# EL IMPACTO DE LA NIÑA COSTERA EN LA ANCHOVETA Y OTROS RECURSOS PELÁGICOS EL 2022 DETERMINADO POR HIDROACÚSTICA

## HYDROACOUSTIC ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE COASTAL LA NIÑA ON *Engraulis ringens* AND OTHER PELAGIC RESOURCES DURING 2022

*Pedro Ramiro Castillo*[1] *Gustavo Cuadros*[1] *Daniel Grados*[1]
*Marissela Pozada*[1] *Carlos Valdez*[1] *Ketty Ferrel*[1] *Rodolfo Cornejo*[1]

## RESUMEN

*Castillo, P. R., Cuadros, G., Grados, D., Pozada, M., Valdez, C., Ferrel, K. & Cornejo, R. (2025). El impacto de La Niña costera en la anchoveta y otros recursos pelágicos el 2022 determinado por hidroacústica. Inf Inst Mar Perú, 52(1), 110-132.-* El Imarpe en el 2022 realizó dos cruceros de "*Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos*" en toda la costa peruana (2202-04 y 2209-11), teniendo como apoyo, en ambos cruceros, a embarcaciones industriales de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP). En este artículo se presenta la distribución y biomasa de la anchoveta y otras especies pelágicas como: jurel, caballa, samasa, bagre, munida, pota y vinciguerria en la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH). Los resultados mostraron que la distribución de la anchoveta mantuvo sus características habituales de comportamiento estacional, en el crucero 2202-04 se encontró hasta las 62 mn de la costa con altas concentraciones y biomasa de 10,20 millones de toneladas; mientras que, en el crucero 2209-11 se encontró hasta las 151 mn de la costa con mayor dispersión y biomasa de 7,18 millones de toneladas. En ambos cruceros, los cardúmenes más profundos se localizaron en 14°S por la buena oxigenación en esas profundidades, similar característica fue registrada en el 2021. Los descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta variaron en ambos cruceros debido al comportamiento de agregación y disgregación. Condiciones frías como La Niña favorecieron a la población de anchoveta; sin embargo, no fueron atractivos a los patrones de pesca por el alejamiento de la costa y la disgregación en cardúmenes de menores dimensiones morfométricas. La múnida fue la segunda especie de mayor abundancia en la zona costera, el jurel y la caballa se encontraron en núcleos reducidos y aislados, generalmente por fuera de las 20 mn de la costa, el jurel tuvo biomasa de 0,36 millones de toneladas en el crucero 2202-04 y 0,31 millones de toneladas en el crucero 2209-11; mientras que, la caballa en 0,24 millones de toneladas en cada crucero. Otras especies costeras como samasa y bagre fueron menores; las especies mesopelágicas pota y vinciguerria se encontraron en áreas alejadas de la costa, solo la vinciguerria en el crucero 2209-11 tuvo biomasa de 0,85 millones de toneladas.

Palabras clave: cruceros: 2202-04 y 2209-11, evento La Niña, recursos pelágicos, estimado de biomasa, descriptores acústicos

## ABSTRACT

*Castillo, P. R., Cuadros, G., Grados, D., Pozada, M., Valdez, C., Ferrel, K. & Cornejo, R. (2025). Hydroacoustic assessment of the impact of the coastal La Niña on* Engraulis ringens *and other pelagic resources during 2022. Inf Inst Mar Peru, 52(1), 110-132.-* In 2022, Imarpe conducted two hydroacoustic surveys to assess pelagic resources along the Peruvian coast (2202-04 and 2209-11), with support from industrial fishing vessels of the National Fisheries Society (SNP in Spanish). This study presents the distribution and biomass estimates of *Engraulis ringens* and other pelagic species, including *Trachurus murphyi*, *Scomber japonicus peruanus*, *Anchoa nasus*, *Galeichthys peruvianus*, *Pleuroncodes monodon*, *Dosidicus gigas*, and *Vinciguerria lucetia*, within the Northern Humboldt Current Ecosystem (NHCE). Results indicated that *E. ringens* maintained its typical seasonal distribution patterns. During the 2202-04 survey, high concentrations were observed up to 62 nm offshore, with a biomass estimate of 10.20 million tons. By the 2209-11 survey, *E. ringens* was found as far as 151 nm offshore, exhibiting greater dispersion and a biomass of 7.18 million tons. In both surveys, the deepest schools were detected at 14°S, where favorable oxygenation levels were recorded at depth— a pattern also observed in 2021. Hydroacoustic analyses revealed fluctuations in school structure, with variations in aggregation and dispersion patterns. While the cool La Niña conditions supported *E. ringens* populations, their offshore displacement and the formation of smaller, more scattered schools reduced their accessibility to fisheries. Among other species, *P. monodon* was the second most abundant in coastal waters. *T. murphyi* and *S. japonicus peruanus* were found in small, isolated clusters, typically beyond 20 nm from the coast. *T. murphyi* biomass was estimated at 0.36 million tons in the 2202-04 survey and 0.31 million tons in 2209-11, while *S. japonicus peruanus* remained stable at 0.24 million tons in both. Coastal species such as *A. nasus* and *G. peruvianus* were recorded at lower abundances. Meanwhile, mesopelagic species, including *D. gigas* and *V. lucetia*, were mainly detected offshore, with the latter reaching a biomass of 0.85 million tons in the 2209-11 survey.

Keywords: cruises: 2202-04 and 2209-11, La Niña event, pelagic resources, biomass estimation, acoustic descriptors

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

## 1. INTRODUCCIÓN

La variabilidad ambiental oceanográfica en la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH) es alta y ocurre de diferentes maneras: estacional (verano-invierno), interanual (El Niño-La Niña), periódica (periodos cálidos y fríos) y secular (alta y baja variabilidad), produciendo desplazamientos horizontales y/o verticales de las especies pesqueras (Espino Sánchez, 2014); a ello, se adiciona las zonas de surgencia o afloramientos de alta productividad a lo largo de la costa (Morón, 2000: Gutiérrez *et al*, 2016), lo que genera gran cantidad de nutrientes y alimentos para peces e invertebrados, produciendo gran biodiversidad de especies y alta abundancia de peces pelágicos como la anchoveta a lo largo de los 3080 km de la costa peruana (Bakun & Weeks, 2008). En la variabilidad interanual como El Niño y La Niña, la anchoveta ha desarrollado adaptaciones o estrategias para hacer frente a estos eventos como la alimentación oportunista y la migración o desplazamientos hacia aguas más frías (Ñiquen & Bouchon, 2004; Arias Schreiber *et al.*, 2011).

El evento climático La Niña ocurre en el Pacífico tropical caracterizado por temperaturas más frías de lo normal en el mar, ocurre cuando los vientos alisios que vienen del este son más fuertes y soplan las aguas calientes hacia el oeste, lo que permite que el agua fría a mayores profundidades suba hacia la superficie (Klauer, 2000; Pabón Caicedo & Montealegre Bocanegra, 2017). Este proceso permite que las aguas costeras frías se extiendan hacia áreas más distantes de la costa, con la probabilidad de que la distribución de anchoveta se encuentre en áreas más alejadas del litoral costero (Bouchon & Peña, 2008). Entonces, la corriente de Humboldt fluye a lo largo de la costa occidental desde el sur de Chile hasta el norte de Perú y Ecuador, la que se forma por influencia de los vientos alisios y el Anticiclón del Pacífico Sur, que impulsan el agua fría y rica en nutrientes hacia la superficie del mar (Klauer, 2000).

En el 2022, el Anticiclón del Pacífico Sur entre enero-febrero, registró condiciones intensas con desplazamientos al oeste de su posición normal; mientras que, entre octubre-diciembre presentó intensidad de condiciones normales y alrededor de su posición habitual. En la franja costera, el índice térmico costero peruano indicó la ocurrencia de un periodo frío en el ecosistema de afloramiento peruano asociado a la ocurrencia de La Niña 2021-2022 en el Pacífico ecuatorial. El Índice del Área de Afloramiento presentó valores altos durante el primer semestre inclusive hasta setiembre (Imarpe, 2023).

En la simulación de las propagaciones de las ondas Kelvin ecuatoriales, se identificaron ocho ondas Kelvin frías que arribaron frente a Sudamérica, las cuales se propagaron como ondas frías atrapadas a la costa frente al Perú, produciendo una disminución en la anomalía del nivel del mar. Cabe señalar, que cinco ondas Kelvin cálidas también arribaron frente a Sudamérica y se propagaron como ondas cálidas permitiendo un incremento a las anomalías del nivel del mar. Entre agosto-diciembre, hubo mayor número de arribos de ondas Kelvin frías frente a Sudamérica asociados a la ocurrencia de La Niña en el Pacífico ecuatorial, lo que permitió la disminución de la temperatura superficial del mar en la costa peruana, contribuyendo con la persistencia de las anomalías negativas de la Temperatura Superficial del Mar (TSM) (Imarpe, 2023).

En cuanto a, la distribución térmica espacial, mostró predominio de condiciones frías en las zonas costera y oceánico, asociado a La Niña. Entre febrero-marzo se registraron anomalías entre -1 y -3 °C con presencia de aguas frías dentro de las 40-50 mn de la costa, destacándose entre abril-junio, cuando el enfriamiento fue más intenso con anomalías de hasta -4 °C frente a la costa central. A partir de julio, se registró la declinación paulatina del enfriamiento, alcanzando en diciembre anomalías negativas y positivas dentro del rango neutro frente a la costa norte-centro y centro-sur, respectivamente (Imarpe, 2023). Dicha información también fue emitida mensualmente por la Comisión Multisectorial del ENFEN, que mantuvo en varios meses el estado del Sistema como "Alerta de la Niña Costera" en la región Niño 1+2, debido a la TSM por debajo del rango normal (Enfen, 2022a, b, c, d).

En estas condiciones oceanográficas frías registradas en el 2022, fueron realizados dos Cruceros de *Evaluación Hidroacústica de Anchoveta y Otros Recursos Pelágicos*: *i)* Crucero 2202-04 entre

el 15 de febrero al 9 de abril, y *ii)* Crucero 2209-11 entre 15 de setiembre al 14 de noviembre, con el apoyo de embarcaciones de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP) en el marco del Convenio interinstitucional Imarpe-SNP. En ambos cruceros la finalidad fue determinar la biomasa, distribución y aspectos biológicos-pesqueros de los recursos pelágicos; así como, actualizar las condiciones oceanográficas.

En el presente artículo se describe y analiza los resultados hidroacústicos obtenidos de los cruceros: 2202-04 y 2209-11, referentes a la 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, que permitieron 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), munida (*Pleuroncodes monodon* (H. Milne Edwards, 1837)), pota (*Dosidicus gigas* (d´Orbigny, 1835)) y vinciguerria (*Vinciguerria lucetia* (Garman, 1899)).

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de investigación y embarcaciones participantes

El área geográfica de investigación fue el mar de la RNSCH de Perú entre Tumbes y Tacna, en el crucero de verano 2202-04 se investigó hasta una distancia máxima de 85 mn de la costa cuya cobertura fue de 91 430 mn$^2$ y en el crucero de primavera 2209-11 hasta una distancia de 150 mn de distancia a la costa con una cobertura de 142 547 mn$^2$.

El crucero 2202-04, fue iniciado con la embarcación pesquera (EP) Andes 52 de la SNP entre Puerto Pizarro-Punta La Negra, en la zona comprendida entre 40 y 80 mn de la costa de Punta La Negra-Atico, esta EP realizó muestreos acústicos y oceanográficos. El BIC Flores Portugal investigó la franja costera de 0,5 a 40 mn entre Punta La Negra-Atico y de 0,5 a 60-70 mn de la costa entre Atico-Sama. La LP Imarpe IV realizó muestreos acústicos y biológicos en la franja costera entre 0,4 a 8 mn de la costa entre Paita-Ilo. Otras siete embarcaciones de la SNP realizaron solo lances de pesca para muestreos biológicos.

En el crucero 2209-11, la EP Incamar 1 investigó entre Cabo Blanco-Paita de 0,8 a 100 mn, entre Paita-Punta Falsa de 0,5 a 150 mn, entre Punta Falsa-Huarmey de 60 a 150 mn, entre Huarmey-Callao de 60 a 135 mn y de Callao-Ático de 60 a 120 mn de la costa. El BIC Flores Portugal investigó la zona costera entre Punta Falsa-San Juan de Marcona de 0,8 a 60 mn de la costa. El BIC Flores Portugal y el BIC José Olaya Balandra, entre San Juan de Marcona-Ilo de 0,8 a 60 mn de la costa. La participación de la LP Imarpe V permitió incrementar los muestreos acústicos y biológicos entre Paita-Huacho de 0,5 a 10 mn de la costa. Otras nueve embarcaciones de la SNP realizaron lances de pesca para los muestreos biológicos, principalmente en el área de investigación de la EP Incamar 1 (Tabla 1).

### Equipos acústicos

El BIC Flores Portugal y el BIC José Olaya Balandra, cada uno, cuentan con una ecosonda científica multifrecuencia modelo EK 80 marca SIMRAD (frecuencias de: 38, 70, 120 y 200 kHz). En las LPs Imarpe IV e Imarpe V fueron instaladas una ecosonda portátil EK80 SIMRAD con frecuencia de 120 kHz. En el caso de las embarcaciones de la SNP que realizaron muestreos acústicos (EPs Andes 52 e Incamar 1) también se instalaron una ecosonda científica portátil modelo EK80 SIMRAD, con las frecuencias de emisión de sonido de 38, 70 y 120 kHz. Estos transductores estuvieron sostenidos por un blíster unidos a un tubo de soporte en la banda de babor de la EP.

### Calibraciones acústicas

Las frecuencias de emisión de sonido de las ecosondas científicas 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).

Las calibraciones de las ecosondas científicas de los buques de Imarpe y EPs de la SNP que

Tabla 1.- Área de investigación y embarcaciones participantes en cada crucero, 2022

| | Embarcaciones | Eslora (m) | Crucero 2202-04 | | | | Crucero 2209-11 | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Norte | | Sur | | Norte | | Sur | |
| | | | Distancia (mn) | Área de investigación | Distancia (mn) | Área de investigación | Distancia (mn) | Área de investigación | Distancia (mn) | Área de investigación |
| IMARPE | BIC Flores Portugal | 28,45 | 0-40 | Pta. La Negra/Callao | 0-40 | Callao/Atico | 0-60 | Punta Falsa/Callao | 0-60 | Callao/San Juan |
| | | | | | 0-70 | Atico/Sama | | | 0-60 | San Juan/Ilo |
| | BIC José Olaya B. | | | | | | | | 0-60 | San Juan/Ilo |
| | L/P Imarpe IV | 16,60 | 0-8 | Paita/Callao | 0-8 | Callao/Ilo | | | | |
| | L/P Imarpe V | 16,60 | | | | | 0-8 | Paita/Huacho | | |
| SNP | EP Andes 52 | 53,40 | 0-85 | Pto. Pizarro/Pta. La Negra | 0-70 | Callao/Pta. Infiernillos | | | | |
| | | | 40-80 | Pta. La Negra/Callao | 40-80 | Callao/Atico | | | | |
| | EP Incamar 1 | 77,00 | | | | | 0-100 | Cabo Blanco/Paita | 60-120 | Callao/Atico |
| | | | | | | | 0-150 | Paita/Punta Falsa | | |
| | | | | | | | 60-150 | Pta. Falsa/Huarmey | | |
| | | | | | | | 60-135 | Huarmey/Callao | | |
| | Muestreos biológicos: | | Eslora: | Embarcaciones: | | | Eslora: | Embarcaciones: | | |
| | | | 42,70 | * EP Tasa 427 | | | 18,05 | ** EP M. Mercedes 17 | | |
| | | | 37,70 | * EP Guanay | | | 39,80 | ** EP Rosa II | | |
| | | | 31,10 | * EP Lomas | | | 32,80 | ** EP Chira I | | |
| | | | 42,76 | * EP Tasa 32 | | | 37,90 | ** EP Don Víctor | | |
| | | | 40,00 | * EP Casaca | | | 37,50 | ** EP Polar VI | | |
| | | | 32,70 | * EP Región Chavín IV | | | 43,90 | ** EP Tasa 425 | | |
| | | | 37,50 | * EP Polar VI | | | 37,30 | ** EP Resbalosa II | | |
| | | | | | | | 31,09 | ** EP Tasa 21 | | |
| | | | | | | | 31,05 | ** EP Tasa 23 | | |

Embarcaciones pesqueras con eslora (m) que solamente realizaron lances de pesca en: * Crucero 2202-04 y ** Crucero 2209-11.
BIC: Buque de Investigación Científica, LP: Lancha Pesquera, EP: Embarcación Pesquera

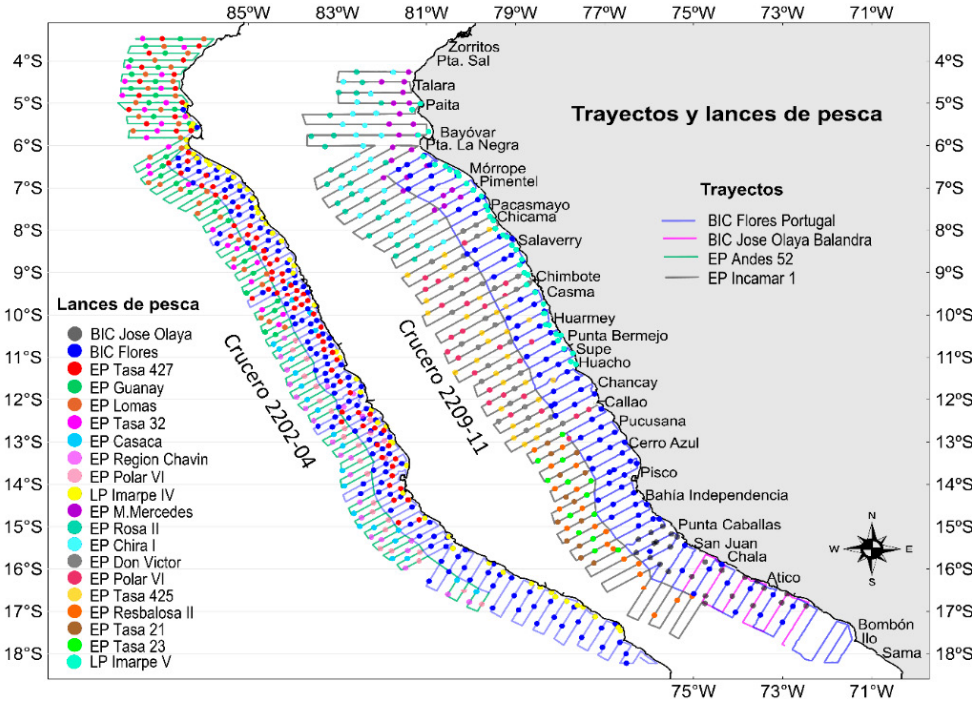


Figura 1.- Trayectos y lances de pesca realizados en los cruceros del 2022. Los símbolos son los lances de pesca y las líneas son los trayectos realizados, cada color corresponde a una embarcación

realizaron muestreos acústicos, fueron efectuados en lugares protegidos de la caleta de Yasila, 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 utilizados 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 fue sistemático, consistió en transectos o perfiles perpendiculares a la línea de costa y paralelos entre sí (Simmonds & MacLennan, 2005) con separación de 10 y 15 mn. La longitud o distancia de los transectos, se realizó de acuerdo a la planificación de cada crucero; sin embargo, se tuvo en consideración que esta distancia podría variar de acuerdo a 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.*, 2009). En los cruceros de verano y primavera se realizaron 104 y 77 transectos, respectivamente. El muestreo fue realizado por zonas con respecto a la distancia de costa (Tabla 1, Fig. 1). En el caso de las LPs Imarpe IV e Imarpe V apoyaron en la zona costera de 0,3 a 8 mn de la costa con transectos tipo "*zig-zag*".

**Lances de pesca**

El arte de pesca de las embarcaciones del Imarpe fueron redes de arrastre pelágico tipo Granton con aberturas verticales de 8 m para el BIC Flores Portugal, 12 m para el BIC José Olaya y 6 m para LPs Imarpe IV e Imarpe V, teniendo como tiempo de arrastre efectivo entre 8 y 25 minutos. Las EPs de la SNP que participaron principalmente para los muestreos biológicos utilizaron redes de cerco de malla anchovetera de 13 mm de tamaño de malla. El total de lances de pesca realizados en los cruceros 2202-04 y 2209-11 fueron de 437 y 366, respectivamente (Tabla 2).

**Datos acústicos**

a. Procesamiento: el pos-procesamiento de información y almacenamiento se efectuaron de acuerdo a los siguientes 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 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 (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 ecointegración (Simmonds & MacLennan, 2005).

b. Identificación de ecotrazos: la discriminación acústica fue realizada con el programa *Echo-View (Myriax software Pty Ltd),* donde se iden-

Tabla 2.- Lances de pesca realizados por embarcación participante en cada crucero realizado el 2022

| | Embarcaciones | Crucero 2202-04 | | Crucero 2209-11 | | Total | Tipo de arte de pesca |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Norte | Sur | Norte | Sur | | |
| IMARPE | BIC Flores Portugal | 88 | 55 | 53 | 35 | 231 | Red de arrastre pelágica |
| | BIC José Olaya B. | | | 0 | 25 | 25 | Red de arrastre pelágica |
| | LP Imarpe IV | 34 | 20 | | | 54 | Red de arrastre pelágica |
| | LP Imarpe V | | | 40 | 0 | 40 | Red de arrastre pelágica |
| SNP | EP Andes 52 | | | | | | Red de cerco anchovetera |
| | EP Incamar 1 | | | | | | Red de cerco anchovetera |
| | EP Tasa 427 | 67 | 12 | | | 79 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Guanay | 29 | 0 | | | 29 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Lomas | 32 | 0 | | | 32 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Tasa 32 | 26 | 0 | | | 26 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Casaca | 12 | 12 | | | 24 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Región Chavín IV | 11 | 13 | | | 24 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Polar VI | 12 | 14 | | | 26 | Red de cerco anchovetera |
| | EP M. Mercedes 17 | | | 23 | 0 | 23 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Rosa II | | | 27 | 0 | 27 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Chira I | | | 28 | 0 | 28 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Don Víctor | | | 32 | 0 | 32 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Polar VI | | | 27 | 0 | 27 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Tasa 425 | | | 28 | 1 | 29 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Resbalosa II | | | 0 | 21 | 21 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Tasa 21 | | | 0 | 13 | 13 | Red de cerco anchovetera |
| | EP Tasa 23 | | | 1 | 12 | 13 | Red de cerco anchovetera |
| | TOTAL | 311 | 126 | 259 | 107 | **803** | |
| | | 437 | | 366 | | | |

tificaron 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.*, 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), de acuerdo a 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 *EchoView* 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 formula:

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

Donde: $S_v$ es el 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 $\sigma_{bs}$) en el volumen $V$ (MacLennan *et al.*, 2002).

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.* (2009). 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 a 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.

Tabla 3.- Valores a y b de la relación longitud-peso y valores de fuerza de blanco (TS) utilizados en los cruceros del 2022

| Especie | Crucero 2202-04 ($W=aL^b$) | | Crucero 2209-11 ($W=aL^b$) | | Frecuencia (kHz) | Rango (cm) | Promedio (cm) | $b_{20}$ | Referencia |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | a | b | a | b | | | | | |
| Anchoveta (*Engraulis ringens*) | 0,0044 (N-C)<br>0,0042 (S) | 3,1318 (N-C)<br>3,1414 (S) | 0,00325 (N-C)<br>0,00499 (S) | 3,2367 (N-C)<br>3,1335 (S) | 120 | 6,0 - 8,5<br>10,0 - 13,0<br>> 13,0 | 7,0<br>11,3<br>15,1 | -81,8<br>-76,25<br>-77,5 | Gutiérrez, 1999<br>Gutiérrez y MacLennan, 1998<br>MacLennan *et al.*, 1998 |
| Jurel (*Trachurus murphyi*) | 0,019 | 2,793 | 0,0186 | 2,6166 | 120 | 27,0 - 38,0 | | -70,8<br>-69,6 | Gutiérrez *et al.*, 1999<br>Robles *et al.*, 2017 |
| Caballa (*Scomber japonicus*) | 0,0233 | 2,776 | 0,0233 | 2,7757 | 120 | 26,0 - 30,0 | | -70,8 | Gutiérrez y MacLennan, 1998 |
| Samasa (*Anchoa nasus*) | 0,0194 | 2,5833 | 0,0194 | 2,5833 | 120 | 10,0 - 14,5 | | -86,57 | Gutiérrez y Herrera, 1999 |
| Bagre (*Galeichthys peruvianus*) | 0,01975 | 2,7300 | 0,1077 | 2,1022 | 120 | | | -74,1 | Castillo *et al.*, 1998 |
| Múnida (*Pleuroncodes monodon*) | 0,001246 | 3,3903 | 0,001246 | 3,3903 | 120 | | | -92,70 | Gutiérrez, 1999 |
| Pota (*Dosidicus gigas*) | 0,0021 | 3,4328 | 0,0021 | 3,4328 | 38 | 12,0 - 24,0 | | -70,12 | Castillo y Gonzales, 2020 |
| Vinciguerria (*Vinciguerria lucetia*) | 0,005427 | 2,94791 | 0,0092 | 2,06101 | 38 | 3,5 - 6,5 | | -82,4 | Gutiérrez y Herrera, 1999 |

e. Descriptores de los cardúmenes de anchoveta: para entender la dinámica y el comportamiento agregacional espacio-temporal de la anchoveta, fueron analizados 19 951 y 51 185 cardúmenes a través de los descriptores acústicos (Scalabrin & Massé, 1993) obtenidos en los cruceros 2202-04 y 2209-11, 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 las variables temperatura, salinidad y oxígeno disuelto en la superficie del mar fueron obtenidos en cada crucero. Estos datos fueron interpolados para cada muestra acústica (1 mn), obteniéndose un valor para las muestras con presencia o ausencia de la 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), 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 utilizado información satelital del sensor VIIRS/NPP de 4 km, los cuales fueron recepcionados y procesados por el personal del sistema TERASCAN del Imarpe en las fechas correspondientes a la realización de los cruceros hidroacústicos.

## 3. RESULTADOS

### Calibraciones acústicas de las ecosondas científicas

La velocidad del sonido en el agua de mar emitidas por las ecosondas científicas oscilaron entre 1.507,33 y 1.516,60 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 cobre y 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 por niveles de concentración de los recursos

#### Anchoveta

La distribución espacial de este recurso tuvo diferencias en cuanto a localización y concentración en ambos cruceros. En el crucero de verano 2202-04 tuvo las siguientes características: *i)* continuidad a lo largo de la costa entre Talara-Sama, *ii)* un poco amplia por la estación del año, encontrada desde 0,5 a 81 mn de la costa localizados en Punta La Negra y entre Pacasmayo-Chimbote; sin embargo, también fue costera entre Huarmey-Sama registrados hasta las 62 mn de la costa, *iii*) tuvo importantes áreas de alta concentración localizados entre 2 y 26 mn de Talara-Bayóvar,

Tabla 4.- Resultados de los datos de desviación del modelo aplicado en la calibración acústica en las embarcaciones participantes en cada crucero 2022

| | Embarcación | Modelo Ecosonda Simrad | Frecuencia (kHz) | Modelo de transductor | Crucero 2202-04 | | | Crucero 2209-11 | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | RMS (dB) | Ganancia (dB) | $S_A$ corregido (dB) | RMS (dB) | Ganancia (dB) | $s_A$ corregido (dB) |
| IMARPE | BIC Flores Portugal | EK 80 | 38 | ES38-7 | 0,28 | 25,94 | -0,03 | 0,06 | 27,20 | -0,13 |
| | | | 70 | ES70-7C | 0,06 | 27,92 | -0,03 | 0,06 | 27,97 | 0,03 |
| | | | 120 | ES120-7C | 0,11 | 27,18 | 0,05 | 0,12 | 27,31 | -0,07 |
| | | | 200 | ES200-7C | 0,39 | 27,99 | 0,09 | 0,38 | 28,32 | -0,04 |
| | BIC José Olaya Balandra | EK 80 | 38 | ES38-7 | | | | 0,09 | 26,96 | -0,31 |
| | | | 70 | ES70-7C | | | | 0,10 | 27,81 | -0,07 |
| | | | 120 | ES120-7C | | | | 0,19 | 26,94 | -0,07 |
| | | | 200 | ES200-7C | | | | 0,39 | 24,97 | -0,03 |
| | LP Imarpe IV | EY60 | 120 | ES120-7C | 0,12 | 27,08 | -0,38 | | | |
| | LP Imarpe V | EY60 | 120 | ES120-7C | | | | 0,12 | 27,08 | -0,38 |
| SNP | EP Andes 52 | EK 80 | 38 | ES38-10 | 0,23 | 24,52 | -0,10 | | | |
| | | | 70 | ES70-7C | 0,06 | 27,70 | -0,12 | | | |
| | | | 120 | ES120-7C | 0,07 | 27,22 | -0,09 | | | |
| | EP Incamar 1 | EK 80 | 38 | ES38-7 | | | | 0,06 | 24,71 | -0,06 |
| | | | 70 | ES70-7C | | | | 0,05 | 28,20 | -0,09 |
| | | | 120 | ES120-7C | | | | 0,10 | 28,27 | -0,06 |

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.

entre 1 y 79 mn de Punta La Negra-Casma, entre 0,5 y 34 de Huarmey-Chancay, entre 2 y 30 mn de Bahía Independencia y otros pequeños núcleos de alta concentración en San Juan, Atico y Sama. La alta concentración reflejó alta abundancia de anchoveta en la zona costera. En gran parte de su distribución, estuvo constituida por ejemplares juveniles y adultos; sin embargo, en peso y en número los cardúmenes compuestos por ejemplares juveniles capturados en los lances de pesca fueron mayores y se registraron en altas concentraciones entre Paita-Chancay.

En el crucero de primavera 2209-11, tuvo las siguientes características: *i)* continuidad en toda la franja costera entre Cabo Blanco-Chala, *ii)* fue muy amplia entre Punta La Negra-Huarmey, encontrándose desde las 0,5 mn hasta las 151 mn de la costa en forma discontinua; y también, fue muy costera entre Callao-Ilo, registrándose principalmente en la franja de las 38 mn de la costa, *iii)* predominio de concentraciones dispersas, que generó pequeños cardúmenes de baja reflectividad acústica, *iv)* en esta distribución se encontró pequeños núcleos de alta densidad, localizados: entre 15 a 37 mn de la costa entre Talara-Paita, a 80 mn entre Punta La Negra-Mórrope, a 100 mn de la costa de Pimentel, en pequeños núcleos costeros menores a 15 mn entre Mórrope-Chimbote, a 45 mn de la costa frente a Chimbote, a 82 mn de la costa de Punta Bermejo, a 65 mn y a 8 mn de la costa de Supe, a 20 mn de Cerro Azul, a 10 mn de la costa de Pisco, a 16 mn de la costa de Bahía Independencia, en dos núcleos localizados a 5 y 30 mn de la costa entre Punta Caballas-San Juan de Marcona, y a 8 mn de Ático. La distribución de la anchoveta constituida principalmente por ejemplares juveniles (menores a 12 cm LT), fue registrada en la franja costera de las 75 mn entre Paita-Ilo con mayor predominio dentro de las 40 mn de la costa, en la zona comprendida entre Pisco-Ilo fue casi totalmente juvenil. La distribución de adultos se localizó en el extremo norte (Cabo Blanco-Punta La Negra) y en los extremos longitudinales de la costa (alejados por fuera de las 50 mn entre Punta La Negra-Huarmey) y se encontró con juveniles entre Pucusana-Pisco (Fig. 2).

La distribución vertical de los cardúmenes en el crucero 2202-04 oscilaron entre 1,32 y 61,95 m de profundidad, media en 8,83 m. Los cardúmenes más profundos solo se registraron al sur de Bahía Independencia con predominancia de cardúmenes muy densos (-45 a -35 dB) entre Paita-Callao. Las mayores abundancias fueron detectadas en horas del día ( promedio -41,67 dB), con respecto a las horas nocturnas (Sv promedio -45,18 dB); tanto en las horas del día como la noche las mayores abundancias decrecieron ligeramente hasta los 60 m (Fig. 3).

En el crucero 2209-11, la anchoveta se detectó entre 1,37 y 68,24 m de profundidad con media en 13,47 m y amplio predominio en la capa superficial de 25 m. Los cardúmenes más profundos fueron registrados en la zona de San Juan de Marcona y en la mayoría de la distribución latitudinal fue generada por la categoría dispersa (-65 a -55 dB). En cuanto a la abundancia vertical de la energía reflejada de los cardúmenes en horas

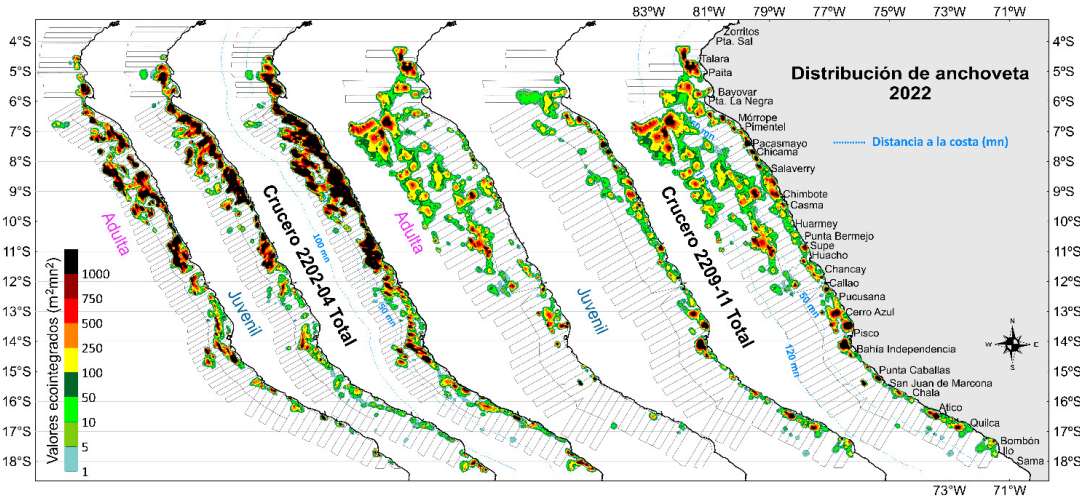


Figura 2.- Distribución espacial de la anchoveta de acuerdo a niveles de ecointegración para los cruceros 2202-04 y 2209-11. Se indica para cada crucero la distribución de ejemplares adultos (moda: > 12 cm), la distribución de ejemplares juveniles (moda: < 12 cm) y la distribución total

de la noche ( promedio en -47,98 dB), tuvieron una tendencia decreciente, es decir, fueron más abundantes cerca de la superficie que a mayores profundidades. En las horas del día la abundancia fue casi uniforme en los 50 m (Fig. 4).

**Jurel y caballa**

Las distribuciones de estas especies fueron escasas en todo el año. La distribución del jurel en el crucero 2202-04 fue registrado entre Pacasmayo-Bombón en diversas áreas distribuidas entre 1 y 79 mn de la costa, los núcleos de alta abundancia se encontraron entre 52 y 68 mn de Pacasmayo-Chicama, entre 58 y 70 mn frente a Casma y entre 42 y 70 mn de Pisco-Bahía Independencia. En el crucero 2209-11 fue registrado en pequeñas áreas aisladas con características dispersas localizadas entre Huarmey-Ilo, éstas se localizaron: a 75 mn frente a Huarmey, en cuatro áreas comprendidas entre 66-120 mn de Punta Caballas-Chala y en tres áreas entre 24-60 mn de la costa de Atico-Ilo.

Mientras que, la distribución de caballa fue encontrada en pequeños núcleos distribuidos entre Talara-Atico, localizados en forma aislada entre 1 y 80 mn de la costa; los núcleos de alta concentración de caballa fueron registrados frente a Talara, entre Pimentel-Pacasmayo, entre Chancay-Callao y frente a Pisco. En el crucero 2209-11, la caballa se encontró en diversos núcleos con características dispersas distribuidas entre 35 y 150 mn de la costa entre Paita-Chala, a excepción de un núcleo pequeño y denso localizado a 37 mn de Pimentel. Estos núcleos estuvieron más agrupados entre Pimentel-Salaverry, Huarmey-Chancay y entre San Juan-Chala (Fig. 5).

En cuanto a su distribución vertical, estas especies tienen similar ecotrazo, generalmente formando cardúmenes tipo plumas, en el crucero 2202-04 el jurel se encontró entre 1,07 y 25,67 m con una profundidad promedio en 8,41 m; mientras que, la caballa se registró entre 1,35 y 27,71 m con una profundidad promedio en 8,87 m. La distribución de sus abundancias a nivel vertical entre ambas especies fue casi similar en la columna de agua, el jurel tuvo mayor abundancia (con un $S_v$ promedio en -45,91 dB) con respecto a la caballa ($S_v$ promedio -47,67 dB) (Fig. 6).

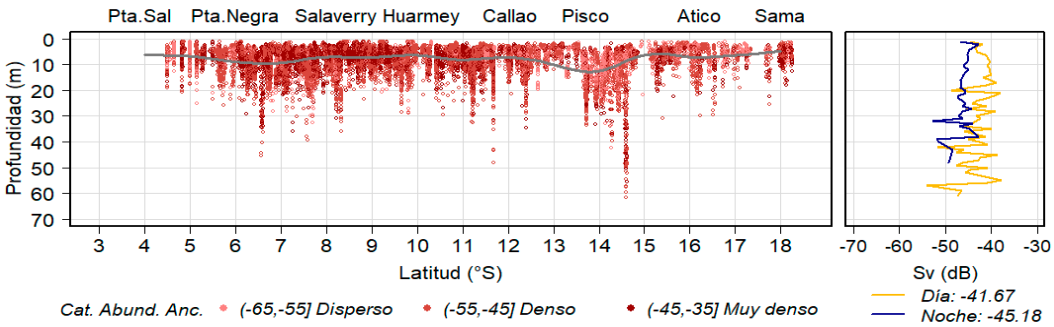


Figura 3.- Distribución vertical de cardúmenes de anchoveta en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho: distribución vertical del Sv respecto al día y la noche. Cruc. 2202-04

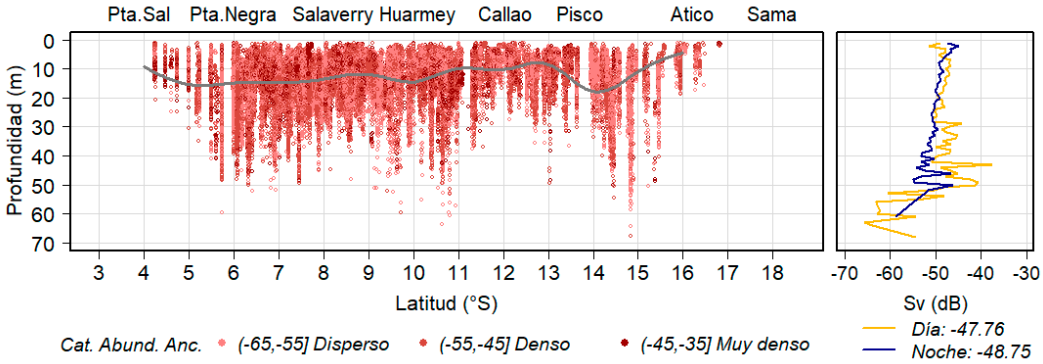


Figura 4.- Distribución vertical de cardúmenes de anchoveta en categorías de abundancia por grado de latitud y en el lado derecho la distribución vertical del Sv con respecto al día y la noche. Crucero 2209-11

En el crucero 2209-11, el jurel se encontró entre 1,41 y 81,75 m de profundidad; mientras que, la caballa se registró entre 1,50 y 98,80 m de profundidad. Ambas especies fueron detectadas en la capa superficial de los 50 m, predominando las características dispersas. La distribución vertical de la abundancia fue casi uniforme en toda la columna de agua, el valor promedio de Sv del jurel fue de -41,96 dB; mientras que, el Sv promedio de la caballa fue de -48,56 dB (Fig. 7).

## Samasa y bagre

La distribución horizontal de estas especies costeras fue mínima con predominio de concentraciones muy dispersas. En el crucero 2202-04 la samasa se encontró en dos núcleos aislados, localizados en la zona costera hacia el sur de Punta La Negra y entre Cerro Azul-Pisco. El bagre tuvo distribución costera entre Talara-Salaverry distribuida en cuatro áreas, otro

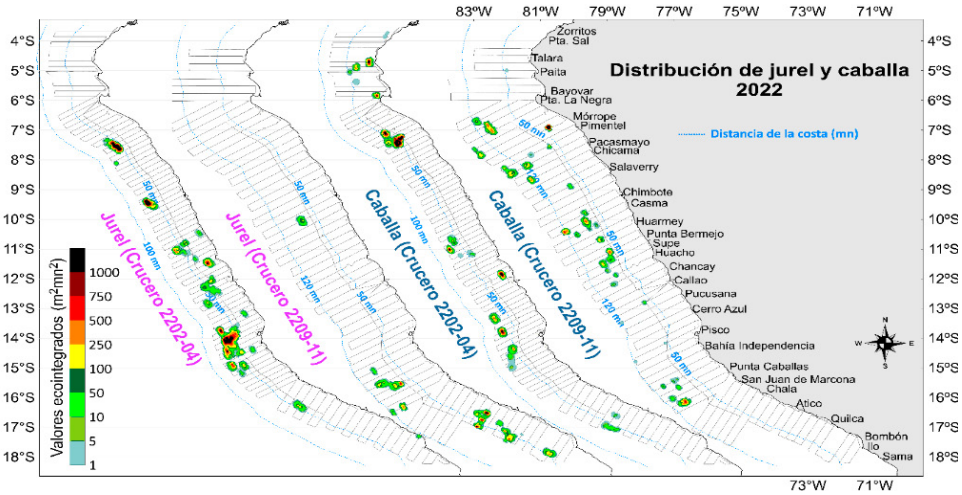


Figura 5.- Distribución espacial del jurel y la caballa de acuerdo a niveles de ecointegración para los cruceros 2202-04 y 2209-11

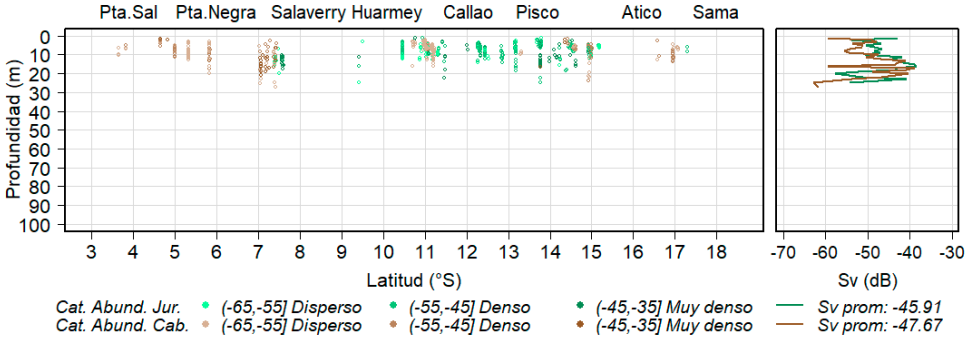


Figura 6.- Distribución vertical de cardúmenes de jurel y caballa en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho la distribución vertical del Sv de cada especie. Crucero 2202-04

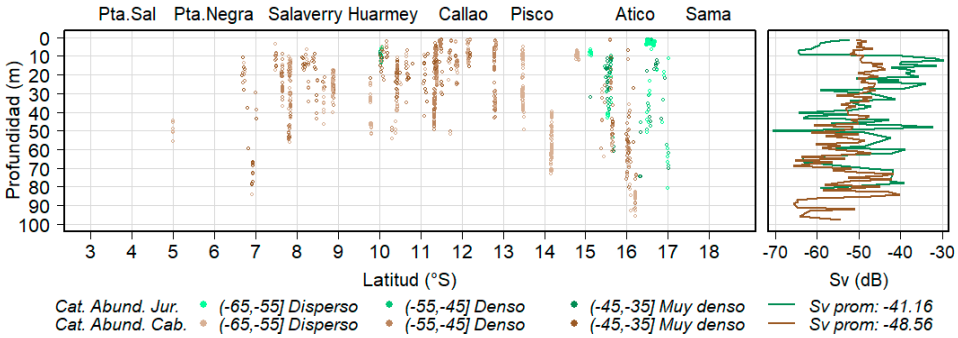


Figura 7.- Distribución vertical de cardúmenes de jurel y caballa en abundancia por latitud, en el lado derecho la distribución vertical del Sv de cada especie. Crucero 2209-11

núcleo disperso fue localizado entre 40 y 80 mn de costa frente a Chicama y una pequeña área a 46 mn de Casma.

En el crucero 2209-11 la samasa tuvo distribución muy costera, replegada en la franja de las 12 mn entre Paita-Chicama y en forma discontinua con características muy dispersas. La distribución del bagre fue casi similar a la samasa, se registró en la franja costera de las 15 mn entre Punta La Negra-Salaverry en forma discontinua (Fig. 8).

Verticalmente estas especies se encontraron en la capa superficial de los 40 m; a excepción de la samasa que en la zona sur de Punta La Negra se detectó hasta 87 m de profundidad. En el crucero 2202-04 la samasa fue registrada entre los 2,02 y 51,30 m de profundidad, media en 26,13 m y promedio de la abundancia en la columna de agua de -49,35 dB, a mayor profundidad la abundancia fue menor; mientras que, las agregaciones de bagre se encontraron entre 3,52 y 38,37 m de profundidad, con media en 22,95 m y un promedio en la columna de agua de -52,45 dB (Fig. 9).

En el crucero 2209-11 la samasa estuvo localizada entre 9,70 y 87,18 m de profundidad con media en 29,08 m, la mayor profundidad fue registrada hacia el sur de Punta La Negra y el promedio a nivel vertical fue de -50,79 dB, cuya abundancia fue ligeramente menor a mayores profundidades; mientras que, las agregaciones de bagre se registraron entre 1,65 y 19,01 m de profundidad con media en 9,34 m, siendo el promedio en -48,68 dB en la columna de agua superficial de los 20 m (Fig. 10).

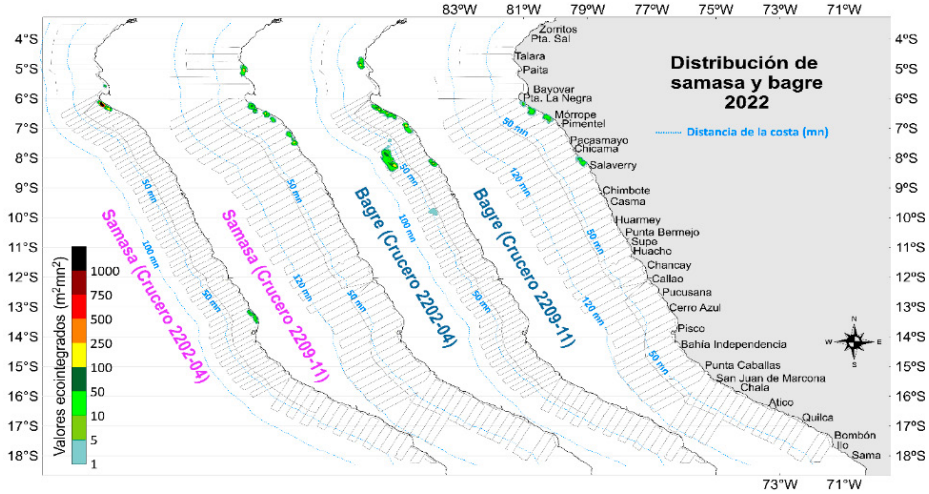


Figura 8.- Distribución espacial de samasa y bagre de acuerdo a niveles de ecointegración para los cruceros 2202-04 y 2209-11

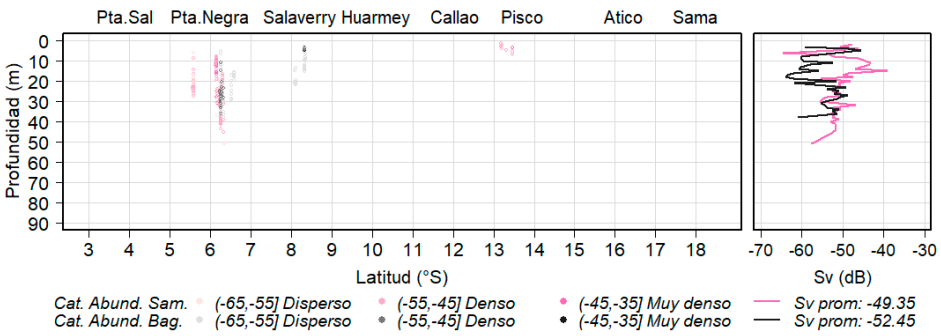


Figura 9.- Distribución vertical de cardúmenes de samasa y bagre en categorías de abundancia por grado de latitud y en el lado derecho la distribución vertical del Sv de ambas especies. Crucero 2202-04

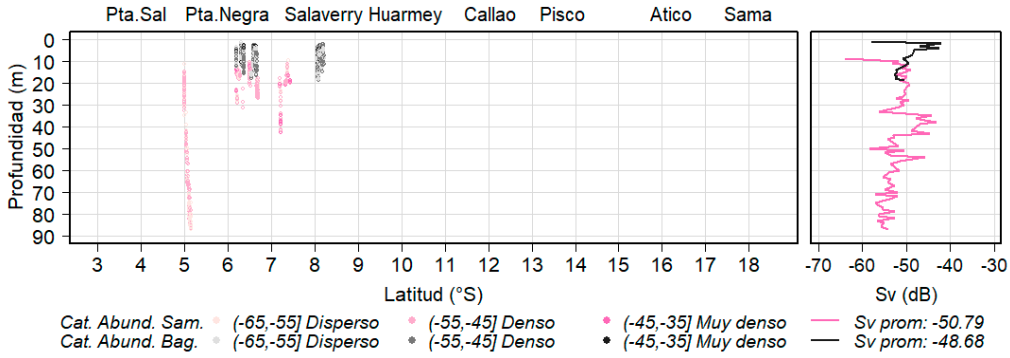


Figura 10.- Distribución vertical de cardúmenes de samasa y bagre en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho la distribución vertical del Sv de ambas especies. Crucero 2209-11

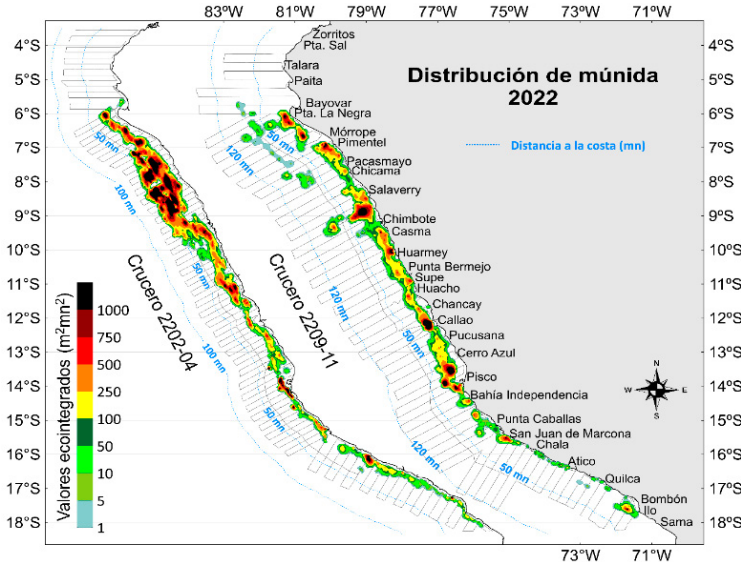


Figura 11.- Distribución espacial de la múnida de acuerdo a niveles de ecointegración para los cruceros 2202-04 y 2209-11

## Múnida

La múnida es un crustáceo abundante en la zona costera, cuya distribución generalmente es compartida con la anchoveta. En el crucero 2202-04 fue encontrada en forma continua de Bayóvar a Sama entre 1 y 70 mn de la costa, siendo amplia entre Pimentel-Huarmey y muy costera entre 1 y 40 mn de la costa entre Huarmey-Sama, los núcleos de alta agregación fueron encontrados principalmente entre Punta La Negra-Chimbote y entre Supe-Huacho. En el crucero 2209-11, fue encontrada en forma casi continua entre Punta La Negra-Ilo principalmente en la franja costera de las 30 mn; sin embargo, su distribución alcanzó hasta las 100 mn de la costa entre Punta Falsa-Casma y tuvo tres zonas de alta agregación localizadas en Chimbote, Callao y Pisco (Fig. 11).

El comportamiento vertical de la múnida es variable, generalmente en horas diurnas forma agregaciones en forma de cordones ondulados continuos y en horas de la noche se dispersa en la capa superficial del mar. En el crucero 2202-04 la múnida se registró entre 1,39 y 90,35 m de profundidad con valor promedio en 15,43 m, los registros más profundos se localizaron entre Pimentel-Chicama y Bahía Independencia-San Juan; las agregaciones más superficiales se registraron entre Huarmey-Callao. La distribución vertical de su abundancia fue casi constante con ligera disminución hacia mayores profundidades y no tuvo diferencias significativas con respecto al día y la noche. En las horas del día tuvo un valor promedio de $S_v$ en -56,32 dB y en las horas de la noche un valor promedio en -52,95 dB (Fig. 12).

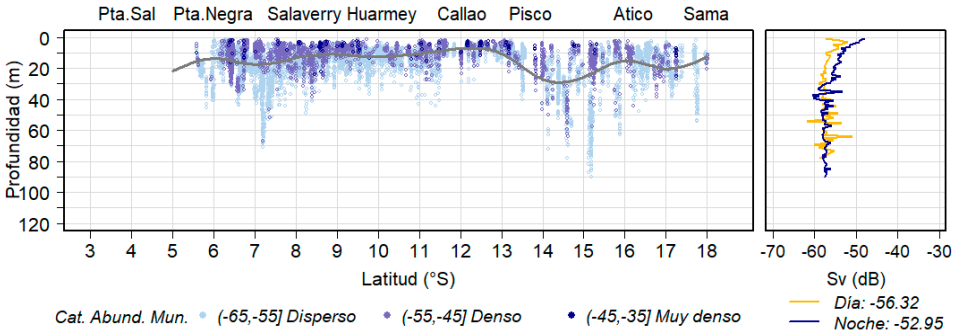


Figura 12.- Distribución vertical de agregaciones de la múnida en categorías de abundancia por grado de latitud, en el lado derecho la distribución vertical del Sv con respecto al día y la noche. Crucero 2202-04

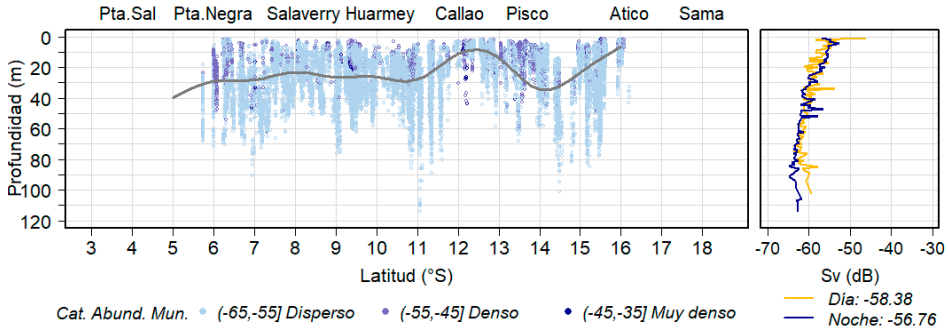


Figura 13.- Distribución vertical de agregaciones de la múnida en categorías de abundancia por grado de latitud y en el lado derecho la distribución vertical del Sv con respecto al día y la noche. Crucero 2209-11

En el crucero 2209-11, la múnida se registró entre 1,46 y 114,11 m de profundidad con valor promedio en 23,50 m, los registros más profundos se localizaron en Supe y en Bahía Independencia, y las agregaciones más superficiales se encontraron en Pucusana y en Atico. Predominaron las agregaciones dispersas. No tuvo diferencias significativas en las abundancias verticales entre las horas del día y la noche, en todas las horas tendieron a decrecer sus abundancias hacia mayores profundidades. En las horas del día tuvo un valor promedio de $S_v$ en -58,38 dB y en las horas de la noche fue -56,76 dB (Fig. 13).

## Pota y vinciguerria

Estas especies mesopelágicas son propias de aguas oceánicas y se acercan hacia la costa cuando estas masas de agua avanzan hacia el litoral peruano. En el crucero 2202-04, el cefalópodo pota o calamar gigante se encontró distribuida en agregaciones tipo dispersa, localizadas entre 35 y 72 mn de la costa de Zorritos-Paita, entre 24-80 mn de distancia a la costa de Punta La Negra-Mórrope, entre 33 y 79 mn de Salaverry-Pucusana y entre las 12 y 79 mn de Bahía Independencia-Ilo. La vinciguerria se encontró entre Zorritos-Talara, Punta La Negra-Pimentel, Chancay-San Juan de Marcona y entre Ocoña-Ilo, registrados entre las 20 y 80 mn de distancia a la costa, en estas zonas fueron encontrados áreas de alta concentración localizados frente a Chancay, Pucusana e Ilo.

En el crucero 2209-11, la distribución de pota también fue en agregaciones de tipo muy dispersos, en pequeños núcleos discontinuos localizados entre Talara-Bombón. La mayor presencia de esta especie fue entre Supe-Callao y entre Pisco-Atico. La vinciguerria se encontró en diversas áreas alejadas de la costa en forma aislada, generalmente por fuera de las 50 mn, su distribución fue discontinua con diversos núcleos de alta concentración distribuidos en toda la costa entre Cabo Blanco-Bombón. Estos núcleos de alta concentración fueron localizados principalmente entre 50-100 mn de la costa de Cabo Blanco, a 80 mn frente a Chimbote, a 50 mn de Punta Bermejo, entre 80 y 132 mn de la costa de Chancay-Pucusana, 70 mn de Cerro Azul, 60 mn de Pisco y 90 mn de Bahía Independencia (Fig. 14).

La distribución vertical de la pota y vinciguerria en el 2022, 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 agregaciones manteniendo cierta distancia entre cada ejemplar, por lo cual su energía reflejada en la detección es baja, además de su contextura biológica; en cambio la vinciguerria forma cardúmenes y pueden tener alta densidad. En el crucero 2202-04, la pota fue detectada entre los 2,25 y 328,68 m con una media en 12,94 m; mientras que, la vinciguerria fue registrada entre 2,31 y 279,00 m de profundidad con una media en 62,67 m. La abundancia en la columna de agua de la pota fue de -53,18 dB, mientras que, la vinciguerria fue de -52,80 dB (Fig. 15).

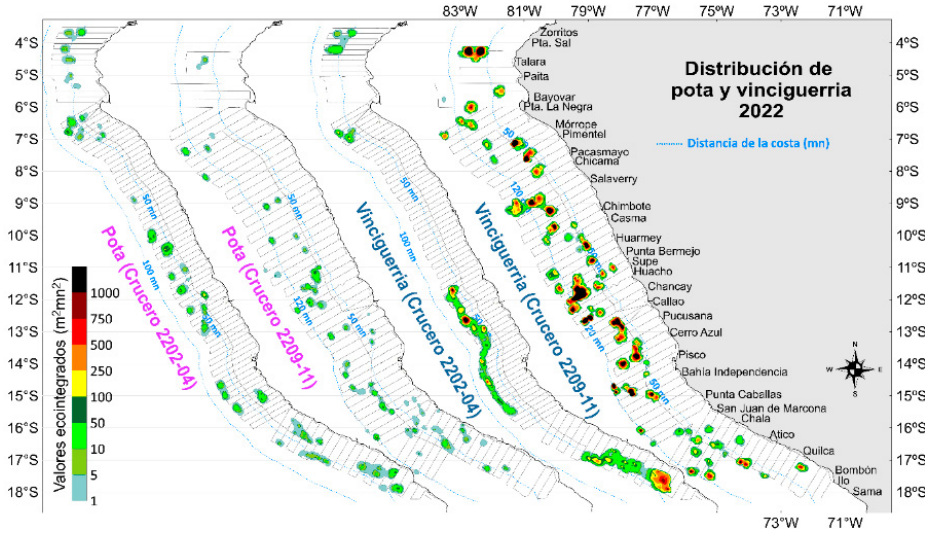


Figura 14.- Distribución espacial de la pota y vinciguerria de acuerdo a niveles de ecointegración para los cruceros 2202-04 y 2209-11

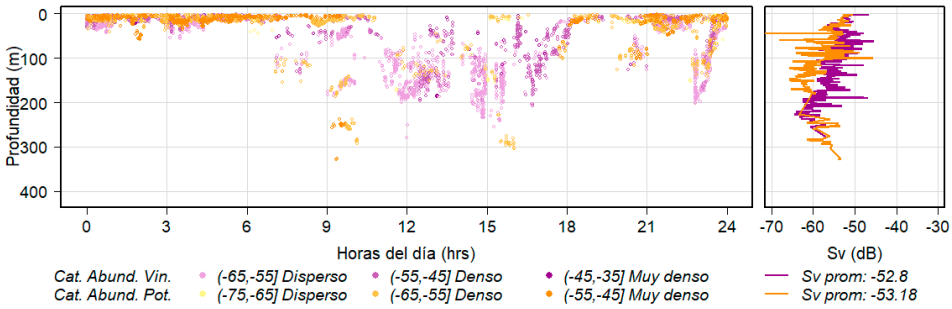


Figura 15.- Distribución vertical de agregaciones de pota y cardúmenes de vinciguerria en categorías de abundancia por horas del día, en el lado derecho la distribución vertical del Sv para cada especie. Crucero 2202-04

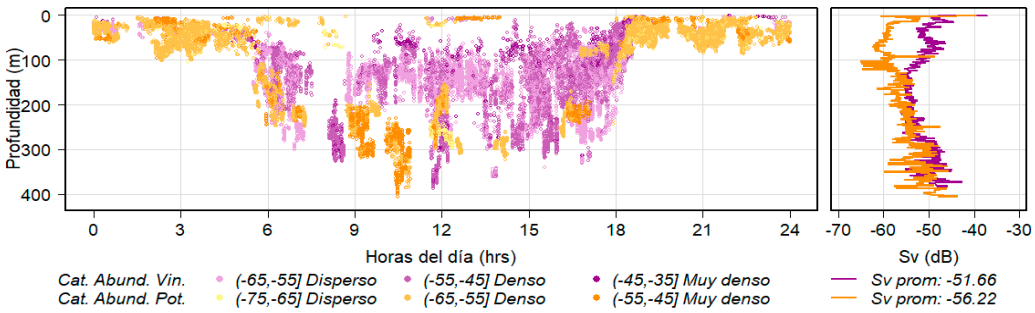


Figura 16.- Distribución vertical de agregaciones de pota y cardúmenes de vinciguerria en categorías de abundancia por horas del día, en el lado derecho la distribución vertical del Sv para cada especie. Crucero 2209-11

Finalmente, en el crucero 2209-11 la pota fue encontrada entre los 1,90 y 407,28 m con una media en 104,33 m en la columna de agua, las mayores abundancias se registraron a profundidades mayores a 200 m. La vinciguerria se registró entre 1,56 y 386,95 m de profundidad con promedio de 131,87 m, las menores abundancias fueron encontradas entre 110 y 280 m de profundidad. La abundancia en la columna de agua de la pota fue de -56,22 dB; mientras que, la vinciguerria fue de -51,66 dB (Fig. 16).

## Estimados de biomasa de las especies pelágicas

### Biomasa de anchoveta

La biomasa total de anchoveta en el crucero 2202-04 estimada por el método hidroacústico mediante la técnica de estratificación en áreas isoparalitorales de 10x30 mn, fue de 10,20 millones de toneladas, con un límite de confianza de los valores de integración o NASC de 7,24%. Las mayores abundancias se estimaron en los grados 8° y 9°S con 1,86 (18,19%) y 1,77 (17,37%) millones de toneladas, respectivamente. Esta biomasa total fue separada por regiones, en la región norte-centro fue estimada en 9,78 millones de toneladas y en la región sur 0,43 millones de toneladas (Fig. 17). En cuanto a la biomasa por distancia de la costa, se concentró principalmente en las franjas costeras de las 0-10 mn y 10-20 mn, con biomasas de 3,24 (31,77%) y 2,93 millones de toneladas (28,69%), respectivamente (Tabla 5).

En el crucero 2209-11, la biomasa de anchoveta fue de 7,18 millones de toneladas con un límite de confianza de los valores NASC de 12,92%. Las mayores abundancias fueron estimadas en los grados 6° y 7°S, con 1,04 (14,51%) y 0,99 (13,77%) millones de toneladas, respectivamente. La biomasa en la región norte-centro fue estimada en 6,84 millones de toneladas y en la región sur 0,34 millones de toneladas (Fig. 17). Por distancia a la costa, se encontró que esta biomasa estuvo principalmente en la franja costera de las 0-10 y 10-20 mn con 2,57 (35,72%) y 1,15 (15,96%), respectivamente (Tabla 6).

Las biomasas de anchoveta obtenida en ambos cruceros mostraron una disminución hacia el sur, en el verano fue más abundante y centrada principalmente en el norte (8°-9°S); mientras que, en primavera se estimó una biomasa menor con las mayores abundancias en el norte y centro (6°, 7° y 13°S) (Fig. 17).

### Biomasa de otras especies pelágicas

Las otras especies investigadas fueron: jurel, caballa, samasa, bagre, múnida, pota y vinciguerria; sus biomasas estimadas en ambos cruceros mostraron variaciones en sus abundancias.

En el crucero de verano 2202-04, la biomasa de jurel fue de 357.434 toneladas con la mayor estimación en 14°S con 113.590 toneladas; la caballa fue estimada en 241.012 toneladas con alta abundancia en 7°S (136.458 toneladas); la samasa fue la especie con la menor biomasa y fue estimada en 22.647 toneladas localizada principalmente en 6°S; el bagre fue registrado cerca de la costa con biomasa total de 17.020 toneladas, con las mayores biomasas en 6° y 8°S (5.852 y 5.756 toneladas, respectivamente); la múnida fue la segunda especie de mayor abundancia en la zona costera con 2.505.782 toneladas, siendo los 8° y 7°S que mostraron las mayores abundancias (774.870 y 588.018 toneladas, respectivamente); finalmente, las especies mesopelágicas pota y vinciguerria, fueron estimadas en 119.021 y 361.758 toneladas, respectivamente. La pota fue más abundante en los 10° y 17°S; mientras que, la vinciguerria en 17° y 12°S (Tabla 7).

| Latitud (°S) | Biomasa (toneladas) Crucero 2202-04 | Crucero 2209-11 |
|---|---|---|
| 3 | 0 | 0 |
| 4 | 68 355 | 515 180 |
| 5 | 531 616 | 338 572 |
| 6 | 1 288 914 | 1 042 591 |
| 7 | 1 429 411 | 989 582 |
| 8 | 1 857 416 | 484 592 |
| 9 | 1 773 041 | 599 796 |
| 10 | 993 025 | 677 188 |
| 11 | 790 583 | 225 674 |
| 12 | 186 002 | 219 672 |
| 13 | 146 793 | 912 042 |
| 14 | 516 949 | 376 901 |
| 15 | 198 264 | 459 392 |
| 16 | 155 583 | 243 791 |
| 17 | 87 733 | 99 299 |
| 18 | 186 126 | |
| TOTAL | 10 209 811 | 7 184 272 |

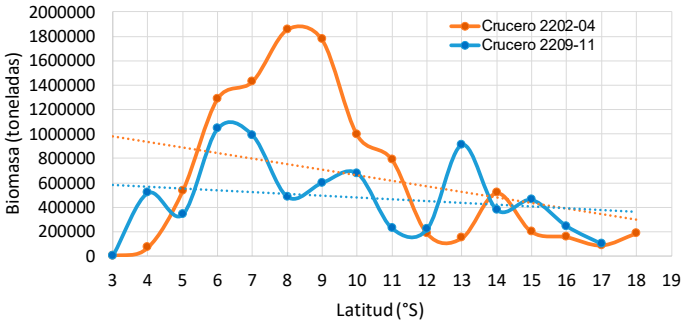


Figura 17.- Biomasa por grados de latitud de la anchoveta con su tendencia lineal en los cruceros realizados en 2022

Tabla 5.- Biomasa de la anchoveta por grado latitudinal y por distancia a la costa en el crucero 2202-04

| Biomasa (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* | | | | | | | | | **03° - 04°** |
| | | | | | | | | | | 04° 00 - 04° 30 |
| 68 356 | | | | | | | | 28 373 | 39 983 | 04° 30 - 05° 00 |
| **68 356** | *0,67* | | | | | | | **28 373** | **39 983** | **04° - 05°** |
| 236 698 | | | | 615 | 383 | 206 | 9 864 | 179 997 | 45 632 | 05° 00 - 05° 30 |
| 294 918 | | | | | | | 8 225 | 106 081 | 180 612 | 05° 30 - 06° 00 |
| **531 616** | *5,21* | | | **615** | **383** | **206** | **18 089** | **286 078** | **226 245** | **05° - 06°** |
| 517 131 | | | | | | 308 | 27 | 265 870 | 250 926 | 06° 00 - 06° 30 |
| 771 783 | | 3 673 | 6 282 | 693 | | 13 073 | 150 684 | 371 443 | 225 936 | 06° 30 - 07° 00 |
| **1 288 914** | *12,62* | **3 673** | **6 282** | **693** | | **13 382** | **150 710** | **637 312** | **476 861** | **06° - 07°** |
| 823 974 | | | 5 753 | 77 743 | 107 417 | 141 124 | 142 846 | 311 063 | 38 028 | 07° 00 - 07° 30 |
| 605 437 | | 31 | 117 824 | 101 669 | 41 863 | 25 015 | 88 542 | 202 024 | 28 470 | 07° 30 - 08° 00 |
| **1 429 411** | *14,00* | **31** | **123 577** | **179 411** | **149 280** | **166 139** | **231 388** | **513 087** | **66 498** | **07° - 08°** |
| 964 763 | | 68 492 | 223 697 | 161 826 | 38 673 | 65 681 | 98 751 | 233 779 | 73 864 | 08° 00 - 08° 30 |
| 892 654 | | 2 450 | 238 114 | 46 468 | 25 658 | 86 185 | 214 209 | 165 922 | 113 648 | 08° 30 - 09° 00 |
| **1 857 416** | *18,19* | **70 942** | **461 811** | **208 294** | **64 331** | **151 866** | **312 960** | **399 701** | **187 512** | **08° - 09°** |
| 1 325 838 | | | 50 239 | 27 490 | 22 148 | 75 081 | 277 235 | 314 050 | 559 595 | 09° 00 - 09° 30 |
| 447 204 | | | 25 536 | 30 352 | 91 635 | 58 471 | 15 095 | 2 046 | 224 069 | 09° 30 - 10° 00 |
| **1 773 042** | *17,37* | | **75 776** | **57 841** | **113 783** | **133 552** | **292 331** | **316 095** | **783 664** | **09° - 10°** |
| 360 538 | | | 294 | 423 | 16 689 | 16 578 | | 19 | 326 535 | 10° 00 - 10° 30 |
| 632 486 | | | | | | 4 289 | 131 464 | 189 977 | 306 756 | 10° 30 - 11° 00 |
| **993 025** | *9,73* | | **294** | **423** | **16 689** | **20 867** | **131 464** | **189 996** | **633 291** | **10° - 11°** |
| 564 202 | | | | | | 12 454 | 295 710 | 120 468 | 135 570 | 11° 00 - 11° 30 |
| 226 381 | | | | | | | 178 952 | 32 772 | 14 658 | 11° 30 - 12° 00 |
| **790 583** | *7,74* | | | | | **12 454** | **474 662** | **153 240** | **150 227** | **11° - 12°** |
| 158 922 | | | | 3 | 898 | 3 591 | 57 540 | 41 001 | 55 889 | 12° 00 - 12° 30 |
| 27 080 | | | | 66 | 39 | 3 023 | 1 013 | 17 174 | 5 765 | 12° 30 - 13° 00 |
| **186 002** | *1,82* | | | **69** | **937** | **6 614** | **58 554** | **58 175** | **61 654** | **12° - 13°** |
| 49 954 | | | | | | 190 | 32 451 | 11 678 | 5 635 | 13° 00 - 13° 30 |
| 96 839 | | | | | | | 71 019 | 7 600 | 18 220 | 13° 30 - 14° 00 |
| **146 793** | *1,44* | | | | | **190** | **103 470** | **19 278** | **23 855** | **13° -14°** |
| 287 149 | | | | 3 496 | 60 009 | 7 246 | 103 349 | 62 448 | 50 602 | 14° 00 - 14° 30 |
| 229 800 | | | 422 | 28 495 | 3 008 | 4 030 | | 143 638 | 50 209 | 14° 30 - 15° 00 |
| **516 949** | *5,06* | | **422** | **31 990** | **63 017** | **11 275** | **103 349** | **206 085** | **100 810** | **14° -15°** |
| 36 775 | | | | | | | 2 445 | 11 653 | 22 677 | 15° 00 - 15° 30 |
| 161 489 | | | | | | | 1 834 | 515 | 159 140 | 15° 30 - 16° 00 |
| **198 265** | *1,94* | | | | | | **4 279** | **12 168** | **181 817** | **15° -16°** |
| 43 400 | | | | | | 168 | 741 | 30 118 | 12 373 | 16° 00 - 16° 30 |
| 112 183 | | | | 56 | | | | 7 918 | 104 209 | 16° 30 - 17° 00 |
| **155 583** | *1,52* | | | **56** | | **168** | **741** | **38 036** | **116 582** | **16° -17°** |
| 9 475 | | | | 59 | 57 | | | | 9 359 | 17° 00 - 17° 30 |
| 78 258 | | | | | | | | | 78 258 | 17° 30 - 18° 00 |
| **87 733** | *0,86* | | | **59** | **57** | | | | **87 617** | **17° -18°** |
| 186 126 | | | | | | | 7 602 | 71 164 | 107 360 | 18° 00 - 18° 30 |
| **186 126** | *1,82* | | | | | | **7 602** | **71 164** | **107 360** | **18° -18°30´** |
| **TOTALES** | | **74 646** | **668 161** | **479 452** | **408 476** | **516 713** | **1 889 600** | **2 928 788** | **3 243 976** | **10 209 811** |
| **10 209 811** | ***100,00*** | *0,73* | *6,54* | *4,69* | *4,00* | *5,06* | *18,51* | *28,69* | *31,77* | |

Tabla 6.- Biomasa de la anchoveta por grado latitudinal y por distancia a la costa en el crucero 2209-11

| Biomasa (t) | TOTAL (%) | Distancia de la costa (mn) | | | | | | | | | | | | | | | | | Grado de latitud sur |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 150-160 | 140-150 | 130-140 | 120-130 | 110-120 | 100-110 | 90-100 | 80-90 | 70-80 | 60-70 | 50-60 | 40-50 | 30-40 | 20-30 | 10-20 | 0-10 | | |
| 0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 03° 30 - 04° 00 |
| **0** | *0* | | | | | | | | | | | | | | | | | | **03° - 04°** |
| 194 053 | | | | | | | | | | | | | 12 978 | 168 274 | 12 801 | | | | 04° 00 - 04° 30 |
| 321 127 | | | | | | | | | | | | | | 4 276 | 166 534 | 139 777 | 10 540 | | 04° 30 - 05° 00 |
| **515 180** | *7,17* | | | | | | | | | | | | **12 978** | **172 550** | **179 335** | **139 777** | **10 540** | | **04° - 05°** |
| 93 048 | | | | | | | | | | | | 2 244 | 32 485 | 50 015 | 5 323 | | 2 981 | | 05° 00 - 05° 30 |
| 245 524 | | | | | | | | | 34 853 | 11 393 | 11 858 | 4 932 | 2 397 | 6 898 | 15 342 | 63 029 | 94 823 | | 05° 30 - 06° 00 |
| **338 572** | *4,71* | | | | | | | | **34 853** | **11 393** | **11 858** | **7 175** | **34 881** | **56 912** | **20 666** | **63 029** | **97 805** | | **05° - 06°** |
| 139 484 | | | | | | | | | 906 | 18 011 | 6 807 | 5 562 | 213 | 14 672 | 27 227 | 56 738 | 9 348 | | 06° 00 - 06° 30 |
| 903 107 | | | 120 543 | 86 139 | 71 427 | 44 804 | 56 758 | 43 024 | 11 138 | 75 392 | 142 930 | 24 737 | 6 881 | 193 | 14 101 | 150 488 | 54 550 | | 06° 30 - 07° 00 |
| **1 042 591** | *14,51* | | **120 543** | **86 139** | **71 427** | **44 804** | **56 758** | **43 024** | **11 138** | **76 299** | **160 942** | **31 544** | **12 443** | **405** | **14 672** | **41 328** | **207 226** | **63 898** | **06° - 07°** |
| 524 084 | | | 10 454 | 22 252 | 14 998 | 41 136 | 65 066 | 155 292 | 59 167 | 10 712 | 9 887 | 8 655 | 2 101 | | | | | 124 363 | 07° 00 - 07° 30 |
| 465 498 | | | | 11 858 | 22 009 | 23 121 | 93 470 | 22 638 | 11 013 | 1 405 | 2 266 | 411 | 1 164 | 569 | | | 1 734 | 273 840 | 07° 30 - 08° 00 |
| **989 582** | *13,77* | | **10 454** | **34 110** | **37 007** | **64 257** | **158 535** | **177 930** | **70 180** | **12 117** | **12 152** | **9 066** | **3 266** | **569** | | | **1 734** | **398 203** | **07° - 08°** |
| 230 007 | | | 7 352 | 27 333 | 28 388 | 4 616 | 16 868 | 1 539 | | 11 577 | 10 888 | 20 829 | 2 877 | 1 001 | | | 91 970 | 4 770 | 08° 00 - 08° 30 |
| 254 585 | | | | 6 942 | 26 233 | 16 855 | 16 042 | 1 691 | 11 199 | 10 336 | 9 872 | 21 504 | 17 274 | 4 714 | 1 992 | 768 | 31 147 | 78 014 | 08° 30 - 09° 00 |
| **484 592** | *6,74* | | **7 352** | **34 275** | **54 620** | **21 471** | **32 910** | **3 229** | **11 199** | **21 913** | **20 760** | **42 333** | **20 152** | **5 716** | **1 992** | **768** | **123 117** | **82 784** | **08° - 09°** |
| 469 442 | | | 25 603 | 14 741 | 11 394 | 23 807 | 1 528 | | | | 36 543 | 9 856 | 8 333 | 76 331 | 6 750 | | 37 403 | 217 153 | 09° 00 - 09° 30 |
| 130 354 | | | 17 226 | 8 446 | 26 697 | 1 816 | 45 | 19 880 | 821 | 3 923 | 4 876 | 1 544 | 391 | | 1 144 | 2 520 | 13 140 | 27 886 | 09° 30 - 10° 00 |
| **599 796** | *8,35* | | **42 828** | **23 187** | **38 090** | **25 623** | **1 573** | **19 880** | **821** | **3 923** | **41 419** | **11 400** | **8 724** | **76 331** | **7 894** | **2 520** | **50 543** | **245 039** | **09° - 10°** |
| 168 782 | | | 6 934 | 2 084 | | | | | 6 290 | | 70 353 | 30 890 | 12 040 | 7 222 | | | 16 385 | 16 583 | 10° 00 - 10° 30 |
| 508 406 | | | 60 306 | 17 575 | | 449 | | 942 | 15 791 | 117 507 | 60 707 | 78 448 | 12 040 | 330 | | | 7 594 | 136 717 | 10° 30 - 11° 00 |
| **677 188** | *9,42* | | **67 239** | **19 660** | | **449** | | **942** | **22 081** | **117 507** | **131 060** | **109 338** | **24 080** | **7 552** | | | **23 979** | **153 300** | **10° - 11°** |
| 96 238 | | | | | | | | | | | 28 728 | 27 949 | | | | | 31 385 | 8 175 | 11° 00 - 11° 30 |
| 129 436 | | | | | | | | | 1 697 | | 16 893 | 301 | 930 | 48 | | | 32 310 | 77 258 | 11° 30 - 12° 00 |
| **225 674** | *3,14* | | | | | | | | **1 697** | | **45 621** | **28 250** | **930** | **48** | | | **63 695** | **85 433** | **11° - 12°** |
| 191 109 | | | | | | | | | 2 857 | 4 290 | 576 | 9 602 | 40 673 | 56 | | 42 | 4 698 | 128 314 | 12° 00 - 12° 30 |
| 28 562 | | | | | | | | | | | | | | | 25 | 7 250 | 1 139 | 20 148 | 12° 30 - 13° 00 |
| **219 672** | *3,06* | | | | | | | | **2 857** | **4 290** | **576** | **9 602** | **40 673** | **56** | **25** | **7 292** | **5 837** | **148 463** | **12° - 13°** |
| 828 817 | | | | | | | | | | | | | | | 82 108 | 47 293 | 130 116 | 569 301 | 13° 00 - 13° 30 |
| 83 225 | | | | | | | | | | | | | | | | 12 494 | 8 301 | 62 430 | 13° 30 - 14° 00 |
| **912 042** | *12,69* | | | | | | | | | | | | | | **82 108** | **59 786** | **138 417** | **631 731** | **13° -14°** |
| 345 403 | | | | | | | | | | | | | | | | | 150 320 | 195 083 | 14° 00 - 14° 30 |
| 31 498 | | | | | | | | | | | | | | | | | | 31 498 | 14° 30 - 15° 00 |
| **376 901** | *5,25* | | | | | | | | | | | | | | | | **150 320** | **226 582** | **14° -15°** |
| 318 728 | | | | | | | | | | | | | | | 196 239 | | | 122 489 | 15° 00 - 15° 30 |
| 140 664 | | | | | | | | | | | | | | | | | 1 133 | 139 532 | 15° 30 - 16° 00 |
| **459 392** | *6,39* | | | | | | | | | | | | | | **196 239** | | **1 133** | **262 021** | **15° -16°** |
| 57 603 | | | | | | | | | | | | | | | | | 173 | 57 430 | 16° 00 - 16° 30 |
| 186 188 | | | | | | | | | | | | 636 | | | 319 | | 163 132 | 22 101 | 16° 30 - 17° 00 |
| **243 791** | *3,39* | | | | | | | | | | | **636** | | | **319** | | **163 305** | **79 531** | **16° -17°** |
| 76 629 | | | | | | | | | | | | | | 250 | | 1 320 | 7 137 | 67 922 | 17° 00 - 17° 30 |
| 22 670 | | | | | | | | | | | | 267 | 11 | | 251 | 1 320 | 7 679 | 13 143 | 17° 30 - 18° 00 |
| **99 299** | *1,38* | | | | | | | | | | | **267** | **11** | **250** | **251** | **2 640** | **14 817** | **81 064** | **17° -18°** |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | 18° 00 - 18° 30 |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | **18° -18°30´** |
| **TOTALES** | | **248 417** | **197 371** | **201 145** | **156 604** | **249 776** | **245 006** | **119 973** | **270 902** | **423 924** | **254 295** | **117 453** | **138 788** | **532 962** | **314 336** | **1 146 927** | **2 566 394** | | **7 184 272** |
| **7 184 272** | ***100,00*** | *3,46* | *2,75* | *2,80* | *2,18* | *3,48* | *3,41* | *1,67* | *3,77* | *5,90* | *3,54* | *1,63* | *1,93* | *7,42* | *4,38* | *15,96* | *35,72* | | |

Tabla 7.- Biomasa de otras especies pelágicas evaluadas en el crucero 2202-04

| Grado de latitud (°S) | Especies | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jurel | Caballa | Samasa | Bagre | Múnida | Pota | Vinciguerria |
| 03 | 0 | 61 | 0 | 0 | 0 | 5 993 | 3 277 |
| 04 | 0 | 28 243 | 0 | 2 474 | 0 | 2 822 | 1 990 |
| 05 | 0 | 11 449 | 359 | 0 | 20 104 | 1 009 | 0 |
| 06 | 0 | 0 | 20 544 | 5 852 | 209 658 | 14 921 | 4 752 |
| 07 | 86 802 | 136 458 | 0 | 2 852 | 588 018 | 0 | 0 |
| 08 | 0 | 0 | 0 | 5 756 | 774 870 | 354 | 0 |
| 09 | 71 921 | 0 | 0 | 86 | 243 069 | 1 902 | 0 |
| 10 | 1 765 | 8 498 | 0 | 0 | 90 958 | 23 024 | 0 |
| 11 | 27 123 | 32 198 | 0 | 0 | 129 192 | 17 938 | 34 644 |
| 12 | 6 298 | 0 | 0 | 0 | 47 488 | 6 824 | 92 586 |
| 13 | 47 599 | 19 739 | 1 744 | 0 | 61 364 | 194 | 10 074 |
| 14 | 113 590 | 3 776 | 0 | 0 | 126 385 | 5 096 | 9 630 |
| 15 | 263 | 14 | 0 | 0 | 93 736 | 8 023 | 2 314 |
| 16 | 1 759 | 520 | 0 | 0 | 85 867 | 10 550 | 17 872 |
| 17 | 314 | 56 | 0 | 0 | 35 028 | 20 371 | 184 619 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 45 | 0 | 0 |
| TOTAL | 357 434 | 241 012 | 22 647 | 17 020 | 2 505 782 | 119 021 | 361 758 |

Tabla 8.- Biomasa de otras especies pelágicas evaluadas en el crucero 2209-11

| Grado de latitud (°S) | Especies | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Jurel | Caballa | Samasa | Bagre | Múnida | Pota | Vinciguerria |
| 03 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| 04 | 0 | 32 | 3 745 | 0 | 0 | 1 586 | 92 400 |
| 05 | 0 | 0 | 18 290 | 0 | 10 609 | 0 | 5 317 |
| 06 | 0 | 94 581 | 6 226 | 1 991 | 215 433 | 387 | 25 792 |
| 07 | 0 | 19 988 | 2 550 | 0 | 98 649 | 5 305 | 73 488 |
| 08 | 0 | 29 827 | 0 | 1 228 | 272 698 | 3 292 | 32 120 |
| 09 | 0 | 973 | 0 | 0 | 171 171 | 2 481 | 58 896 |
| 10 | 8 587 | 41 972 | 0 | 0 | 120 289 | 5 126 | 32 304 |
| 11 | 0 | 13 526 | 0 | 0 | 72 485 | 20 893 | 156 463 |
| 12 | 0 | 630 | 0 | 0 | 289 236 | 11 978 | 164 173 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 0 | 247 789 | 4 893 | 63 480 |
| 14 | 0 | 73 | 0 | 0 | 97 081 | 8 723 | 70 303 |
| 15 | 49 952 | 2 279 | 0 | 0 | 62 406 | 8 081 | 8 582 |
| 16 | 135 715 | 34 391 | 0 | 0 | 11 235 | 16 017 | 11 211 |
| 17 | 113 212 | 0 | 0 | 0 | 40 549 | 1 865 | 53 664 |
| 18 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | |
| TOTAL | 307 466 | 238 272 | 30 811 | 3 219 | 1 709 630 | 90 627 | 848 193 |

En el crucero de primavera 2209-11, la biomasa de jurel fue estimada en 307.466 toneladas principalmente en la zona sur; la caballa fue estimada en 238.272 toneladas con mayores abundancias en 6° y 10°S (94.581 y 41.972 toneladas, respectivamente); la biomasa de samasa fue de 30.811 toneladas encontrada en la zona norte; la biomasa del bagre fue la más baja, estimándose solamente en 3.219 toneladas en 7° y 9°S; la biomasa de múnida continuó siendo la segunda especie más abundante en la zona costera con 1.709.630 toneladas, con altas biomasas en 12°, 8°, 13° y 6°S; finalmente las especies mesopelágicas pota y vinciguerria fueron estimadas en 90.627 y 848.193 toneladas, respectivamente. Las mayores abundancias de pota fueron encontradas en 11° y 16°S; mientras que, la vinciguerria en 12° y 11°S (Tabla 8).

## Estadística descriptiva de los descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta

Generalmente, en condiciones normales o frías la anchoveta se encuentra en la capa superficial del mar, en las diferentes estaciones del año. En el descriptor posicional o batimétrico, se encuentra la variable profundidad del cardumen, que fue registrada en el crucero 2202-04 en la capa superficial de los 62 m; mientras que, en el crucero 2209-11 se detectó en la capa superficial de los 78 m, con promedios en 8,84 m y 14,24 m, respectivamente.

En cuanto a los descriptores energéticos y morfométricos, hubo diferencias significativas en ambos cruceros debido al comportamiento habitual en la agregación y disgregación de los cardúmenes producidas en las estaciones de verano y primavera, respectivamente. En el crucero de verano 2202-04 por el acercamiento de la anchoveta hacia la costa, se formaron cardúmenes de mayores dimensiones que reflejaron una alta energía producida en los valores de ecointegración. Esta agregación de cardúmenes (19.951 cardúmenes) generó altos valores en los descriptores energéticos y morfométricos, comparados con los valores obtenidos en el crucero de primavera 2209-11, en las cuales hubo disgregación en los cardúmenes por la ampliación del área de su hábitat (51.185 cardúmenes).

Para los descriptores energéticos, los valores media en -48,27 dB, asimetría en 3,28, curtosis 19,67 y NASC 4704,28 m²/mn², obtenidos en el crucero 2202-04, fueron mayores a los obtenidos en el crucero 2209-11 con $S_v$ media en -53,20 dB, asimetría en 2,40, curtosis 10,37 y NASC 1205,22 m²/mn². El coeficiente de variación de los valores NASC en la primavera (6,50) fue mayor al obtenido en verano (3,83) debido a la variabilidad más distante del promedio, a pesar de la dispersión en la primavera hubo cardúmenes de alta densidad registradas en áreas reducidas (NASC máximo en 749509,49 m²/mn², valor mayor que el obtenido en verano).

Finalmente, los descriptores morfométricos también mostraron diferencias entre los cruceros, en el crucero 2202-04 los cardúmenes de mayor capacidad energética tuvieron mayores dimensiones en su tamaño y volumen, comparados con el crucero 2209-11. Los promedios de los descriptores como: altura (1,63 m), largo (76,30 m), área (180,64 m²), volumen (516,43 m³), perímetro (423,44 m), elongación (23,90), rectangularidad (2,67) y compacticidad de imagen (113,27) fueron mayores a los obtenidos en el crucero 2209-11. Sin embargo, el coeficiente de variación de estos descriptores en la primavera (2209-11) fueron

mayores que los obtenidos en el verano (2202-04) debido a que en este crucero se encontraron algunos cardúmenes de alta densidad en áreas reducidas, los máximos valores fueron muy altos y tuvieron mayor variabilidad con respecto a la media (Tabla 9, Fig. 18).

## Relación de presencia de anchoveta con variables oceanográficas superficiales

La relación de las variables oceanográficas con presencia de anchoveta (hábitat del recurso) fue estacional; es decir, los valores de las variables fueron un poco diferentes en los cruceros realizados en verano y primavera 2022. En el crucero 2202-04 la anchoveta fue encontrada principalmente en temperatura superficial del mar entre 15,0 y 22,1 °C, la salinidad superficial del mar entre 34,74 y 35,11, el oxígeno superficial del mar entre 3,5 y 6,7 mL/L y clorofila-*a* superficial entre 0,1 y 3,5 mg/m$^3$. Mientras que, en el crucero 2209-11 cuando la anchoveta estuvo alejada de la costa, la temperatura superficial del mar registró valores entre 14,0 y 18,4 °C, la salinidad superficial del mar entre 34,84 y 35,18, el oxígeno superficial del mar entre 3,0 y 6,5 mL/L y clorofila-*a* superficial entre 0,5 y 5,0 mg/m$^3$ (Fig. 19).

Tabla 9.- Descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta registrados en los cruceros del 2022

| Descriptores acústicos | Crucero 2202-04 (n = 19.951 cardúmenes) | | | | Crucero 2209-11 (n = 51.185 cardúmenes) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Mín. | Promedio | Máx. | CV | Mín. | Promedio | Máx. | CV |
| ***1. Batimétrico*** | | | | | | | | |
| Profundidad del cardumen (m) | 1,32 | 8,84 | 61,95 | 0,60 | 1,38 | 14,24 | 77,83 | 0,57 |
| ***2. Energético*** | | | | | | | | |
| Sv media | -67,80 | -48,27 | -30,04 | 0,13 | -67,99 | -53,20 | -21,89 | 0,11 |
| Sv máximo | -62,96 | -38,42 | -12,67 | 0,21 | -64,66 | -45,02 | -6,27 | 0,17 |
| Sv mínimo | -68,00 | -65,98 | -44,84 | 0,06 | -68,00 | -66,19 | -49,68 | 0,04 |
| Coeficiente de Rugosidad vertical | 0,000000 | 0,000006 | 0,001354 | 2,83 | 0,000000 | 0,000002 | 0,010096 | 24,50 |
| Coeficiente de Rugosidad horizontal | 0,000000 | 0,000403 | 0,072376 | 3,05 | 0,000000 | 0,000129 | 0,214035 | 10,19 |
| Asimetría | -0,82 | 3,28 | 49,08 | 0,71 | -1,24 | 2,40 | 115,01 | 0,79 |
| Curtosis | -1,78 | 19,67 | 3122,69 | 2,96 | -1,96 | 10,37 | 14094,09 | 6,79 |
| NASC | 2,38 | 4704,28 | 456908,58 | 3,83 | 2,12 | 1205,22 | 749509,49 | 6,50 |
| ***3. Morfométrico*** | | | | | | | | |
| Altura (m) | 0,15 | 1,63 | 24,48 | 1,07 | 0,21 | 1,29 | 29,51 | 1,10 |
| Largo (m) | 0,58 | 76,30 | 5570,52 | 2,06 | 0,00 | 21,24 | 3498,11 | 3,04 |
| Área (m$^2$) | 0,17 | 180,64 | 29941,19 | 4,07 | 0,00 | 45,01 | 24195,82 | 6,84 |
| Volumen (m$^3$) | 0,03 | 516,43 | 315877,50 | 8,30 | 0,00 | 141,83 | 228981,00 | 13,83 |
| Perimetro (m) | 3,52 | 423,44 | 29269,09 | 2,59 | 0,70 | 125,17 | 43271,72 | 4,20 |
| Elongación | 0,23 | 23,90 | 470,26 | 0,87 | 0,00 | 8,77 | 356,95 | 1,01 |
| Dimensión fractal | -255,79 | 2,25 | 804,09 | 3,16 | -2598,50 | 2,40 | 3094,28 | 12,28 |
| Circularidad | 0,00 | 0,02 | 0,49 | 1,16 | 0,00 | 0,08 | 1,03 | 1,07 |
| Rectangularidad | 1,07 | 2,67 | 15,52 | 0,34 | 1,00 | 2,37 | 19,28 | 0,41 |
| Compacticidad de imagen | 2,02 | 113,27 | 4538,09 | 1,76 | 0,97 | 44,18 | 48695,83 | 5,74 |

CV: Coeficiente de variación.

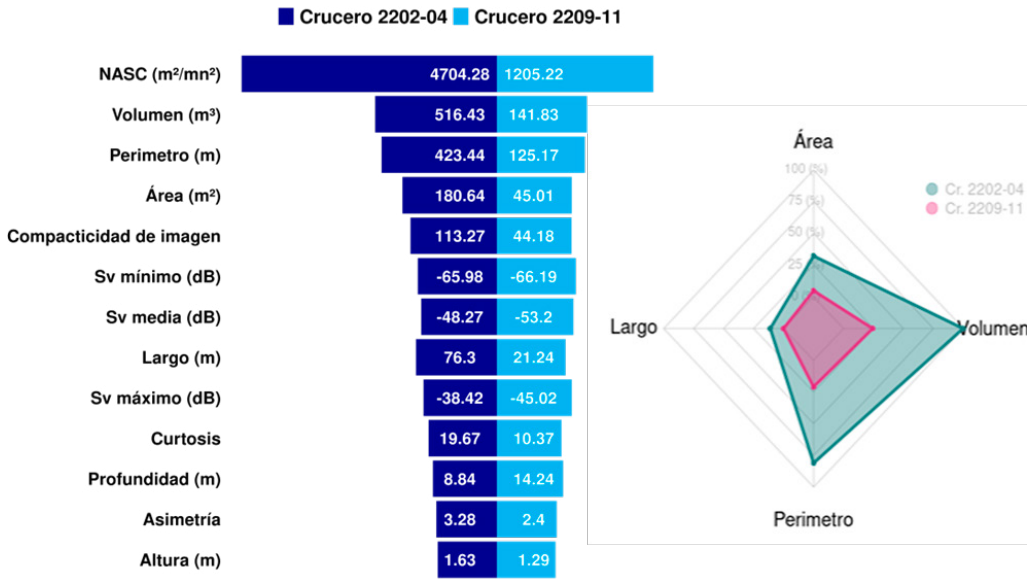


Figura 18.- Descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta registrados en los cruceros del 2022: a) Promedio de los descriptores por crucero, b) Gráfico polar de descriptores morfométricos

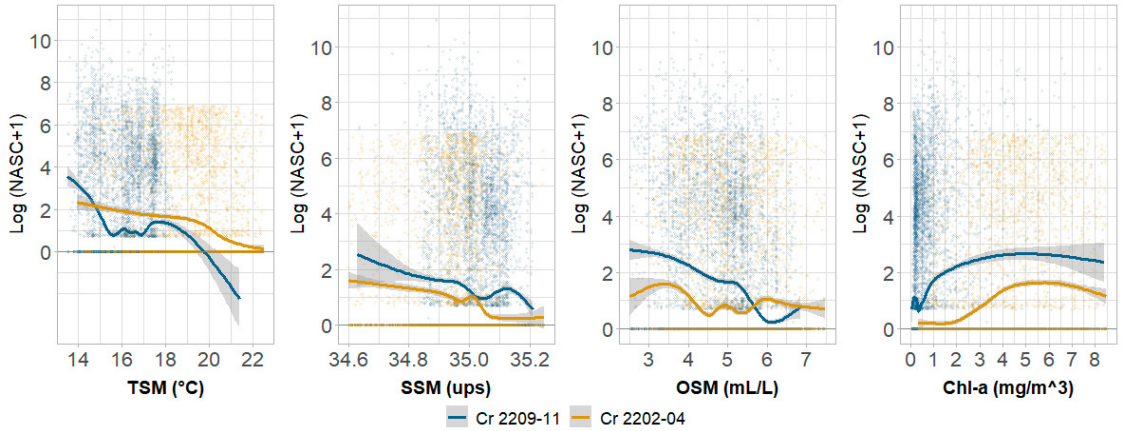


Figura 19.- Análisis de modelos aditivos generalizados (GAM) de los valores NASC de anchoveta con las variables oceanográficas superficiales de temperatura, salinidad, oxígeno y clorofila-*a*, para los cruceros realizados el 2022

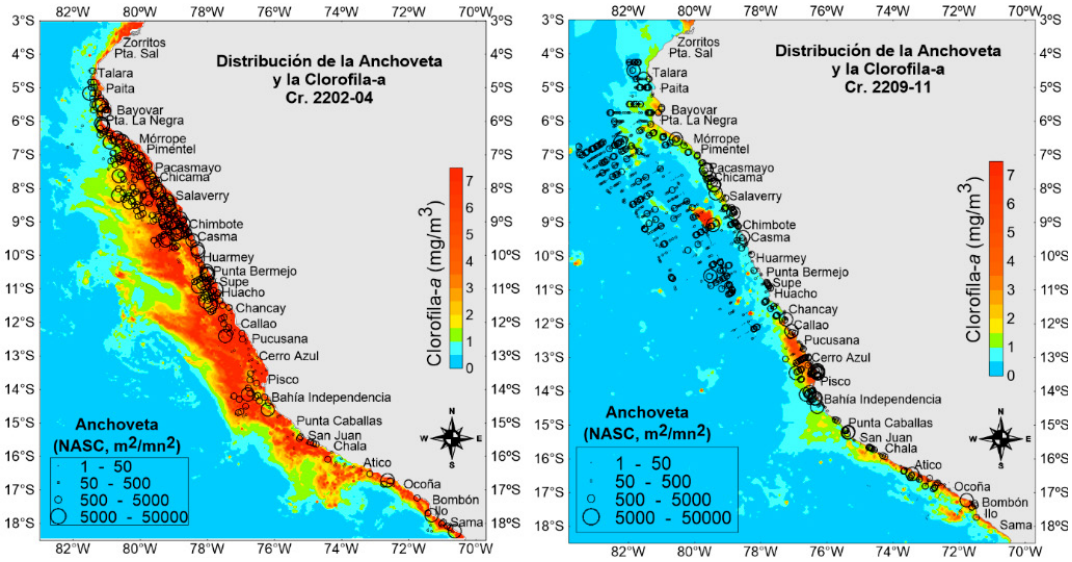


Figura 20.- Sobreposición de los valores de integración de la anchoveta con la imagen satelital de clorofila-a en los cruceros realizados el 2022

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 2202-04 hubo alta concentración de clorofila-*a* en toda zona costera del litoral, las altas abundancias de anchoveta estuvieron asociados a valores mayores a 3,5 mg/m$^3$, a excepción de la zona entre Casma-Chancay con bajos valores de clorofila-*a* constituido por ejemplares adultos. En el crucero 2209-11, se registraron menores concentraciones de clorofila-*a* (principalmente < 2,1 mg/m$^3$) en la franja costera y en amplias áreas alejadas de la costa, situación similar a la distribución de la anchoveta (Fig. 20).

## 4. DISCUSIÓN

En el año 2022 también fueron utilizadas embarcaciones industriales de la SNP para los dos cruceros de evaluación hidroacústica que realizó el Imarpe, debido a la inoperatividad de sus embarcaciones. El apoyo a la investigación científica de la flota pesquera es realizado desde hace años en diversos lugares del mundo y apoyada por la comunidad internacional (Dalen *et al.*, 2007; Fässler *et al.*, 2015; Melvin *et al.*, 2016; Massé *et al.*, 2016).

Con respecto a los resultados, Castillo *et al.* (2023) mencionaron que, el año 2021, la anchoveta continuó siendo la especie de mayor abun-

dancia en la RNSCH y que su población se encontró en condiciones saludables favorecida por las condiciones oceanográficas ligeramente frías a neutras en la zona costera. Las biomasas estimadas previas a las dos temporadas de pesca permitieron recomendar cuotas que fueron cumplidas casi totalmente (mayores al 98%) de las asignadas en cada periodo. Posteriormente, el 2022, se registraron condiciones más frías a lo normal, considerándose La Niña en este periodo. Este enfriamiento produjo un impacto en la anchoveta y en otros recursos pelágicos, generando las siguientes características en la anchoveta:

a. Generó amplias áreas o hábitats favorables con gran extensión para la distribución de anchoveta, principalmente en primavera; lo que, produjo la formación de cardúmenes dispersos y pequeños (disgregación en cardúmenes pequeños). En el verano el acercamiento hacia la costa no fue tan replegada (encontrada hasta 81 mn de distancia a la costa).

b. Produjo cambios en el ecosistema marino generando desplazamientos o migración de la anchoveta hacia el norte y/u oeste (latitudinal y longitudinal). Romero *et al.* (2023), entre el 15 al 22 de diciembre del 2022, reportaron presencia de anchoveta en el Golfo de Guayaquil (Ecuador) entre 0 y 40 m de profundidad, con biomasa de 43.815 toneladas.

c. A pesar de la amplia distribución encontrada en primavera 2022 por la alta abundancia de anchoveta, tuvo incrementos en la variabilidad de los diferentes descriptores morfométricos y energéticos de los cardúmenes, con mayores coeficientes de variación (comparados con los obtenidos en el verano).

d. La formación de cardúmenes de menor dimensión debido a la alta dispersión, no son atractivos para los patrones de pesca industrial.

e. Si hay buena abundancia de anchoveta en condiciones frías, las zonas de pesca, generalmente se encuentran alejadas de la costa.

f. El mayor tiempo en la búsqueda de zonas de pesca o presencia de cardúmenes de grandes dimensiones morfométricas, generan mayor consumo en los gastos operativos de la embarcación (mayor esfuerzo pesquero).

Bouchon *et al.* (2010) y Mori *et al.* (2011) analizando el periodo 1986-2008, mencionan que años normales y fríos, generan un éxito reproductivo, al influir en la intensidad del desove y el reclutamiento, concluyendo que, la anchoveta se adapta a las condiciones ambientales pudiendo ampliar, retrasar o prolongar su periodo de desove.

En cuanto a las biomasas estimadas, para la anchoveta en la región norte-centro (extremo norte-16°S) en el crucero 2202-04 fue de 9,78 millones de toneladas, y permitió determinar la cuota de 2,79 millones de toneladas para la primera temporada de pesca. Dicha temporada se inició el 4 de mayo 2022 (Resolución Ministerial Nº 167-2022-Produce) y finalizó el 24 de julio 2022 (Resolución Ministerial 254-2022-Produce), con una captura de 2,34 millones de toneladas (84,06% de la cuota asignada). Los puertos de mayor descarga fueron Chimbote (588 mil), Callao (283 mil), Coishco (260 mil), Malabrigo (231 mil) y Chancay (196 mil) (Produce, 2022). Para la región sur (16°S-extremo sur) se estableció una cuota de 486.500 toneladas para la primera temporada de pesca correspondiente al periodo enero-junio del 2022 (Resolución Ministerial Nº 463-2021-Produce).

En el crucero 2209-11, la biomasa de anchoveta en la región norte-centro fue estimada en 6,84 millones de toneladas, PRODUCE estableció una cuota de 2,28 millones de toneladas para la segunda temporada de pesca. El inicio de esta temporada fue el 23 de noviembre 2022 (Resolución Ministerial Nº 391-2022-Produce) y finalizó el 5 de febrero 2023 (Resolución Ministerial Nº 43-2023-Produce), con captura de 1,91 millones de toneladas (84% de la cuota asignada). Esta temporada generó más de USD 1000 millones en exportaciones de harina y aceite de pescado. En la región sur (16°S-extremo sur) la segunda temporada de pesca, periodo julio-diciembre 2022, se asignó la cuota de 486.500 toneladas (Resolución Ministerial Nº 230-2022-Produce).

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 2022, se encontraron 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 el jurel y la caballa su distribución y biomasa no ha sido significativa y generalmente se encontraron en núcleos aislados, generalmente en aguas de mezcla entre las aguas subtropicales superficiales (ASS) y aguas costeras frías, sus abundancias estuvieron en menores niveles. La samasa y bagre, son especies costeras que generalmente habitan en la zona norte, sus abundancias también continúan siendo muy bajas. En cambio, la múnida es un crustáceo que habita en las aguas costeras frías, es la segunda especie de mayor abundancia y comparte su distribución con la anchoveta, se encontró en forma continua a lo largo de la costa. Esta abundancia fue similar a lo encontrado el 2021.

En cuanto a la cuota de pesca del jurel y caballa, para el 2022, PRODUCE estableció en 54.293 y 37.000 toneladas, respectivamente; a través de, embarcaciones de mayor escala (Resolución Ministerial Nº 462-2021-Produce).

## 5. CONCLUSIONES

La distribución espacial de la anchoveta en el 2022 mantuvo sus características habituales de comportamiento estacional, en el crucero 2202-04 se encontró hasta 62 mn de la costa con altas concentraciones y biomasa de 10,20 millones de toneladas; mientras que, en el crucero 2209-11 se encontró hasta 151 mn de la costa con mayor dispersión y biomasa de 7,18 millones de toneladas.

En los dos cruceros de evaluación hidroacústica realizados en este año, los cardúmenes más profundos se localizaron en 14°S por la buena oxigenación en esas profundidades, similar característica fue registrada el 2021.

Los descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta variaron en ambos cruceros debido a la agregación y disgregación, por la variabilidad ambiental y otras variables como la concentración de clorofila-*a*, encontrados en los periodos de los cruceros realizados.

El 2022, la anchoveta continúo siendo la especie de mayor abundancia en la RNSCH, siendo la región norte-centro la más abundante.

Condiciones frías como La Niña en el 2022 favorecieron a la población de anchoveta; sin embargo, no fueron atractivos a los patrones de pesca por el alejamiento de la costa y a la disgregación en cardúmenes de menores dimensiones morfométricas.

El crustáceo múnida fue la segunda especie de mayor abundancia en la zona costera, generalmente comparte su distribución con la anchoveta, su biomasa en los cruceros 2202-04 y 2209-11 fueron de 2,50 y 1,710 millones de toneladas, respectivamente.

Las distribuciones del jurel y la caballa han sido en núcleos reducidos y aislados, generalmente por fuera de las 20 mn de la costa, el jurel tuvo una biomasa de 0,36 millones de toneladas en el crucero 2202-04 y 0,31 millones de toneladas en el crucero 2209-11; mientras que, la caballa en 0,24 millones de toneladas en cada crucero.

Las abundancias de las especies costeras samasa y bagre fueron menores; mientras que, las especies mesopelágicas pota y vinciguerria se encontraron en áreas alejadas de la costa, solo la vinciguerria en el crucero 2209-11 tuvo mayor biomasa (0,85 millones de toneladas).

Las especies pelágicas investigadas reflejaron variabilidad en su abundancia y distribución, cada especie tiene una particularidad en su detección y tienen sus propios rangos de variables oceanográficas de su hábitat para su normal desarrollo.

**Agradecimientos**

Agradecemos a los investigadores eventuales que participaron en los cruceros realizados en el 2022; así como, al personal de la DGIHSA no participante en los cruceros, por el apoyo logístico brindado, especialmente a Jairo Calderón, Néstor Saavedra, Ángel Espíritu, Luis Escudero, Julio Alarcón, Julio Ramos, Joyci Cruzado, Gisella Mogollón, etc.

## 7. REFERENCIAS


Arias Schreiber, M., Ñiquen, 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

Bakun, A. & Weeks, S. J. (2008). The marine ecosystem off Peru: What are the secrets of its fishery productivity and what might its future hold? *Progress in Oceanography, 79* (2-4), 290-299. https://doi.org/10.1016/j.pocean.2008.10.027.

Bouchon, M. & Peña, C. (2008). Impactos de los eventos La Niña en la pesquería peruana. *Inf Inst Mar Perú, 35*(3), 193 - 198. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1968

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. Relación entre anchoveta y ambiente a diferentes escalas temporales. *Bol Inst Mar Perú, 25,* 23–30. https://hdl.handle.net/20.500.12958/1099

Castillo, P. R., Peraltilla, S., Aliaga, A., Flores, M., Ballón, M., Calderón, J. & Gutiérrez, M. (2009). Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano. Versión 2009. *Inf Inst Mar Perú, 36*(1-2), 7-28. 7–28. https://hdl.handle.net/20.500.12958/2001

Castillo, R., Dalla Rosa, L., García Díaz, W., Madureira, L., Gutiérrez, M., Vasquez, 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.

Castillo, P. R., Cuadros, G., Grados, D., La Cruz, L., Díaz, E., Pozada, M., Valdez, C. & Cornejo, R. (2023). Healthy condition of anchoveta (*Engraulis ringens*) in 2021 in the Northern Region of the Humboldt Current System. Int J Oceanogr Aquac, 7(2), 000237. https://doi.org/10.23880/ijoac-16000237

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [Enfen]. (2022a). *Estado del sistema de alerta: No Activo* (Comunicado Oficial ENFEN N°03-2022). https://hdl.handle.net/20.500.12542/1845

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [Enfen]. (2022b). *Estado del sistema de alerta: Alerta de La Niña Costera* (Comunicado Oficial ENFEN N°06-2022). https://hdl.handle.net/20.500.12542/2204

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [Enfen]. (2022c). *Estado del sistema de alerta: Alerta de La Niña Costera* (Comunicado Oficial ENFEN N°09-2022). https://hdl.handle.net/20.500.12542/2418

Comisión Multisectorial Encargada del Estudio Nacional del Fenómeno "El Niño" [Enfen]. (2022d). *Estado del sistema de alerta: No Activo* (Comunicado Oficial ENFEN N°12-2022). https://hdl.handle.net/20.500.12542/2556

Dalen, J., Karp, W., Kloser, R., Macaulay, G., Melvin, G., Mitson, R., O´Driscoll, R., Peña, H. & Ryan, T. (2007). *Colecction of acoustic data from fishing vessels* (ICES Cooperative Research Report No. 287). ICES, CIEM. https://doi.org/10.17895/ices.pub.5452

Demer, D. A., Berger, L., Bernasconi, M., Bethke, E., Boswell, K., Chu, D., Domokos, R., Dunford, A., Fassler, 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., Stienessen, S., Weber, T. ...Williamson, N. (2015). Calibration of acoustic instruments (ICES Cooperative Research Report No. 326). ICES, CIEM. http://dx.doi.org/10.25607/OBP-185

Espino Sánchez, M. A. (2014). Patrones de variabilidad y las pesquerías en el Pacífico Sud Este [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional Mayor de San Marcos]. Cybertesis Unmsm. http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.1116.9045

Fässler, S. M. M., Brunel, T., Gastauer, S. & Burggraaf, D. (2016). Acoustic data collected on pelagic fishing vessels throughout an annual cycle: Operational framework, interpretation of observations, and future perspectives. *Fisheries Research*, *178*, 39-46. http://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.10.020.

Gutiérrez, D., Akester, M. & Naranjo, L. (2016). Productivity and Sustainable Management of the Humboldt Current Large Marine Ecosystem under Climate Change. *Environmental Development. 17*(1), 126-144. https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.11.004

Hastie, T. & Tibshirani, R. (1990). *Generalized Additive Models*. Chapman and Hall. https://doi.org/10.1201/9780203753781

Instituto del Mar del Perú [Imarpe]. (2023). Manifestaciones y efectos de El Niño y La Niña en el ecosistema marino. En *Anuario Científico Tecnológico Imarpe enero-diciembre 2022* (Vol. 22, pp. 9-15). https://hdl.handle.net/20.500.12958/8357

Klauer, A. (2000). EL NIÑO – LA NIÑA: *El fenómeno océano–atmosférico del Pacífico Sur, un reto para la ciencia y la historia*. Nuevahistoria. https://www.eumed.net/libros-gratis/2005/ak6/index.htm

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). IEEE Xplore. https://doi.org/10.1109/RIOAcoustics.2017.8349744

MacLennan, D. N., Fernandes, P. G. Dalen, J. & Fernandes, D. N. (2002). A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science,* 59(2), 365-369. https://doi.org/10.1006/jmsc.2001.1158

Massé, J., Sanchez, F., Delaunay, D., Robert, J.M. & Petitgas, P. (2016). A partnership between science and industry for a monitoring of anchovy & sardine in the Bay of Biscay: When fishermen are actors of science. *Fisheries Research*, *178*, 26–38. https://doi.org/10.1016/j.fishres.2015.11.018

Melvin, G. D., Gerlotto, F., Lang, C. & Trillo, P. (2016). Fishing vessels as scientific platforms: An introduction. *Fisheries Research*, *178*, 1-3. http://dx.doi.org/10.1016/j.fishres.2016.02.022.

Ministerio de la Producción [Produce]. (2022, 25 de julio). *Produce: Se capturaron más de 2,34 millones de toneladas de anchoveta en la primera temporada de la zona Norte-Centro* (Nota de prensa). https://www.gob.pe/institucion/produce/noticias/634835-produce-se-capturaron-mas-de-2-34-millones-de-toneladas-de-anchoveta-en-la-primera-temporada-de-la-zona-norte-centro

Mori, J., Buitrón, B., Perea, A., Peña, C. & Espinosa, C. 2011. Variabilidad interanual en la estrategia reproductiva de la anchoveta peruana en la región norte-centro del litoral del Perú. *Ciencias Marinas*, *37*(4b), 513–525. https://doi.org/10.7773/cm.v37i4B.1872

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(*6), 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 Part II: Topical Studies in Oceanography*, *51*(6-9), 563–574. https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2004.03.001

Pabón Caicedo, J. D. & Montealegre Bocanegra, J. E. (2017). *Los fenómenos de El Niño y de La Niña, su efecto climático e impactos socioeconómicos.* (Colección Jorge Álvarez Lleras No. 34). Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. https://repositorio.accefyn.org.co/handle/001/113

Resolución Ministerial Nº 43-2023-Produce. (2023). *Por la cual se da por concluida la segunda temporada de pesca 2022 del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*), correspondiente a la Zona Norte – Centro del Perú, en el área marítima comprendida entre el extremo norte del dominio marítimo del Perú y los 15º59'59.9''S.* Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/3871603-043-2023-produce

Resolución Ministerial Nº 167-2022-Produce. (2022). *Por la cual se autoriza el inicio de la primera temporada de pesca 2022 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'LS*. Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/2942606-167-2022-produce

Resolución Ministerial Nº 254-2022-Produce. (2022). *Por la cual se da por concluida la primera temporada de pesca 2022 del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) y anchoveta blanca (*Anchoa nasus*), correspondiente a la Zona Norte – Centro, en el área marítima comprendida entre el extremo norte del dominio marítimo del Perú y los 16°00'LS*. Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/3298333-254-2022-produce

Resolución Ministerial Nº 391-2022-Produce. (2022). *Por la cual se autoriza el inicio de la segunda temporada de pesca 2022 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 15°59´59.9''S*. Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/3672111-391-2022-produce

Resolución Ministerial Nº 230-2022-Produce. (2022). *Por la cual se autoriza el inicio de la segunda temporada de pesca del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) 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 julio - diciembre 2022.* Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/3205616-230-2022-produce

Resolución Ministerial Nº 463-2021-Produce. (2021). *Por la cual se autoriza el inicio de la primera temporada de pesca del recurso anchoveta (*Engraulis ringens*) 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 2022*. Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/2611063-463-2021-produce

Resolución Ministerial Nº 462-2021-Produce. (2021). *Por la cual se establece el límite de captura del recurso Jurel (*Trachurus murphyi*) para el período 2022, en cincuenta y cuatro mil doscientas noventa y tres (54 293) toneladas, aplicable a las actividades extractivas efectuadas a través de embarcaciones de mayor escala.* Ministerio de la Producción. https://www.gob.pe/institucion/produce/normas-legales/2611061-462-2021-produce/

Romero, A., Ponce, G., Gonzales, N. & Hurtado, M. (2023). Estimación hidroacústica, distribución espacial y condiciones biológicas y ambientales de losprincipales peces pelágicos pequeños en el Golfo de Guayaquil. En Crucero de Prospección Hidroacústica y Pesca Comprobatoria con Barcos Pesqueros Comerciales. Proceso de investigación de los recursos bioacuáticos y su ambiente (IRBA) (Informe IPIAP 2022-12-02 PPP). Instituto Público de Investigación Acuícola y Pesquero (IPIAP). https://www.institutopesca.gob.ec/wp-content/uploads/2023/06/informe_crucero_ipiap_2022-12-02_ppp_final.pdf

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(3), 269-283. https://doi.org/10.1051/alr:1993027

Simmonds, J. & MacLennan D. (2005). Fisheries Acoustics. Theory and Practice (2° ed.). Blackwell Science.

Wood, S. N. (2017). *Generalized Additive Models: An Introduction with R. (2a ed.).* CRC Press. https://doi.org/10.1201/9781315370279

Zuur, A., Ieno, E. N., Walker, N., Saveliev, A. & Smith, G. (2009). *Mixed effects models and extensions in ecology with R*. Springer Nature.