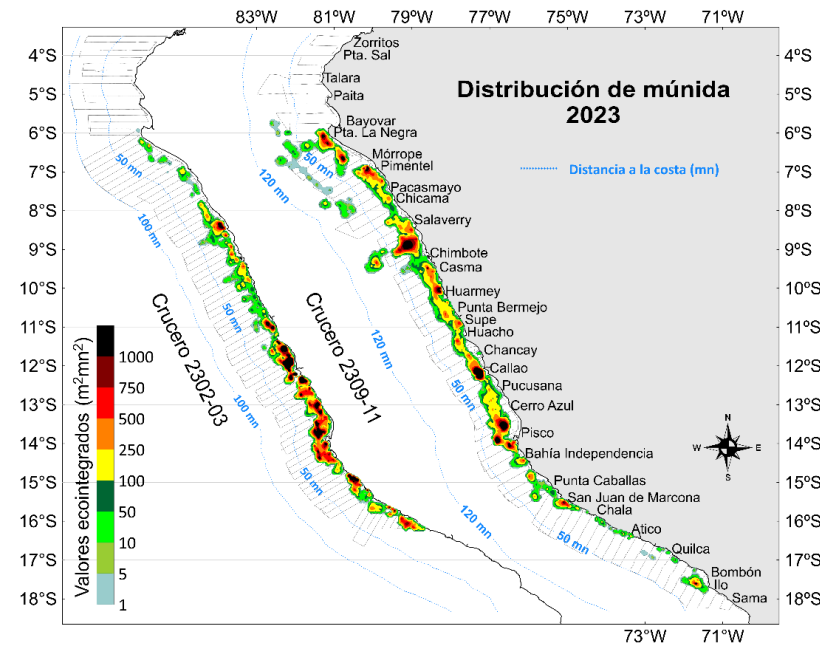


Figura 12.- Distribución espacial de la múnida, con niveles de eointegración para los cruceros 2302-03 y 2309-11

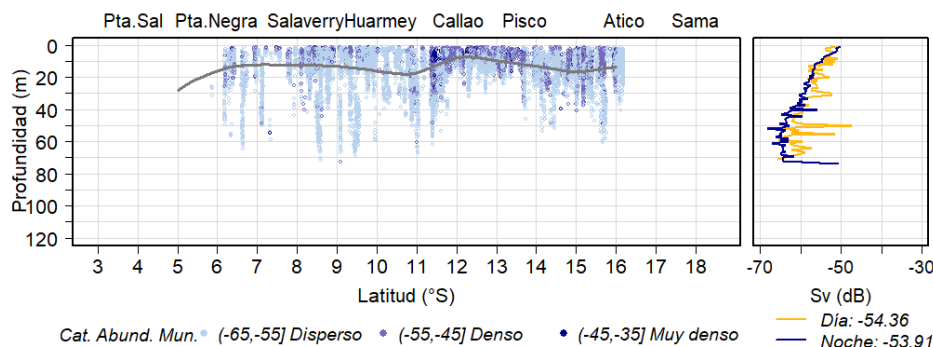


Figura 13.- Distribución vertical de agregaciones de múnida en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho: distribución vertical del Sv con respecto al día y la noche. Cruceiro 2302-03

En el crucero 2309-11, la múnida se registró entre 1,38 y 131,3 m de profundidad, promedio en 27,5 m, los registros más profundos se localizaron entre Salaverry-Huarmey, las agregaciones más superficiales se registraron entre Callao-Cerro Azul y frente a Ilo. La distribución vertical de su abundancia en horas de la noche también mostró ligera disminución en la capa superficial de los 30 m, para luego mantenerse estable en la columna de agua. No tuvo diferencias significativas con respecto al día y la noche (Fig. 14).

Pota y vinciguerría

Estas especies mesopelágicas son propias de aguas oceánicas y se acercan hacia la costa cuando esas masas de aguas cálidas avanzan hacia el

litoral peruano, sin embargo, sus abundancias en ese año no fueron altas. El cefalópodo pota o calamar gigante en el crucero 2302-03, se registró en diversos núcleos pequeños de características muy dispersas distribuidos de 10 a 78 mn de la costa entre Zorritos-Chicama; mientras que, en el crucero 2309-11 fue muy escasa y dispersa, registrados en pequeños núcleos comprendidos entre Talara-Pacasmayo y entre Callao-Bahía Independencia.

La vinciguerría en el crucero 2302-03 se encontró en cuatro zonas: i) entre Punta Sal-Punta La Negra con diversos núcleos reducidos generalmente de características dispersas entre 15 y 102 mn de la costa, ii) entre Pacasmayo-Salaverry distribuida en tres núcleos comprendidos entre

20 y 80 mn de la costa, iii) una zona continua alejada de la costa de Huarmey-Huacho entre 50 y 82 mn, y iv) una zona continua entre 30 y 72 mn de la costa de Pucusana-Atico, con importantes núcleos de alta concentración registrados frente a Cerro Azul, Bahía Independencia y San Juan de Marcona. En el crucero 2309-11 la vinciguerría se encontró distribuida en zonas alejadas y en algunas cerca de la costa, localizados en diversos núcleos comprendidos entre Paita-Chala, estas zonas fueron ubicadas entre 15 y 80 mn de la costa entre Paita-Lobos de Tierra, de 50 a 70 mn de la costa entre Pimentel-Callao, de 15 a 60 mn de la costa entre Pucusana-San Juan de Marcona (Fig. 15).

La distribución vertical de la pota y vinciguerría en el 2023, tuvieron similar comportamiento nictameral, es decir, en la noche se encontraron en la capa superficial y en las horas del día más profundos. La pota es registrada en agregacio-

nes manteniendo cierta distancia entre cada ejemplar, por lo cual su energía reflejada en la detección es baja, además de su textura biológica; en cambio la vinciguerría forma cardúmenes y pueden tener alta densidad. En el crucero 2302-03, la pota fue registrada entre 3,42 y 433,11 m; mientras que, la vinciguerría fue detectada entre 1,64 y 393,35 m de profundidad. La abundancia de S_v de la pota en la columna de agua fue menor que la vinciguerría con valores de $-58,35$ dB y la vinciguerría en $-54,17$ dB, respectivamente (Fig. 16).

Finalmente, en el crucero 2309-11 la pota fue encontrada entre los 3,17 y 465,17 m con media en 128,58 m, y la vinciguerría fue registrada entre 2,01 y 409,91 m con media en 126,61 m. La abundancia en la columna de agua de la pota fue menor con valor de S_v promedio en $-56,57$ dB; mientras que, la vinciguerría fue de $-52,86$ dB, siendo más abundante (Fig. 17).

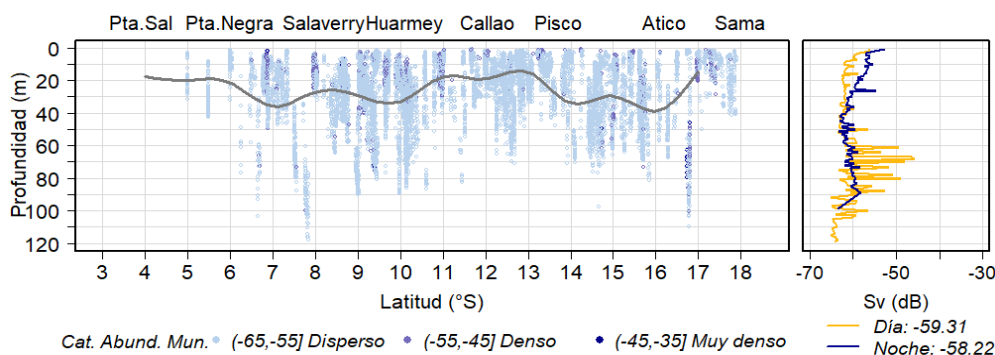


Figura 14.- Distribución vertical de agregaciones de la múnida en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho: distribución vertical del Sv con respecto al día y la noche. Crucero 2309-11

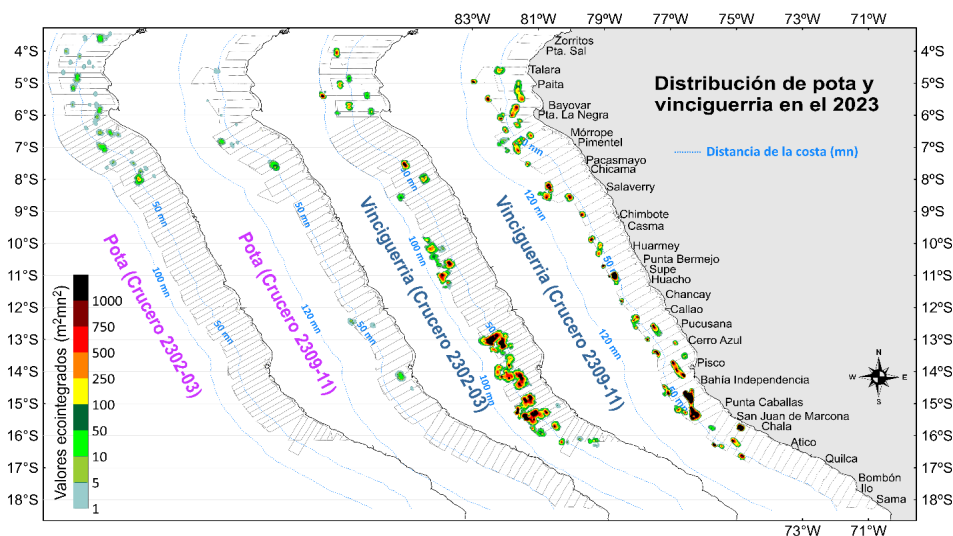


Figura 15.- Distribución espacial de la pota y vinciguerría de acuerdo con niveles de ecointegración para los cruceros 2302-03 y 2309-11

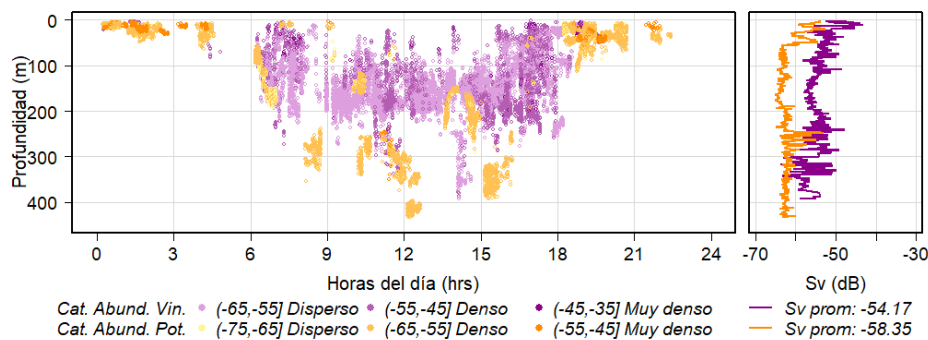


Figura 16.- Distribución vertical de agregaciones de pota y cardúmenes de vinciguerría en categorías de abundancia por horas del día, en el lado derecho la distribución vertical del Sv para cada especie. Crucero 2302-03

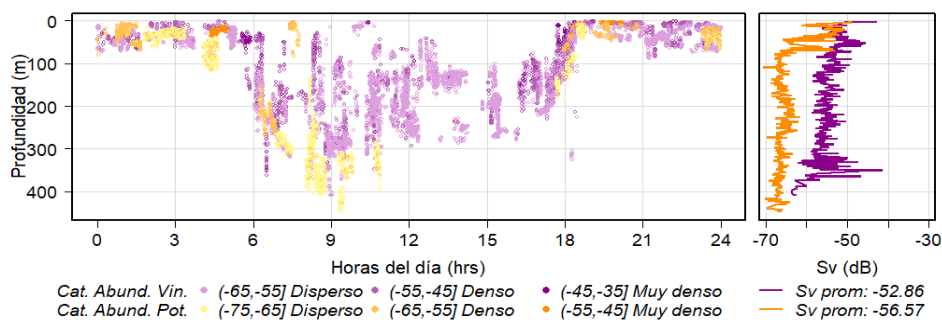


Figura 17.- Distribución vertical de agregaciones de pota y cardúmenes de vinciguerría en categorías de abundancia por horas del día, en el lado derecho la distribución vertical del Sv para cada especie. Crucero 2309-11

ESTIMADOS DE BIOMASA

Biomasa de anchoveta

La biomasa total de anchoveta en el crucero 2302-03 se estimó en 6,45 millones de toneladas, con límite de confianza de los valores de integración o NASC en 10,91%. Las mayores abundancias se estimaron en los grados 6° y 11°S con 1,11 millones de toneladas cada uno, correspondiendo al 17% de la biomasa total. Esta biomasa fue totalmente de la región norte-centro. En cuanto a la biomasa por distancia de la costa, se concentró principalmente en la franja costera de 0 a 10 mn, con biomasa de 5,36 millones de toneladas (83% de la biomasa total) (Tabla 5).

En el crucero 2309-11, la biomasa fue de 7,72 millones de toneladas con límite de confianza de los valores NASC en 15,01%. Las mayores abundancias fueron estimadas en 9 y 8°S, con 2,01 y 1,46 millones de toneladas, respectivamente. La biomasa en la región norte-centro fue estimada en 7,18 millones de toneladas y en la región sur en 0,74 millones de toneladas. Por distancia a la costa, se encontró que esta biomasa estuvo principalmente en la franja costera

de las 0-10, 20-30 y 10-20 mn con 4,44; 1,27 y 0,90 millones de toneladas, respectivamente. Estas abundancias representaron el 57,50%; 16,42% y 11,62% de la biomasa total, respectivamente (Tabla 6).

La biomasa de anchoveta obtenida en ambos cruceros, mostró variaciones de abundancia a lo largo de la costa, en el verano fue menor con mayores densidades en las zonas de Mórrope y Huacho; mientras que, en la primavera fue en Chimbote y Salaverry (Fig. 18).

Biomasa de otras especies pelágicas

Las otras especies investigadas fueron: jurel, caballa, samasa, bagre, múnida, vinciguerría y pota. La biomasa estimada en ambos cruceros, mostró variaciones en abundancia; a pesar de que, en el crucero 2302-03 solo fue hasta los 15°59,9'S.

En la Tabla 7, se encuentra la biomasa de cada una de las especies pelágicas evaluadas, por grados de latitud, en el crucero 2302-03.

En la Tabla 8, se encuentra la biomasa de cada una de las especies pelágicas evaluadas, por grados de latitud, en el crucero 2309-11.

Tabla 5.- Biomasa de la anchoveta por grado latitudinal y por distancia a la costa en el crucero 2302-03

TOTALES (t)	TOTAL (%)	Distancia de la costa (mn)							Grado de latitud sur
		60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	0-10	
	0.00								03° 30 - 04° 00
									03° - 04°
	0.00								04° 00 - 04° 30
									04° 30 - 05° 00
									04° - 05°
46 303							1 713	44 590	05° 00 - 05° 30
52 378								52 378	05° 30 - 06° 00
98 681	1.53						1 713	96 968	05° - 06°
469 736				101			8 286	461 349	06° 00 - 06° 30
641 088						31 182	113 853	496 053	06° 30 - 07° 00
1 110 824	17.22			101		31 182	122 139	957 403	06° - 07°
398 541						3 036	21 142	374 363	07° 00 - 07° 30
394 388						6 504	11 504	376 380	07° 30 - 08° 00
792 929	12.29					9 539	32 647	750 743	07° - 08°
396 924				420		37 787	104 671	254 048	08° 00 - 08° 30
534 594			366	400		1 247	36 993	495 588	08° 30 - 09° 00
931 518	14.44		366	819		39 034	141 664	749 636	08° - 09°
301 292		12 534			23 430		17 298	248 030	09° 00 - 09° 30
120 783				44 585	25 997	562	16 259	33 380	09° 30 - 10° 00
422 076	6.54	12 534		44 585	49 427	562	33 557	281 410	09° - 10°
39 936						266	24 296	15 374	10° 00 - 10° 30
459 274						1 254	3 611	454 409	10° 30 - 11° 00
499 211	7.74					1 520	27 908	469 783	10° - 11°
354 196						1 070	4 378	348 747	11° 00 - 11° 30
752 815						60 747	212 675	479 393	11° 30 - 12° 00
1 107 011	17.16					61 817	217 054	828 140	11° - 12°
55 737			164			2 774	12 712	40 087	12° 00 - 12° 30
116 668		183	331				14 625	101 530	12° 30 - 13° 00
172 405	2.67	183	495			2 774	27 337	141 617	12° - 13°
236 702						8 098	168 481	60 123	13° 00 - 13° 30
162 759						5 349	40 169	117 241	13° 30 - 14° 00
399 461	6.19					13 447	208 650	177 364	13° - 14°
197 972						2 158	6 232	189 582	14° 00 - 14° 30
283 767							4 071	279 696	14° 30 - 15° 00
481 739	7.47					2 158	10 303	469 278	14° - 15°
36 934								36 934	15° 00 - 15° 30
397 595							363	397 231	15° 30 - 16° 00
434 529	6.74						363	434 166	15° - 16°
TOTALES		12 717	860	45 505	49 427	162 033	823 334	5 356 507	
6 450 383	100.00	0.20	0.01	0.71	0.77	2.51	12.76	83.04	6 450 383

Tabla 6. Biomasa de la anchoveta por grado latitudinal y por distancia a la costa en el crucero 2309-11

TOTALES (t)	TOTAL (%)	Distancia de la costa (mn)							Grado de latitud sur
		60-70	50-60	40-50	30-40	20-30	10-20	0-10	
	0.00								03° 30 - 04° 00
									03° - 04°
									04° 00 - 04° 30
	0.01		923					157	04° 30 - 05° 00
1 080			923					157	04° - 05°
87 577								87 577	05° 00 - 05° 30
3 589						168	3 421		05° 30 - 06° 00
91 166	1.18					168	3 421	87 577	05° - 06°
177 294							2 585	174 709	06° 00 - 06° 30
661 340						46 517	1 963	612 860	06° 30 - 07° 00
838 634	10.87					46 517	4 548	787 569	06° - 07°
210 365					6 755	2 968	2 719	197 922	07° 00 - 07° 30
663 248				2 170	10 442	130 614	301 009	219 012	07° 30 - 08° 00
873 612	11.32			2 170	17 198	133 582	303 728	416 934	07° - 08°
1 078 718		2 364	1 157	1 350		221 940	84 719	767 188	08° 00 - 08° 30
386 831			53	44 445	33 853	19 053	41 447	247 980	08° 30 - 09° 00
1 465 549	18.99	2 364	1 209	45 795	33 853	240 993	126 166	1 015 167	08° - 09°
1 889 543		861 768	1 906	70 349	13 675	103 640	278 610	559 595	09° 00 - 09° 30
121 026			40 314	18 113	4 536	1 571		56 493	09° 30 - 10° 00
2 010 569	26.05	861 768	42 220	88 462	18 211	105 210	278 610	616 088	09° - 10°
706 494					112	685 581	1 666	19 134	10° 00 - 10° 30
163 282						23 629	34 694	104 959	10° 30 - 11° 00
869 776	11.27				112	709 210	36 361	124 093	10° - 11°
10 014						8 363		1 652	11° 00 - 11° 30
93 367							7 764	85 603	11° 30 - 12° 00
103 382	1.34					8 363	7 764	87 254	11° - 12°
63 320					993	2 660	33 045	26 622	12° 00 - 12° 30
50 211				152	931	17	766	48 345	12° 30 - 13° 00
113 531	1.47			152	1 923	2 677	33 811	74 967	12° - 13°
471 006						1 321	89 807	379 878	13° 00 - 13° 30
216 146						18 769	5 245	192 132	13° 30 - 14° 00
687 152	8.90					20 089	95 052	572 010	13° - 14°
7 402						392	6 982	28	14° 00 - 14° 30
54 575								54 575	14° 30 - 15° 00
61 977	0.80					392	6 982	54 603	14° - 15°
59 738								59 738	15° 00 - 15° 30
4 307								4 307	15° 30 - 16° 00
64 045	0.83							64 045	15° - 16°
171 426							8	171 418	16° 00 - 16° 30
205 337								205 337	16° 30 - 17° 00
376 763	4.88						8	376 755	16° - 17°
114 949								114 949	17° 00 - 17° 30
35 558								35 558	17° 30 - 18° 00
150 507	1.95							150 507	17° - 18°
10 388								10 388	18° 00 - 18° 30
10 388	0.13							10 388	18° - 18° 30'
TOTALES		865 056	43 429	136 579	71 297	1 267 202	896 610	4 437 958	
7 718 131	100.00	11.21	0.56	1.77	0.92	16.42	11.62	57.50	7 718 131

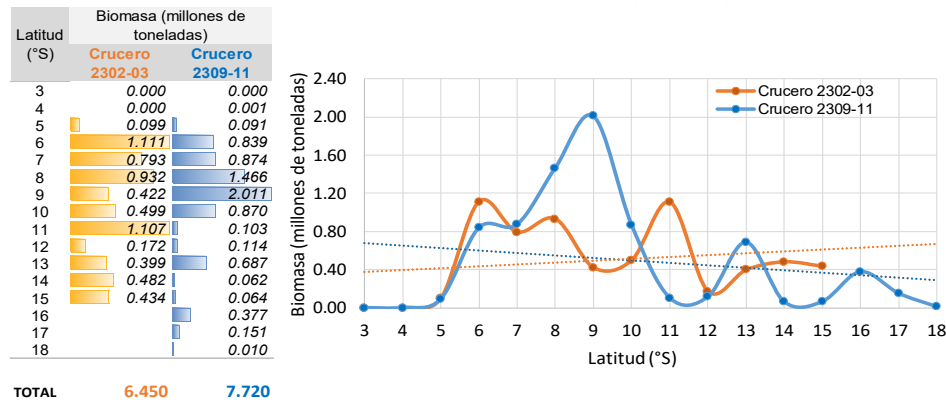


Figura 18.- Biomasa por grados de latitud de la anchoveta con su tendencia lineal en los cruceros realizados el 2023

Tabla 7. Biomasa de otras especies pelágicas evaluadas en el crucero 2302-03

Grado de latitud (°S)	Especies						
	Jurel	Caballa	Samasa	Bagre	Múnida	Vinciguerría	Pota
03		14 423				4	740
04		632				5 058	6 110
05		7 246	46			25 575	5 289
06		4 362		19	38 611		7 434
07	1 506	986		1 795	25 203	18 296	24 463
08		1 024		6 960	216 723	342	17 542
09					136 010	1 202	
10				253	120 592	32 274	
11	193				875 042	14 419	
12		31 591			877 931	54 814	
13	2 052	22 361			604 378	87 934	
14					710 029	101 726	
15	100	153 734			339 854	138 615	
16							
17							
18							
TOTAL	3 851	236 359	46	9 026	3 944 372	480 259	61 579

Tabla 8.- Biomasa de otras especies pelágicas evaluadas en el crucero 2309-11

Grado de latitud (°S)	Especies						
	Jurel	Caballa	Samasa	Bagre	Múnida	Vinciguerría	Pota
03							
04	252	4 288			767	45 213	1 144
05	1 338	5			3 019	49 776	1 021
06		28	4 325	23	244 754	33 578	3 416
07		2 509	7 256	11 494	141 460	12 558	19 543
08	61 568		2 164		149 137	59 489	
09		72 606			187 467	16 064	
10					61 336	102 645	
11					90 785	34 467	
12		365			188 229	32 713	1 480
13		2 097			69 241	72 173	
14		2 566			75 385	345 266	5 015
15					69 501	193 979	
16	2 396				28 779	82 508	
17	9 851				44 423		
18							
TOTAL	75 405	84 464	13 745	11 517	1 354 283	1 080 429	31 619

Estadística de los descriptores acústicos de cardúmenes de anchoveta

Generalmente, en un evento cálido, la anchoveta realiza migraciones horizontales y verticales, dependiendo de la magnitud del evento los car-

dúmenes tienen diversas características batimétricas, energéticas y morfométricas, por la limitación de su ambiente favorable (hábitat).

En el descriptor posicional o batimétrico, se encuentra la variable profundidad del cardumen,

que fue registrada en el crucero 2302-03 entre 1,32 y 99,61 m de profundidad con promedio en 9,76 m; mientras que, en el crucero 2309-11 fue registrada entre 1,36 y 127,70 m de profundidad con promedio en 17,41 m.

En los descriptores energéticos, que es una medición de valores energéticos del cardumen, se encontró que en el crucero 2302-03 los valores de S_v media (-51,17 dB), S_v máximo (-43,14 dB), S_v mínimo (-65,57 dB), asimetría (2,37), curtosis (9,50) y valores NASC (3028 m²/mn²), son mayores que los obtenidos en el crucero 2309-11, lo que indica que hubo cardúmenes con alta densidad (más concentrados), cuyo número en cantidad también fue mayor (n=35.302 cardúmenes). El coeficiente de variación (CV) de estos descriptores fue variable, esta característica indica que los datos están más uniformemente distribuidos alrededor del promedio; mientras que, un valor alto señala mayor dispersión, el CV de 5,12 obtenido del valor NASC fue mayor que el obtenido en el crucero 2309-11 (CV en 3,18).

Finalmente, en los descriptores morfométricos los mayores valores de las principales características como área, volumen y perímetro fueron registrados en el crucero 2309-11, con valores promedio de 61,51 m², 116,31 m³ y 195,41 m, respectivamente; comparados con el crucero 2302-03 con 54,17 m², 91,02 m³ y 190,61 m, respectivamente. Los CV de estas características también mostraron mayor

dispersión en el crucero 2309-11. La altura de los cardúmenes en promedio fue mayor en el crucero 2309-11 con 1,32 m que alcanzó un máximo de 20,27 m y en el crucero 2302-03 fue de 1,15 m con máximo de 22,64 m. El largo del cardumen en promedio fue mayor en el crucero 2302-03 con 37,45 m comparado con el crucero 2309-11 con 36,65 m (Fig. 19). Otras características como: elongación, dimensión fractal, circularidad y rectangularidad, los valores fueron casi similares no hubo diferencias significativas en ambos cruceros (Tabla 9).

Relación de presencia de anchoveta con variables oceanográficas superficiales

Considerando que la distribución vertical de la anchoveta en ese año fue mayor a lo habitual por las masas de aguas cálidas en la costa peruana, se ha establecido una relación de las variables oceanográficas superficiales, encontrándose que en el crucero 2302-03 estuvo en un rango de 18,0 a 24,5 °C de temperatura del mar. En el caso de la salinidad la anchoveta fue encontrada en 34,6 a 35,0 salinidades bajas debido a la descarga de los ríos en el litoral costero. El oxígeno disuelto varió de 3,0 a 6,7 mL/L y las concentraciones de clorofila-*a* entre 1,5 y 5,2 mg/m³. Mientras que, en el crucero 2309-11 la distribución de la anchoveta continuó siendo costera con valores de temperaturas entre 17,0 y 21,1 °C, salinidades entre 34,7 y 35,1, oxígeno disuelto entre 3,7 y 6,6 mL/L y clorofila-*a* entre 1,0 y 6,5 mg/m³ (Fig. 20).

Tabla 9.- Descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta registrados en los cruceros del 2023

Descriptores acústicos	Crucero 2302-03 (n = 35.302 cardúmenes)				Crucero 2309-11 (n = 23.011 cardúmenes)			
	Mín.	Promedio	Máx.	CV	Mín.	Promedio	Máx.	CV
1. Batimétrico								
Profundidad del cardumen (m)	1,29	9,76	99,61	0,88	1,36	17,41	127,70	0,96
2. Energético								
S_v media	-68	-51,17	-24,36	-0,13	-67,95	-52,53	-31,52	-0,12
S_v máximo	-65,05	-43,14	-15,12	-0,20	-64,40	-44,75	-25,02	-0,18
S_v mínimo	-68,00	-65,57	-47,53	-0,05	-68,98	-65,90	-52,38	-0,05
Coefficiente de Rugosidad vertical	0,000000	0,0000035	0,00027061	2,96	0,000000	0,0000064	0,0006323	3,99
Coefficiente de Rugosidad horizontal	0,000000	0,0002524	0,0377421	3,73	0,000000	0,0001238	0,0113799	2,95
Asimetría	-1,63	2,37	32,61	0,74	-1,58	2,29	36,27	0,73
Curtosis	-1,93	9,50	1296,56	2,71	-1,97	8,86	1976,65	3,02
NASC	2,06	3028,42	694805,04	5,12	1,84	1507,49	113242,93	3,18
3. Morfométrico								
Altura (m)	0,13	1,15	22,64	0,97	0,23	1,32	20,27	0,94
Largo (m)	1,19	37,45	1652,38	1,64	1,00	36,65	1575,94	1,82
Área (m ²)	1,01	54,17	1998,32	2,91	1,02	61,51	5952,97	3,61
Volumen (m ³)	0,21	91,02	24963,14	5,60	0,19	116,31	39695,11	7,17
Perímetro (m)	5,11	190,61	8476,69	2,24	4,16	195,41	28204,98	2,94
Elongación	0,41	18,45	2007,23	0,95	0,11	17,15	279,91	0,84
Dimensión fractal	1,02	2,39	533,94	1,31	0,87	2,3	115,15	0,7
Circularidad	0,00	0,05	0,73	1,18	0,00	0,06	0,83	1,19
Rectangularidad	1,01	2,42	10,35	0,37	1,00	2,34	10,57	0,39

CV: Coeficiente de variación.

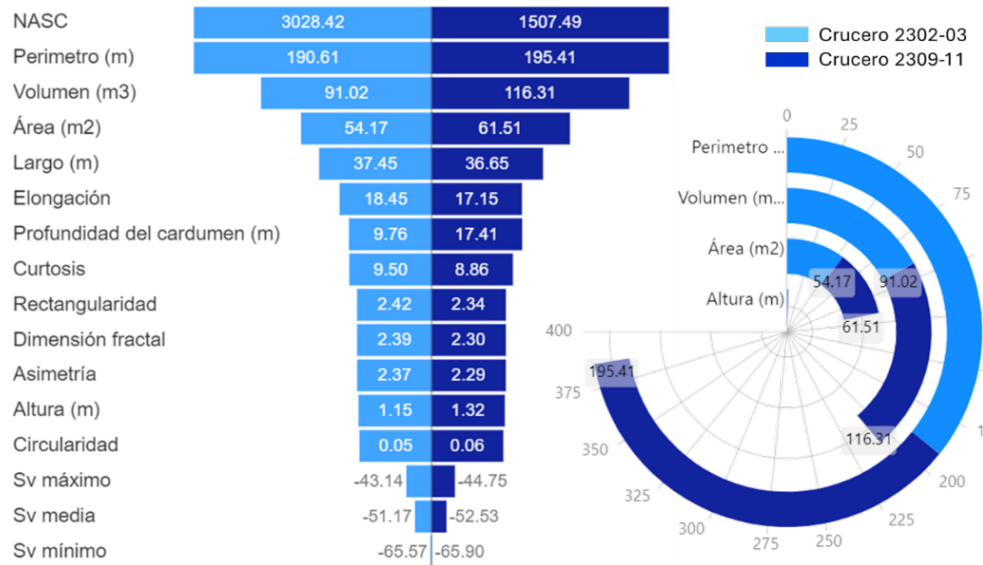


Figura 19.- Descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta registrados en los cruceros del 2023: a) Promedio de los descriptores acústicos por crucero tipo tornado, b) Gráfico tipo radar en radial de los principales descriptores morfométricos por crucero

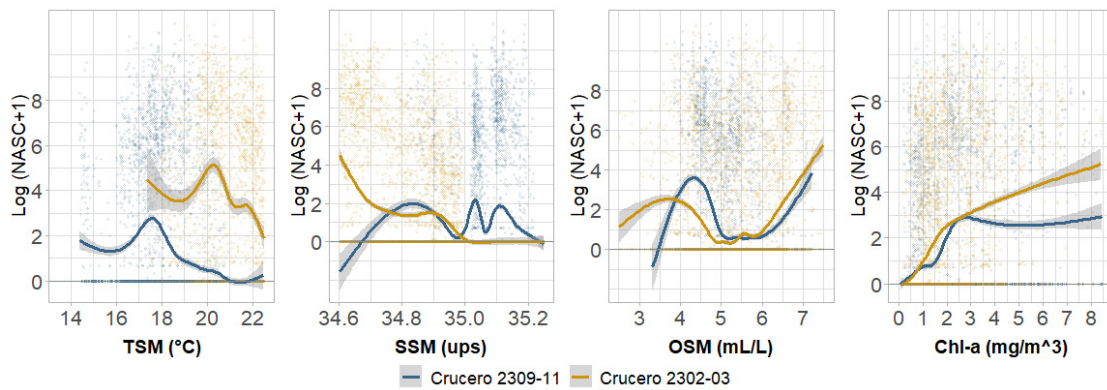


Figura 20.- Análisis de modelos aditivos generalizados (GAM) de los valores NASC de anchoveta con variables oceanográficas superficiales de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-a, para los cruceros realizados en el 2023

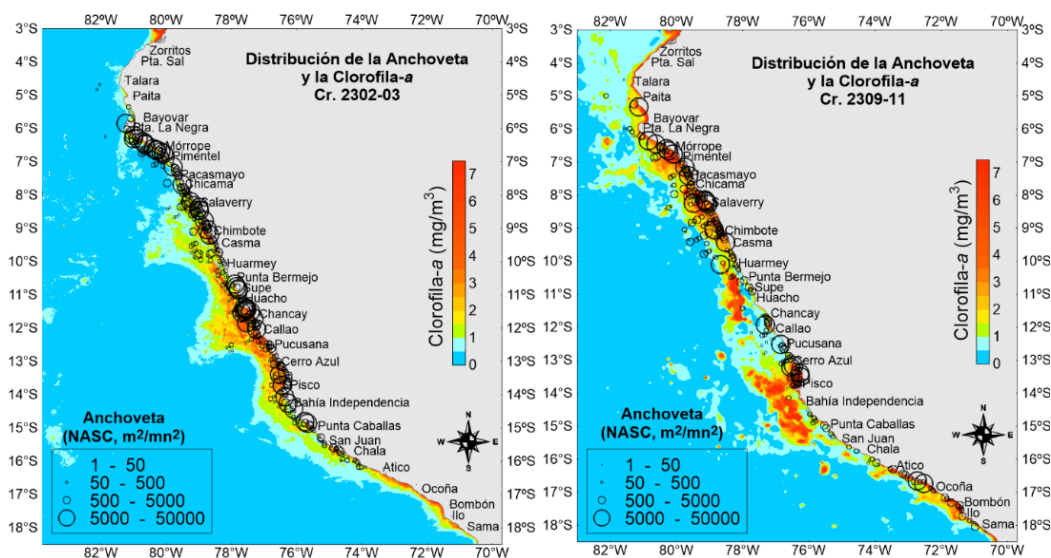


Figura 21.- Sobreposición de los valores de integración de la anchoveta con la imagen satelital de clorofila-a en los cruceros realizados en el 2023.

Espacialmente, en la relación de la anchoveta con la imagen satelital de clorofila-*a*, se encontró alta asociación, principalmente con las áreas de alta abundancia. En el crucero 2302-03 hubo alta concentración de clorofila-*a* entre Salaverry-Pisco, zona que estuvo asociada a valores mayores a 3,5 mg/m³. En el crucero 2309-11 las concentraciones de clorofila-*a* fueron más amplias a lo largo de la costa, entre Paita-Chimbote, Chancay-Pisco y Atico-Ilo, estuvieron asociados a las altas concentraciones de anchoveta con valores superiores a 3,0 mg/m³ (Fig. 21).

4. DISCUSIÓN

Las condiciones oceanográficas descritas en la Introducción indicaron fuerte presencia de aguas cálidas superficiales en la región norte-centro entre la quincena de marzo y la quincena de setiembre del 2023, estas aguas propiciaron desplazamientos de las poblaciones de especies, principalmente de la anchoveta. A nivel espacial, esta especie fue encontrada en el área costera generalmente en forma continua, en todas las investigaciones marinas realizadas, con zonas de alta concentración o abundancia a lo largo de la costa. Este comportamiento normalmente sucede en los meses de verano por el repliegue de las aguas costeras frías. A nivel vertical, se observó desplazamientos hacia el fondo, alcanzando en mayo hasta un máximo de 190,41 m, profundidad no registrada o alcanzada en eventos anteriores de El Niño; posteriormente, las condiciones oceanográficas cálidas fueron disminuyendo, permitiendo que la anchoveta se desplace hacia menores profundidades, sin alcanzar su normal rango vertical habitual. ESPINO (1999), BOUCHON *et al.* (2010), CASTILLO *et al.* (2018) y PEÑA TERCERO (2019) mencionan que los eventos cálidos como El Niño impactan sobre la distribución de la anchoveta generando desplazamientos horizontales y verticales, en su búsqueda de hábitats adecuados, tales como acercamiento hacia la costa, el sur y cerca del fondo. CASTILLO *et al.* (2018) mencionan que la variable salinidad es un factor importante que limita la distribución horizontal de la anchoveta, valores superiores a 35,3 registra ausencia, y la variable oxígeno limita la distribución vertical, valores inferiores a 0,8 mL/L generaría ausencia. Sabemos que, el ingreso de masas de aguas cálidas en la costa peruana pro-

voca acercamientos hacia la costa de aguas oceánicas con altas salinidades; así mismo, se genera una profundización del oxígeno disuelto por el ingreso de aguas cálidas por el norte.

ESPINO (1999) y PEÑA TERCERO (2019) mencionan que estos eventos generan cambios en la especie, principalmente en el aspecto reproductivo y somático, como el índice gonadosomático, factor de condición, peso corporal y contenido graso. También, la disminución en el peso corporal y el contenido graso de la anchoveta afectan en el estimado de biomasa, además del tamaño de los ejemplares.

A pesar de la presencia de masas de aguas cálidas en la RNSCH, la anchoveta continuó siendo la especie de mayor abundancia en la zona, las biomásas estimadas previas a las dos temporadas de pesca permitieron contribuir en los informes de gestión para recomendar las cuotas en las regiones norte-centro y sur. La cuota asignada en la I temporada de pesca del 2023 para la región norte-centro fue de 1.091.000 toneladas (Resolución N° 000191-2023-PRODUCE) y para la región sur en 337.000 toneladas (Resolución Ministerial N° 00464-2022-PRODUCE). En la II temporada de pesca del 2023 para la región norte-centro fue de 1.682.000 toneladas (Resolución Ministerial N° 358-2023-PRODUCE) y para la región sur no hubo temporada de pesca solo una pesca exploratoria.

En la primera temporada de pesca hubo dos pescas exploratorias en la región norte-centro generándose la suspensión preventiva de 37 áreas cerradas (3-9 de junio y 3-12 de agosto 2023) y, en la segunda temporada de pesca suspendieron 139 áreas cerradas (21 de octubre 2023 al 13 de enero 2024), emitidas por la Dirección General de Supervisión, Fiscalización y Sanción de PRODUCE. Además, algunas empresas privadas suspendieron temporalmente sus operaciones por la dificultad de obtener el recurso en cantidad y calidad para que sea rentable (juveniles con baja calidad en la producción de harina). Es necesario comentar, que este evento cálido indujo a que cierta parte de la población de anchoveta se localice a mayores profundidades, generalmente cerca del fondo, resultando inaccesible al área de cobertura de las redes anchoveteras, CASTILLO *et al.* (2022) mencionaron que, generalmente los

ejemplares mayores a 10 cm de LT son los que se encuentran a mayores profundidades y en los extremos del área de distribución (latitud norte y longitud oeste).

Según el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) la economía peruana en el 2023 se contrajo en 0,55%, siendo el sector pesca que aportó con un resultado negativo de -19,75%, debido a la menor captura de especies marinas (-21,78%) con extracción de 1.993.295 toneladas de anchoveta (50,67% menos que en el 2022) (CUADROS, 2024).

Los resultados de los descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta dependieron del comportamiento de la especie ante la continua variabilidad del ambiente debido a las condiciones cálidas ocurridas en el año 2023, los desplazamientos horizontales y verticales propiciaron diversas características batimétricas, energéticas y morfométricas en la estructura de los cardúmenes. En el descriptor posicional o batimétrico, durante el crucero 2309-11, fue registrada en la capa superficial de los 127,70 m de profundidad, mayor a lo habitual en condiciones normales.

En los descriptores energéticos, los mayores valores de cuantificación fueron encontrados en el crucero 2302-03 con mayor cantidad de cardúmenes (35.302 cardúmenes); sin embargo, en el crucero 2309-11 las principales variables como área, volumen y perímetro de los descriptores morfométricos fueron de mayores dimensiones, a pesar de registrarse menor cantidad de cardúmenes. Esto significaría que, en el crucero 2302-03 hubo cardúmenes más concentrados con altas densidades que reflejaron principalmente valores altos de NASC, y en el crucero 2309-11 hubo cardúmenes de mayores dimensiones, pero con baja densidad en su estructura.

Los valores de la asimetría y de la curtosis de los descriptores energéticos se utilizan para comparar la curva de distribución con una distribución normal. La asimetría indica el grado de concordancia de una distribución (positiva, negativa o simétrica), mientras que la curtosis indica el grado de concentración de una distribución alrededor de su media (achatada o apuntada). En ambos cruceros (2302-03 y 2309-11) mostraron similares formas y tendencias, asimetría 2,37 y

2,29; mientras que, curtosis 9,50 y 8,86 respectivamente.

En cuanto a, la relación de anchoveta con las variables oceanográficas de temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y clorofila-*a* de la superficie del mar, registrados en los cruceros realizados en el 2023, estuvieron dentro de los límites establecidos en CASTILLO, *et al.* (2018), valores similares a los obtenidos en los cruceros realizados en los últimos años.

En cuanto a los resultados de la investigación de otras especies, como la múnida que es un crustáceo que habita en las aguas costeras frías y comparte su distribución con la anchoveta; además, de ser la segunda especie de mayor abundancia en la zona costera, también fue afectada por las condiciones oceanográficas, la biomasa en el crucero 2309-11 disminuyó en 34,33%. Las abundancias de jurel y caballa se mantienen en niveles menores desde varios años. Las abundancias de las especies costeras samasa y bagre son también bajas, y siempre habitan en la zona norte y costera. En cuanto a las especies mesopelágicas como vinciguerría y pota, que habitan en las aguas oceánicas estas abundan cuando estas aguas se acercan hacia la costa, en el caso de la vinciguerría en el crucero 2309-11 aumentó en 224,96%.

5. CONCLUSIONES

La distribución espacial de la anchoveta en el 2023 fue netamente costera, menores a 66 mn, ante la presencia de aguas cálidas cerca de la costa, y mantuvo sus características distribucionales de continuidad con zonas de alta concentración, la biomasa en el crucero 2302-03 fue de 6,45 millones de toneladas; mientras que, en el crucero 2309-11 fue de 7,72 millones de toneladas.

En el 2023 la anchoveta continuó siendo la especie de mayor abundancia en la RNSCH, siendo la región norte-centro la más abundante.

A nivel vertical, los cardúmenes de anchoveta en las diversas investigaciones realizadas en ese año se localizaron más profundos a lo habitual, alcanzando en mayo hasta los 190,41 m principalmente en la zona del Callao.

Las condiciones cálidas en la zona costera generaron desplazamientos verticales, en muchas

ocasiones cerca de fondo, los cuales fueron inaccesibles a las redes de cerco de la flota pesquera.

Los descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta mostraron diferencias en ambos crueros, en el cruceo 2302-03 fueron detectados 35.302 cardúmenes con altos valores en los descriptores energéticos; mientras que, en el cruceo 2309-11 fueron detectados 23.011 cardúmenes con mayores dimensiones en los descriptores morfométricos (área, volumen y perímetro).

El crustáceo múnida fue la segunda especie de mayor abundancia en la zona costera, hacia fines del año hubo disminución en su biomasa, probablemente por la migración hacia el sur. La biomasa en el cruceo 2302-03 fue estimada en 3,94 millones de toneladas y en el cruceo 2309-11 en 1,35 millones de toneladas.

Las distribuciones del jurel y la caballa han sido en núcleos reducidos y aislados, generalmente por fuera de las 20 mn de la costa. En el cruceo 2302-03 el jurel fue estimado en 3.851 toneladas y en el cruceo 2309-11 en 75.405 toneladas; mientras que, la caballa en el cruceo 2302-03 fue de 236.359 toneladas y 84.464 toneladas en el cruceo 2309-11.

La abundancia de las especies costeras samasa y bagre fue menor; mientras que, las especies mesopelágicas pota y vinciguerría se encontraron en áreas dispersas y reducidas, solo la vinciguerría en el cruceo 2309-11 tuvo una biomasa de 1,08 millones de toneladas.

El impacto de condiciones cálidas en las distribuciones y abundancias de las especies pelágicas en la RNSCH fue variable para cada especie, de las cuales cada una tiene sus propias características de hábitat, en la zona costera la anchoveta y la múnida tuvieron mayor impacto.

Agradecimientos

Agradecemos a los investigadores eventuales que participaron embarcados en los crueros realizados en el 2023; así como, al personal de la DGIHSA que no se embarcaron en los buques participantes; sin embargo, participaron activamente en el apoyo logístico brindado, entre ellos a: Jairo Calderón, David Mamani, Néstor Saavedra, Ángel Espíritu, Julio Alarcón, Julio Ramos, Joyci Cruzado, Gisella Mogollón, etc.

6. REFERENCIAS

- ARIAS SCHREIBER, M., ÑIQUEÑ, M. & BOUCHON, M. (2011). Coping Strategies to Deal with Environmental Variability and Extreme Climatic Events in the Peruvian Anchovy Fishery. *Sustainability*, 3(6), 823-846. <https://doi.org/10.3390/su3060823>
- BOUCHON, M., AYÓN, P., MORI, J., PEÑA, C., ESPINOZA, P., HUTCHINGS, L., BUITRÓN, B., PEREA, A., GOICOCHEA, C. & MESSIÉ, M. (2010). Biología de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens* Jenyns. *Bol Inst Mar Perú*, 25(1-2), 23-30. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1099>
- CASTILLO, P. R., PEÑA, C., GRADOS, D., LA CRUZ, L., VALDEZ, C., POZADA-HERRERA, M. & CORNEJO, R. (2022). Characteristics of anchoveta (*Engraulis ringens*) schools in the optimum zone and the physiological stress zone of its distribution between 2011 and 2021. *Fisheries Oceanography*, 31(5), 510-523. <https://doi.org/10.1111/fog.12601>
- CASTILLO, P. R., PERALTILLA, S., ALIAGA, A., FLORES, M., BALLÓN, M., CALDERÓN, J. & GUTIÉRREZ, M. (2011). 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. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/2001>
- CASTILLO, R., DALLA ROSA, L., GARCÍA DÍAZ, W., MADUREIRA, L., GUTIERREZ, M., VÁSQUEZ, L. & KOPPELMANN, R. (2018). Anchovy distribution off Peru in relation to abiotic parameters: A 32-year time series from 1985 to 2017. *Fisheries Oceanography*, 28(4), 389-401. <https://doi.org/10.1111/fog.12419>
- CHAVEZ, F. P., 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. *Progress in Oceanography*, 79, 95-105. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.012>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "El Niño" [ENFEN]. (2023a). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú ENERO 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°1, enero de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8538>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "El Niño" [ENFEN]. (2023b). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú FEBRERO 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°2, febrero de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8539>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "El Niño" [ENFEN]. (2023c). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú MARZO 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°3, marzo de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8540>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO "El Niño" [ENFEN]. (2023d). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 11 de ABRIL 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°4, al 11 de abril de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8541>

- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023e). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú ABRIL 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°5, al 28 abril de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8542>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023f). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú MAYO 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°7, mayo 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8544>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023g). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 05 de JULIO 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°9, al 5 julio de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8546>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023h). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 29 de AGOSTO 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°12, 29 agosto de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8549>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023i). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 26 de SEPTIEMBRE 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°14, 26 setiembre de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8551>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023j). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 26 de OCTUBRE 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°16, 26 octubre de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8553>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023k). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 22 de NOVIEMBRE 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°18, al 22 noviembre de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8555>
- COMISIÓN MULTISECTORIAL ENCARGADA DEL ESTUDIO NACIONAL DEL FENÓMENO “El Niño” [ENFEN]. (2023l). *Diagnóstico Climático y Previsión de El Niño-Oscilación del Sur en el Perú al 15 de DICIEMBRE 2023* (Informe Técnico Enfen. Año 9, N°20, al 15 diciembre de 2023). <https://hdl.handle.net/20.500.12958/8556>
- CUADROS, F. (2024, 15 de febrero). INEI: la economía peruana cayó 0,55% en 2023, su peor registro desde 1992. *La República*. <https://larepublica.pe/economia/2024/02/15/inei-la-economia-peruana-cayo-055-en-2023-su-peor-resultado-en-25-anos-595380>
- DEMER, D. A., BERGER, L., BERNASCONI, M., BETHKE, E., BOSWELL, K., CHU, D., DOMOKOS, R., DUNFORD, A., FÄSSLER, S., GAUTHIER, S., HUFNAGLE, L. T., JECH, J. M., BOUFFANT, N., LEBOURGES-DHAUSSY, A., LURTON, X., MACAULAY, G. J., PERROT, Y., RYAN, T., PARKER-STETTER, S., ... WILLIAMSON, N. (2015). *Calibration of acoustic instruments* (ICES Cooperative Research Report No. 326). International Council for the Exploration of the Sea (ICES), Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM). <https://doi.org/10.17895/ices.pub.5494>
- ESPINO SÁNCHEZ, M. A. (2014). *Patrones de variabilidad ambiental y las pesquerías en el Pacífico Sud Este* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Repositorio Institucional UNMSM. <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3965>
- ESPINO, M. (1999). El Niño 1997-98: Su efecto sobre el ambiente y los recursos pesqueros en el Perú. *Rev. peru Biol., Volumen Extraordinario*, 97-109. <https://doi.org/10.15381/rpb.v6i3.8435>
- FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS [FAO]. (2012). *The State of World Fisheries and Aquaculture 2012*. <https://www.fao.org/4/i2727e/i2727e.pdf>
- GUTIÉRREZ, D., AKESTER, M. & NARANJO, L. (2015). Productivity and Sustainable Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under Climate Change. *Environmental Development*, 17, 126-144. <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.11.004>
- HASTIE, T. J. & TIBSHIRANI, R. J. (1990). *Generalized Additive Models*. Chapman & Hall CRC. <https://doi.org/10.1201/9780203753781>
- HOBDAV, A. J., ALEXANDER, L. V., PERKINS, S. E., SMALE, D. A., STRAUB, S. C., OLIVER, E. C. J., BENTHUYSEN, J., BURROWS, M. T., DONAT, M. G., FENG, M., HOLBROOK, N. J., MOORE, P. J., SCANNELL, H. A., GUPTA, A. S. & WERNBERG, T. (2016). A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141, 227-238. <https://doi.org/10.1016/j.pocean.2015.12.014>
- LA CRUZ APARCO, L. A., CASTILLO, R., ROBLES, J., VALDEZ, C. & CORNEJO, R. (2017). Pelagic species identification using multifrequency acoustic in the Northern Humboldt Current System off Peru. En *IEEE/OES Acoustics in Underwater Geosciences Symposium (RIO Acoustics)* (pp. 1-5). Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE). <https://doi.org/10.1109/RIOAcoustics.2017.8349744>
- MACLENNAN, D. N., FERNANDES, P. G. & DALEN, J. (2002). A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59, 365-369. <https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1158>
- MORÓN, O. (2000). Características del ambiente marino frente a la costa peruana. *Bol Inst Mar Perú*, 19(1-2), 179-204. <https://hdl.handle.net/20.500.12958/1008>
- MURASE, H., NAGASHIMA, H., YONEZAKI, S., MATSUKURA, R. & KITAKADO, T. (2009). Application of a generalized additive model (GAM) to reveal relationships between environmental factors and distributions of pelagic fish and krill: a case study in Sendai Bay, Japan. *ICES Journal of Marine Science*, 66, 1417-1424. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsp105>
- ÑIQUEN, M. & BOUCHON, M. (2004). Impact of El Niño events on pelagic fisheries in Peruvian waters. *Deep-Sea Research II*, 51, 563-574. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.03.001>
- PEÑA TERCERO, C. L. (2019). *Eventos El Niño y su impacto en la pesquería de anchoveta en Perú* [Tesis de Maestría, Universidad de Alicante]. Repositorio Institucional RUA. <http://hdl.handle.net/10045/112564>
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 00464-2022-PRODUCE. (2022). *Por el cual autorizan el inicio de la Primera Temporada de Pesca del recurso anchoveta* (Engraulis rin-

- gens) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*), en el área marítima comprendida entre los 16°00'LS y el extremo sur del dominio marítimo del Perú, correspondiente al período enero - junio 2023. Ministerio de la Producción. <https://acortar.link/6n2qF9>
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 000191-2023-PRODUCE. (2023). Por el cual se establece la Primera Temporada de Pesca 2023 del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*). Ministerio de la Producción. <https://acortar.link/kmL3CX>
- RESOLUCIÓN MINISTERIAL N° 358-2023-PRODUCE. (2023). Por el cual autorizan el inicio de la Segunda Temporada de Pesca 2023 del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*), con destino al consumo humano indirecto, en el área marítima comprendida entre el extremo norte del dominio marítimo del Perú y los 16°00'S. Ministerio de la Producción. <https://acortar.link/jjf48z>
- 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. <https://doi.org/10.1051/alr:1993027>
- SCALABRIN, C. (1991). *Recherche d'une méthodologie pour la classification et l'identification automatiques des détections acoustics des bancs de poissons*. Rapp. IFREMER, DITI/NPA.
- SERRA, R., AKESTER, M., BOUCHON, M. & GUTIÉRREZ, M. (2012). Sustainability of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem. En K. Sherman & G. McGovern (Eds.), *Frontline Observations on Climate Change and Sustainability of Large Marine Ecosystems* (pp. 112-134). United Nations Development Programme (UNDP), Secretariat Global Environment Facility (GEF). <https://digitallibrary.un.org/record/1477322?ln=es&v=pdf>
- SIMMONDS, J. & MACLENNAN, D. (2005). *Fisheries Acoustics. Theory and Practice* (2° ed.). Wiley-Blackwell. <https://doi.org/10.1002/9780470995303>
- TOMCZAK, M. & GODFREY, J. S. (2001). The Pacific Ocean. In *Regional Oceanography: An Introduction* (Cap. 8, 113-147). Pergamon.
- WOOD, S. N. (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R* (2° ed.). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781315370279>
- ZUUR, A. F., IENO, E. N., WALKER, N., SAVELIEV, A. A. & SMITH, G. M. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-0-387-87458-6>