





Variabilidad de la anchoveta (*Engraulis ringens*) entre febrero y junio en la zona restringida a la pesca industrial en el inicio la primera temporada de pesca del 2022

Variability of anchoveta (*Engraulis ringens*) between February and June in the area restricted to industrial fishing at the start of the first fishing season of 2022

Gustavo Cuadros^{1*}, Pedro Ramiro Castillo¹, Luis La Cruz², Carlos Valdez¹,
 0000-0003-2397-111X  0000-0003-0580-2742  0000-0002-2208-4538  0000-0003-3022-0656

Cecilia Peña¹, German Chacón¹, Luis Escudero¹ y José Salcedo¹
 0000-0002-4425-6652  0000-0003-0582-487X

1. Instituto del Mar del Perú (Imarpe). Esq. Gamarra and General Valle s/n. Chucuito. Callao. Perú. gcuadros@imarpe.gob.pe, rcastillo@imarpe.gob.pe, cvaldez@imarpe.gob.pe, cvaldez@imarpe.gob.pe, cpeña@imarpe.gob.pe, gchacon@imarpe.gob.pe, lescudero@imarpe.gob.pe, jsalcedo@imarpe.gob.pe
 2. Instituto de Fomento Pesquero (IFOP), Valparaíso, Chile. luis.lacruz@ifop.cl
- * Autor de correspondencia / Corresponding author

RESUMEN

Este estudio analiza el comportamiento distribucional de la anchoveta (*Engraulis ringens*) en el área entre las latitudes 06° 00' y 11° 59' S durante cuatro actividades de investigación del Imarpe de febrero a junio de 2022. Esta área estuvo inicialmente restringida en la primera temporada de pesca debido a la alta presencia de ejemplares juveniles. El propósito fue observar la redistribución de la anchoveta para proponer medidas de gestión en la sostenibilidad pesquera. Durante las actividades 1 y 2, se observó una alta concentración y abundancia de anchoveta, mientras que en las actividades 3 y 4, la anchoveta se dispersó migrando hacia áreas alejadas de costa. Esta variabilidad en la distribución afectó los descriptores energéticos y morfométricos, con valores altos con altas concentraciones y menores cuando se encontraba dispersa. En la franja costera de 55.56 km (30 millas náuticas), se registró una superposición de juveniles y adultos, con un crecimiento somático normal entre las actividades 1 y 4. Las modas principales en cada actividad fue de 8.5, 10, 9.5 y 10.5 cm, respectivamente. La biomasa varió de 6.86 millones de toneladas en la actividad 1 a 3.00 millones en la actividad 4, influida por condiciones oceanográficas y la productividad de la clorofila-a.

PALABRAS CLAVE: anchoveta juvenil, anchoveta adulta, distribución, cardumen, descriptor acústico, estructura de tallas.

ABSTRACT

This study examines the distributional behavior of the anchovy (*Engraulis ringens*) in the area between latitudes 06° 00' and 11° 59' S during four research activities conducted by Imarpe from February to June 2022. This area was initially restricted in the first fishing season due to the high presence of juvenile specimens. The purpose was to observe the redistribution of anchovy to propose management measures for fisheries sustainability. During activities 1 and 2, a high concentration and abundance of anchovy were observed, while in activities 3 and 4, the anchovy dispersed, migrating towards areas away from the coast. This variability in distribution affected energetic and morphometric descriptors, with high values during high concentrations and lower values when it was dispersed. In the coastal strip of the 55.56 km (30 nautical miles), there was an overlap of juveniles and adults, with normal somatic growth between activities 1 and 4. The main modes in each activity were 8.5, 10, 9.5, and 10.5 cm, respectively. Biomass varied from 6.86 million tons in activity 1 to 3.00 million tons in activity 4, influenced by oceanographic conditions and chlorophyll-a productivity.

KEY WORDS: juvenile anchovy, adult anchovy, distribution, shoal, acoustic descriptor, size structure.

DOI: <https://doi.org/10.25268/bimc.invemar.2024.53.1.1246>

Publicado por Invemar

Este es un manuscrito de acceso abierto bajo la licencia CC Reconocimiento-No Comercial-Compartir Igual

Published by Invemar

This is an open Access article under the CC BY-NC-SA

INTRODUCCIÓN

La anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) es una especie pelágica de mayor abundancia en la Región Norte del Sistema de la Corriente de Humboldt (RNSCH) y que en las últimas décadas ha sido sostenible en el tiempo, las medidas de gestión decretados por el Viceministerio de Pesquería del Ministerio de la Producción (Produce) son generadas por las actividades de investigación que realiza el Instituto del Mar del Perú (Imarpe); por lo que el continuo monitoreo es necesario para poder actualizar las condiciones oceanográficas del ecosistema, biológicas y acústicas de la población ya que esta región es una zona de alta variabilidad de condiciones ambientales y producción biológica (CSA-UPCH, 2011; Bouchón, 2018). La producción biológica se origina por la surgencia o afloramiento, generada por el ascenso de aguas ricas en nutrientes orgánicos (nitratos, nitritos, entre otros), que por acción de la fotosíntesis activa su conversión en materia orgánica para el fitoplancton y zooplancton, alimento de la anchoveta y otras especies (Chávez *et al.*, 2008; Espinoza y Bertrand, 2008; Oerder *et al.*, 2015). Los cruceros de evaluación hidroacústica de la anchoveta y otros recursos tienen como objetivos principales mostrar las condiciones oceanográficas, la distribución espacial de anchoveta, biomasa de anchoveta y otros recursos, así como el rango de tallas de los mismos (Imarpe, 2022). La presente investigación utilizará la información proveniente de estas cuatro actividades de investigación para mostrar la variabilidad espacial en pequeños espacios de tiempo de la anchoveta en la zona restringida entre las latitudes 06° 00' y 11° 59' S.

La distribución de la anchoveta es estructurada y espacialmente dependiente, es decir, tiene un proceso continuo con características de autocorrelación y diferencias distribucionales inter e intra-estacionales (Castillo *et al.*, 2015). Esta variabilidad espacial de la distribución se atribuye a la dinámica de las aguas frías de la RNSCH (Swartzman *et al.*, 2008; Bertrand *et al.*, 2011; Castillo *et al.*, 2018), lo que implica que el nicho ecológico de la anchoveta peruana cambie conforme a sus estadios de desarrollo y estos tengan distintas tolerancias a las variables ambientales (Lujan, 2016). En tanto, su distribución vertical está contenida por la extensión y profundidad de la zona epipelágica ubicada por encima de la zona mínima de oxígeno (ZMO) (Gutiérrez *et al.*, 2012).

La primera temporada de pesca de la anchoveta para 2022 fue recomendada después de los resultados obtenidos del crucero 2202-04, y que fueron descritos en el informe “*Situación del stock norte-centro de la anchoveta*

INTRODUCTION

The Peruvian anchoveta (*Engraulis ringens*) is a pelagic species most abundant in the Northern Region of the Humboldt Current System (NRHCS) and has been sustainable over the last decades. The management measures decreed by the Vice-Ministry of Fisheries of the Ministry of Production (Produce) are generated by the research activities carried out by the Peruvian Institute of the Sea (Imarpe). Therefore, continuous monitoring is necessary for updating the oceanographic, biological, and acoustic conditions of the population, as this region is an area of high variability regarding environmental conditions and biological production (CSA-UPCH, 2011; Bouchón, 2018). Biological production originates from upwelling, caused by the rise of waters rich in organic nutrients (nitrates, nitrites, among others), which, through photosynthesis, activates their conversion into organic matter for phytoplankton and zooplankton, the food source for anchovetas and other species (Chávez *et al.*, 2008; Espinoza and Bertrand, 2008; Oerder *et al.*, 2015). The main objectives of hydroacoustic survey cruises for anchoveta and other resources are to show the oceanographic conditions, the spatial distribution, and the biomass of anchoveta and other resources, as well as the size range of these species. (Imarpe, 2022). This research will use information from these four research activities to show the spatial variability of anchoveta in short periods of time in the restricted area between the latitudes 06° 00' and 11° 59' S.

The distribution of the Peruvian anchoveta is structured and spatially dependent, meaning it undergoes a continuous process with characteristics of autocorrelation and inter- and intra-seasonal distributional differences (Castillo *et al.*, 2015). This spatial variability in distribution is attributed to the dynamics of the cold waters of the NRHCS (Swartzman *et al.*, 2008; Bertrand *et al.*, 2011; Castillo *et al.*, 2018), implying that the ecological niche of the Peruvian anchoveta changes according to its developmental stages, which have different tolerances to environmental variables (Lujan, 2016). Meanwhile, its vertical distribution is constrained by the extent and depth of the epipelagic zone located above the minimum oxygen zone (MOZ) (Gutiérrez *et al.*, 2012).

The first fishing season for Peruvian anchoveta in 2022 was recommended following the results of the 2202-04 cruise, as described in the report titled *Status of the north-central stock of Peruvian anchoveta (Engraulis ringens) as of April 1 and prospects for exploitation for the first*

peruana (*Engraulis ringens*) al 01 de abril y perspectivas de explotación para la primera Temporada de pesca de 2022”, donde se describe los resultados del crucero 2202-04, tales como condiciones oceanográficas, distribución espacial y biomasa acústica, tallas de anchoveta, condiciones biológicas y tablas de decisión para la determinación del límite máximo total de captura permisible (LMTCP), para lo cual Produce determinó una cuota de 2.79 millones de toneladas en la región norte-centro (extremo norte del dominio marítimo del Perú y los 16° 00' S). Dicha temporada de pesca fue iniciada el 19 de mayo de 2022 con destino al consumo humano indirecto, mediante Resolución Ministerial N° 00167-2022 de Produce en el área marítima fuera de 9.26 km (cinco millas) de la línea de costa, solo entre: a) el extremo norte del dominio marítimo del Perú y 06° 00' S; y, b) al sur de la latitud 10° 59' S y 16° 00' S; teniendo en consideración que el Imarpe recomiende, entre otras, medidas de protección totales o parciales de la fracción juvenil, conclusión por haber alcanzado la cuota y/o por circunstancias ambientales o biológicas (Produce, 2022a, 2022b). Las zonas vedadas son cierres espacio-temporales con delimitaciones específicas en el mar los cuales se dan por motivos de alta incidencia de pesca de juveniles con ocurrencia de enmallamiento y estas zonas tienen el objetivo de reducir el impacto sobre la fracción juvenil del stock.

Por lo tanto, en el presente estudio se abordará solo el área restringida entre los entre los 06° 00' y 11° 59' S, esta área fue restringida a la flota industrial durante el vedada en el inicio de la primera temporada de pesca de 2022 por la alta incidencia de ejemplares juveniles. El estudio comprende cuatro actividades de investigación realizadas por el Imarpe entre febrero y junio de 2022, principalmente en la franja costera de 55.56 km (30 mn) del área restringida.

El registro de un alto porcentaje de juveniles requirió el monitoreo exhaustivo de los cambios oceanográficos a lo largo de la costa peruana (masas de agua, anomalías térmicas superficiales y producción primaria) a través de actividades de investigación continua, en diversos periodos de tiempo en la principal área histórica de pesca, y que podrían condicionar la redistribución espacial de la anchoveta. Asimismo, hacer un reconocimiento de la distribución de las distintas cohortes en toda el área en veda y tener elementos de juicio actualizados para adoptar las medidas de conservación pertinentes. La finalidad de los análisis en cada actividad fue observar la redistribución espacial de la anchoveta, mismos que permitieron proponer medidas adecuadas de gestión durante la temporada de pesca en el marco de su sostenibilidad pesquera.

fishing season of 2022. This report details the findings of the 2202-04 cruise, including oceanographic conditions, spatial distribution, and acoustic biomass, sizes, biological conditions, and decision tables for determining the maximum total allowable catch limit (MTACL). Consequently, Produce set a quota of 2.79 million tons in the *north-central region* (the north end of Peru's maritime domain and 16° 00' S). This fishing season, aimed at indirect human consumption, began on May 19, 2022, as per Ministerial Resolution N° 00167-2022 of Produce, in the maritime area outside the five-mile coastline, only between a) the north end of Peru's maritime domain and 06° 00' S and b) south of the 10° 59' S and 16° 00' S; all this, while considering Imarpe's recommendations, among others, regarding total or partial protection measures for the juvenile fraction, completion upon reaching the quota, and/or environmental or biological circumstances (Produce, 2022a, 2022b). *Closed zones* are spatial-temporal closures with specific delimitations at sea, implemented due to a high incidence of juvenile fish catch with occurrences of netting. These zones aim to reduce the impact on the juvenile fraction of the stock.

This study will focus only on the restricted area between 06° 00' and 11° 59' S. This area was restricted to the industrial fleet during the beginning of the first fishing season of 2022 due to the high incidence of juvenile specimens. Our work considers four research activities carried out by Imarpe between February and June 2022, mainly in the coastal strip of the 55.56 km (30 nm) of the restricted area.

Recording a high percentage of juveniles required exhaustive monitoring of oceanographic changes along the Peruvian coast (water masses, surface thermal anomalies, and primary production) through continuous research activities over various time periods in the main historical fishing area, which could condition the spatial redistribution of the anchoveta. Additionally, it involved recognizing the distribution of different cohorts throughout the entire closed area, as well as updated elements of judgment to adopt the relevant conservation measures. The purpose of the analyses in each activity was to observe the spatial redistribution of the anchoveta, which allowed proposing appropriate management measures during the fishing season while aiming for sustainable fishery.

MATERIALES Y METODOS

Actividades de investigación analizadas

Para este estudio fue analizada el área comprendida entre las latitudes 06° 00' y 11° 59' S (Punta La Negra-Callao) mediante las siguientes actividades de investigación (Figura 1):

- a. “*Crucero de evaluación hidroacústica de la anchoveta y otros recursos pelágicos 2202-04*” (Activ 1), realizado entre el 15 de febrero y el 09 de abril de 2022 con la participación del BIC Flores Portugal, L/P Imarpe IV y 05 embarcaciones industriales de la Sociedad Nacional de Pesquería (SNP) en forma permanente. Tuvo por finalidad determinar la biomasa, distribución y aspectos biológico-pesqueros del recurso anchoveta y otros pelágicos, en toda la costa marítima peruana hasta 148.16 km (80 mn).
- b. “*Operación Eureka LXXII*” (Activ 2), realizada entre el 24 y el 27 de abril de 2022, entre Paita-Chala hasta las hasta 129.64 km (70 mn) de la costa, y contó con la participación de 20 embarcaciones de mayor escala de la SNP. Tuvo por finalidad conocer la distribución, concentración y condiciones biológico-pesqueras de los recursos pelágicos, principalmente anchoveta (Produce, 2022c).
- c. “*Prospección biológica de la anchoveta*” (Activ 3), realizada en el área comprendida entre Punta Falsa-Huacho hasta las hasta 111.12 km (60 mn) de distancia a la costa, entre 11 y 19 de mayo de 2022 en el BIC Flores Portugal. Tuvo por finalidad actualizar la información sobre la distribución espacial y estructura de tallas de la anchoveta.
- d. “*Crucero de investigación de la merluza y anchoveta en la zona costera entre Callao y Punta Falsa 2205-06*” (Activ 4), hasta una distancia máxima de 111.12 km (60 mn) de la costa y realizada entre el 31 de mayo y el 15 de junio de 2022. Tuvo por finalidad actualizar la información sobre la distribución de la merluza y distribución, concentración y condiciones biológicas-pesqueras de la anchoveta.

Información acústica

Los datos acústicos fueron obtenidos de la ecosonda científica EK80 Simrad instalada en el BIC Flores Portugal con cuatro frecuencias de emisión de sonido (38, 70, 120 y 200 kHz). En la Activ. 1, la EP Andes 52 (SNP) cubrió una zona de los muestreos acústicos, usando una ecosonda científica portátil EK80 con tres frecuencias (38, 70 y 120 kHz). La calibración acústica fue realizada de acuerdo a la metodología del *International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Cooperative Research Report Nro 326* (Demer *et al.*, 2015), obteniéndose en todas las actividades un nivel “*muy aceptable*”

MATERIALS AND METHODS

Research activities analyzed

For this study, the area between the latitudes 06° 00' and 11° 59' S (Punta La Negra-Callao) was analyzed through the following research activities (Figure 1):

- a. *The Hydroacoustic evaluation cruise of the anchoveta and other pelagic resources 2202-04* (Activ 1), conducted from February 15 to April 9, 2022, with the permanent participation of the BIC Flores Portugal, L/P Imarpe IV, and five industrial vessels from the National Society of Fisheries (SNP). Its purpose was to determine the biomass, distribution, and biological-fishery aspects of anchoveta and other pelagic resources along the entire Peruvian maritime coast up to 148.16 km (80 nm).
- b. *Operation Eureka LXXII* (Activ 2), conducted between April 24 and 27, 2022, from Paita-Chala up to 129.64 km (70 nm) off the coast, which involved the participation of 20 larger-scale vessels from the SNP. Its purpose was to understand the distribution, concentration, and biological-fishery conditions of pelagic resources, primarily anchoveta (Produce, 2022C).
- c. *Biological prospecting of the anchoveta* (Activ 3), conducted in the area between Punta Falsa-Huacho up to 111.12 km (60 nm) from the coast from May 11 to 19, 2022, on the BIC Flores Portugal. The purpose was to update information on the spatial distribution and size structure of the anchoveta.
- d. *Research cruise for hake and anchoveta in the coastal zone between Callao and Punta Falsa 2205-06* (Activ 4), up to a maximum distance of 60 nm from the coast, conducted between May 31 and June 15, 2022. The purpose was to update the information on the distribution of hake and the distribution, concentration, and biological-fishery conditions of the anchoveta.

Acoustic information

Acoustic data were obtained from the scientific echosounder EK80 Simrad installed on the BIC Flores Portugal, with four sound emission frequencies (38, 70, 120, and 200 kHz). In Activ 1, the EP Andes 52 (SNP) covered an area for acoustic sampling, using an EK80 portable scientific echosounder with three frequencies (38, 70, and 120 kHz). Acoustic calibration was carried out according to the methodology of the *International Council for the Exploration of the Sea (ICES) Cooperative Research Report No. 326* (Demer *et al.*, 2015), achieving a ‘very acceptable’

de acuerdo con la escala establecida, con un valor de RMS menor de 0.2 dB para la frecuencia de 120 kHz (frecuencia utilizada para los análisis de la anchoveta). En el caso de la Activ. 2, las embarcaciones participantes tuvieron ecosondas semicientíficas ES70 y/o ES80 operando a una frecuencia de 120 kHz y ecosondas comerciales Furuno FCV.

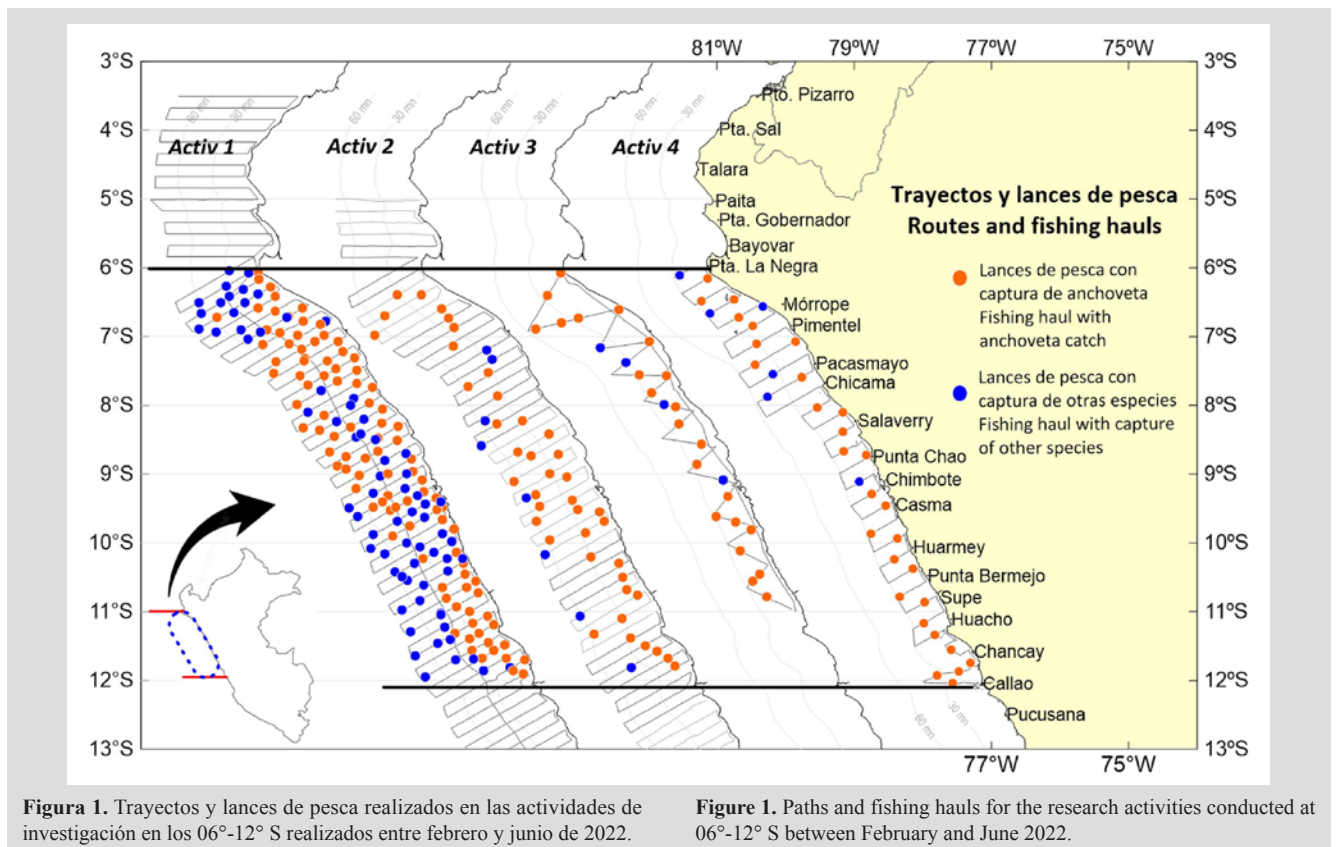
El diseño de muestreo acústico fue sistemático (trayectos paralelos), a excepción de la Activ. 3 que fue en zig-zag. La unidad de muestreo acústico o EDSU (Elementary Distance Sampling Unit) fue de 1.852 km (1 mn), en todas las actividades (Simmonds and MacLennan, 2005).

Para el análisis de identificación de cardúmenes fue realizado con el programa *Echoview* a través de análisis multifrecuencia, características de los ecotrazos y de los resultados de los lances de pesca, teniendo como resultado la distribución espacial del recurso mientras que para la estimación de biomasa de la anchoveta se utilizó solo la frecuencia de 120 kHz; los procedimientos se describen en Castillo *et al.* (2011). Los lances de pesca realizados por el BIC Flores Portugal del Imarpe fue a través de una red pelágica de media agua tipo Granton modelo 360/290 con abertura vertical de 8 m, mientras que las embarcaciones de la SNP utilizaron redes de cerco con tamaño de malla de 13 mm (Figura 1).

level in all activities according to the established scale, with an RMS value of less than 0.2 dB for the 120 kHz frequency (the frequency used for analyzing anchovetas). In the case of Activ 2, the participating vessels had ES70 and/or ES80 semi-scientific echosounders operating at a frequency of 120 kHz, as well as commercial Furuno FCV echosounders.

The acoustic sampling design was systematic (parallel transects), except in Activ 3, which had a zigzag design. The acoustic sampling unit, or EDSU (Elementary Distance Sampling Unit), was 1 nm for all activities (Simmonds and MacLennan, 2005).

The Echoview software was used for school identification through multifrequency analysis, the characteristics of the echo traces, and the results of fishing hauls, thus obtaining the spatial distribution of the resource. To estimate the biomass of anchoveta, only the 120 kHz frequency was used. The procedures followed in this regard are described in Castillo *et al.* (2011). The fishing hauls conducted by Imarpe's BIC Flores Portugal were carried out using a 360/290 Granton-type midwater pelagic net with an 8 m vertical opening. In contrast, the vessels of the SNP used purse seine nets with a mesh size of 13 mm (Figure 1).



La biomasa de anchoveta fue considerada solamente en las áreas isoparalitorales estimadas en la Activ. 4, que fueron comparadas con la Activ. 1.

Información biológica

Los muestreos biométricos fueron realizados a bordo de las embarcaciones utilizando un ictiómetro de aluminio con doble graduación, usando la medición al medio centímetro de la longitud total de la anchoveta. Los grupos de tallas registrados fueron pesados con una balanza digital (graduación al 0.1 g). Este tipo de muestreo está basado en un diseño aleatorio simple. La estructura por tamaños de anchoveta de cada actividad, correspondió a la sumatoria de la estructura por frecuencia de cada lance, ponderada mediante los parámetros de la relación longitud-peso a los valores de integración acústica descritas en Imarpe (2020). Finalmente, para una mejor separación de las estructuras de tallas se utilizó el método de Bhattacharya, mediante el programa FAO-ICLARM Stocks Assessment Tools (FiSAT) (Gayanilo *et al.*, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). Los parámetros de la relación longitud-peso (“a” y “b”), utilizada en la estimación de biomasa fueron derivados de las capturas obtenidas.

Información oceanográfica por imágenes de satélite

La información de satélite utilizada son promedios mensuales de: temperatura superficial del mar (TSM) de nivel L4 y resolución espacial de 5 km, que provienen del modelo OSTIA (*Operational Sea Surface Temperatura and Sea Ice Analysis*), utilizando datos *in situ* y satelitales de radiómetros infrarrojos y microondas, descritos en Quispe *et al.* (2019). La salinidad de la superficie del mar (SSM), también nivel L4 pero de resolución espacial de 9 km, fue obtenida del modelo HYCOM (*HYbrid Coordinate Ocean Model*). La clorofila-*a* de nivel L3 de 1 km proviene del sensor MODIS (*Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer*), descrito en Xu *et al.* (2021). Estos datos e imágenes fueron obtenidos de la página web del Área Funcional de Sensoramiento Remoto de la Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento y Artes de Pesca del Imarpe.

Análisis de la distribución en la zona investigada

En el gráfico de la distribución de la anchoveta en el área investigada para cada actividad fue agregada la inercia y el centro de gravedad del NASC (*Nautical Area Scattering Coefficient*). La inercia es una medida de dispersión de la población alrededor de su centro de gravedad, es decir, la distancia cuadrática media entre las detecciones de los peces. El NASC es un valor de cuantificación de la ecosonda

The biomass of anchoveta was considered only in the isoparalittoral areas estimated in Activ 4, which were compared against Activ 1.

Biological information

Biometric samplings were conducted aboard vessels using an aluminum ichthyometer with dual graduation, measuring the total length of the anchoveta to the nearest half centimeter. The recorded size groups were weighed with a digital scale (graduated to 0.1 g). This sampling had a simple random design. The size structure of anchoveta in each activity corresponded to the sum of the structure by the frequency of each haul, weighted by the parameters of the length-weight relationship to the values of acoustic integration as described in Imarpe (2020). Finally, for a better separation of the size structures, the Bhattacharya method was employed, by means of the FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) software (Gayanilo *et al.*, 1994; Salgado-Ugarte *et al.*, 2005). The parameters of the length-weight relationship (“a” and “b”) used in the biomass estimation were derived from the catches obtained.

Oceanographic information from satellite images

The satellite data used correspond to Level L4 Sea Surface Temperature (SST) monthly averages, with a spatial resolution of 5 km, derived from the OSTIA model (Operational Sea Surface Temperature and Sea Ice Analysis) using *in situ* and satellite data from infrared and microwave radiometers, as described in Quispe *et al.* (2019). The Sea Surface Salinity (SSS), also Level L4, albeit with a spatial resolution of 9 km, was obtained from the HYCOM model (HYbrid Coordinate Ocean Model). The chlorophyll-*a* data (Level L3) with a 1 km resolution come from the MODIS sensor (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer), as described in Xu *et al.* (2021). These data and images were obtained from the website of the Remote Sensing Functional Area of the General Directorate of Research in Hydroacoustics, Remote Sensing, and Fishing Gear of Imarpe.

Analysis of the distribution in the studied area

In the anchoveta distribution graph for each activity’s study area, the inertia and the center of gravity of the NASC (Nautical Area Scattering Coefficient) were added. Inertia is a measure of the dispersion of the population around its center of gravity, meaning the average quadratic distance between fish detections. The NASC is a quantification value of the echosounder expressed in $m^2 \text{ nm}^2$ and obtained by measuring the energy emitted by a target,

como consecuencia de la medida de la energía emitida por un objetivo, pez o banco expresado en $m^2 nm^{-2}$ (MacLennan *et al.*, 2002; Simmonds y MacLennan, 2005).

La formulación de la inercia y centro de gravedad esta descrita en Bez y Rivoirard (2001) y Woillez *et al.* (2007):

$$Inercia = \frac{\sum_{i=1}^N z_i \cdot (x_i - CG)^2}{\sum_{i=1}^N z_i}$$

$$CG = \frac{\int x z(x) dx}{\int z(x) dx}$$

Donde: Z_i es el valor NASC de la anchoveta, X_i es el punto en el espacio (latitud o longitud) de la muestra y CG es el centro de gravedad. La inercia está constituida por una elipse con un diámetro mayor (latitudinal) y un diámetro menor (longitudinal), es una medida de dispersión del conjunto de individuos respecto al centro de gravedad.

Con respecto a la distribución vertical de los cardúmenes de anchoveta, esta fue obtenida de las exportaciones de las regiones detectadas a través del programa *Echoview* y clasificadas de acuerdo con tres niveles de abundancia de la fuerza de retrodispersión de volumen (S_v), expresada en decibeles (dB) referido a $1 m^{-1}$, dada por la fórmula:

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

S_v es el coeficiente de retrodispersión de volumen (MacLennan *et al.*, 2002).

Los descriptores de los cardúmenes de anchoveta también fueron obtenidos con *Echoview*. Estos descriptores, descritos por Nero y Magnuson (1989), Weill *et al.* (1993), Scalabrin *et al.* (1996) y Diner (1998, 2001), son los siguientes:

1. *Profundidad media*: Es la profundidad promedio del cardumen en la columna de agua, expresada en metros.
2. S_v *mean*: Es la energía promedio o densidad media acústica producida por los píxeles que componen el cardumen, expresada en dB re $1 m^{-1}$.
3. S_v *max*: Es la energía máxima S_v del cardumen, expresada en dB re $1 m^{-1}$.
4. S_v *min*: Es la energía mínima S_v del cardumen, expresada en dB re $1 m^{-1}$.
5. *Asimetría*: Es el estadístico que usa para identificar si los datos de la energía acústica del cardumen se distribuyen de forma uniforme alrededor del punto central (media), expresada en dB re $1 m^{-1}$.

fish, or school (MacLennan *et al.*, 2002; Simmonds and MacLennan, 2005).

The formulation for inertia and the center of gravity is described in Bez and Rivoirard (2001) and Woillez *et al.* (2007):

$$Inertia = \frac{\sum_{i=1}^N z_i \cdot (x_i - CG)^2}{\sum_{i=1}^N z_i}$$

$$CG = \frac{\int x z(x) dx}{\int z(x) dx}$$

Where: z_i is the NASC value of the anchoveta, X_i is the point in space (latitude or longitude) of the sample, and CG is the center of gravity. Inertia is constituted by an ellipse with a major diameter (latitudinal) and a minor diameter (longitudinal), and it is a measure of the dispersion of the group of individuals with respect to the center of gravity.

The vertical distribution of anchoveta schools was obtained via *Echoview* from the exports of the studied regions and classified according to three levels of abundance of volume backscatter strength (S_v), expressed in decibels (dB) relative to $1 m^{-1}$, as given by the formula:

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

Where: S_v is the volume backscattering coefficient (MacLennan *et al.*, 2002).

The descriptors of anchoveta schools were also obtained with *Echoview*. These descriptors were described by Nero and Magnuson (1989), Weill *et al.* (1993), Scalabrin *et al.* (1996) and Diner (1998, 2001). They include the following:

1. *Mean depth* is the average depth of the school in the water column, expressed in meters.
2. S_v *mean* denotes the average energy or mean acoustic density produced by the pixels composing the school, expressed in dB re $1 m^{-1}$.
3. S_v *max* represents the maximum energy S_v of the school, expressed in dB re $1 m^{-1}$.
4. S_v *min* corresponds the minimum energy S_v of the school, expressed in dB re $1 m^{-1}$.
5. *Asymmetry*: This statistic is used to identify whether the acoustic energy data of the school are uniformly distributed around the central point (mean). It is expressed in dB re $1 m^{-1}$.

6. *Curtosis*: Es el estadístico que mide la concentración de los valores S_i , cerca de la media de la distribución formando un pico o por lo contrario una distribución alejada de la media mostrando una curva achatada formando colas, expresada en dB re 1 m⁻¹.
 7. *Altura media*: Es la altura promedio o medida de extensión de un cardumen a lo largo del eje del haz. La distancia media de las distancias superior e inferior a lo largo de cada ping que conforma el cardumen, es expresada en metros.
 8. *Longitud*: Es la medida del largo del cardumen o distancia horizontal desde el primer ping hasta el último ping del cardumen, expresado en metros.
 9. *Área*: Es el área del cardumen, expresado en metros cuadrados.
 10. *Volumen del cardumen X3D*: Es el estimado del volumen del cardumen, asumiendo una forma cilíndrica, expresada en metros cúbicos.
 11. *Perímetro*: Es el perímetro del cardumen, expresado en metros.
 12. *Elongación*: Es un índice de la relación del largo y el alto del cardumen.
 13. *Dimensión fractal*: es un índice de la complejidad de forma del cardumen, donde un valor de 1 representa un contorno liso o cuadrado y mayor de 2 un contorno muy complejo.
 14. *Circularidad*: Expresa la desviación de la forma de un círculo.
 15. *Rectangularidad*: Expresa la desviación de la forma de un rectángulo. Es un índice de la razón entre el área del rectángulo que podría ser formando por la altura y el largo del cardumen y el área observada del cardumen.
 16. *Image compactness*: Indicador de la tendencia a la forma redonda de un cardumen. Es un estadístico que mide la razón entre el perímetro al cuadrado y el área observada del cardumen. Un cardumen circular perfecto tiene un IC de 1.
6. *Kurtosis*: This statistic measures the concentration of S_i values near the mean of the distribution, forming a peak, or, conversely, a distribution far from the mean, showing a flattened curve forming tails. It is expressed in dB re 1 mm⁻¹.
 7. *Mean height*: The average height or measure of the extension of a school along the beam axis. The average distance of the upper and lower distances along each ping that makes up the school is expressed in meters.
 8. *Length*: The measure of the length of the school, or the horizontal distance from the first to the last ping of the school. It is expressed in meters.
 9. *Area*: The area of the school, expressed in square meters.
 10. *School volume X3D*: The estimated volume of the school, assuming a cylindrical shape, expressed in cubic meters.
 11. *Perimeter*: The perimeter of the school, expressed in meters.
 12. *Elongation*: An index of the relationship between the length and height of the school.
 13. *Fractal Dimension*: An index of the shape complexity of the school, where a value of 1 represents a smooth or square contour, and a value greater than 2 indicates a highly complex contour.
 14. *Circularity* expresses the deviation of the shape from a circle.
 15. *Rectangularity* expresses the deviation of the shape from a rectangle. It is an index of the ratio between the area of the rectangle that could be formed by the height and length of the school and the observed area of the school.
 16. *Image compactness* is an indicator of a school's tendency towards a round shape. It is a statistic that measures the ratio between the square of the perimeter and the observed area of the school. A perfectly circular school would have an image compactness (IC) value of 1.

Computer software

The generated graphics were created using the R version 4.2.0 (CITA) free software with RStudio version 2022.02.3. The packages used include *EchoviewR* (Harrison *et al.*, 2015) and *AcousticR* (Pozada, in preparation).

Programa informático

Los gráficos generados fueron realizados mediante el programa libre R versión 4.2.0 con el programa RStudio versión 2022.02.3. Fueron utilizados los paquetes: *EchoviewR* (Harrison *et al.*, 2015) y *AcousticR* (Pozada, en preparación).

RESULTADOS

Distribución espacial

En la primera actividad (Activ 1), la distribución de anchoveta en la franja costera de 55.56 km (30 mn) fue principalmente densa; es decir, tuvo un amplio porcentaje de área (70 %) de altas concentraciones de cardúmenes a lo largo de la costa, localizados entre Punta La Negra-Casma y Huarmey-Chancay. A nivel longitudinal, fue amplia encontrada hasta 150.01 km (81 mn) de distancia a la costa en la zona de Punta La Negra y entre Pacasmayo-Chimbote, y costera hasta 114.82 km (62 mn) de la costa entre Huarmey-Callao.

En la segunda actividad (Activ 2), las áreas densas de anchoveta disminuyeron en la franja costera de 55.56 km (30 mn), éstas áreas de alta concentración se encontraron hasta 129.64 km (70 mn) de la costa de Salaverry-Huarmey. También, fue encontrado a 129.64 km (70 mn) de distancia a la costa de Pimentel en concentraciones dispersas. En general, las altas concentraciones fueron registradas principalmente entre Punta La Negra-Huarmey.

En la tercera actividad (Activ 3), la disminución de las áreas densas o de alta concentración de los cardúmenes de anchoveta fue mayor en la franja costera de 55.56 km (30 mn), fueron registrados núcleos densos en: Punta La Negra, Pimentel, Pacasmayo-Punta Chao y Huarmey-Supe. Por la cobertura de investigación, es notorio que la distribución de anchoveta sería más amplia en esta zona. En la cuarta actividad (Activ 4), se encontró la misma característica de la distribución de la anchoveta en la franja costera de 55.56 km (30 mn); es decir, con diversos núcleos de alta concentración distribuidos en Punta La Negra, Pimentel, Chicama, Salaverry-Punta Chao, Chimbote-Casma, Huarmey-Punta Bermejo y Huacho-Callao. También, por la cobertura de investigación la distribución de anchoveta sería más amplia en esta área.

En estas actividades de investigación fue observada la distribución continua de la anchoveta a lo largo de la costa en la zona evaluada, notándose similares características de amplias áreas de alta concentración en las actividades 1 y 2, y de reducidas concentraciones de áreas densas en las actividades 3 y 4, como consecuencia de la dispersión en estos meses del año. Con respecto a la inercia, que es una medida de dispersión de los datos ponderados de eointegración, el diámetro longitudinal de la elipse fue más angosto en las actividades 3 y 4, debido a la cobertura de investigación; mientras que, el centro de gravedad se mantuvo en la zona central de Punta Chao (08° 46' S) (Figura 2).

RESULTS

Spatial distribution

In the first activity (Activ 1), the distribution of anchoveta along the 55.56 km (30 nm) coastal strip was primarily dense, *i.e.*, there was a large percentage of the area (70 %) with high concentrations of schools along the coast, located between Punta La Negra-Casma and Huarmey-Chancay. Longitudinally, the distribution was broad (found up to 150.01 km (81 nm) from the coast in the Punta La Negra area and between Pacasmayo-Chimbote) and coastal (up to 114.82 km (62 nm) from the coast between Huarmey-Callao).

In the second activity (Activ 2), the dense areas of anchoveta decreased along the 55.56 km (30 nm) coastal strip. High concentration areas were found up to 129.64 km (70 nm) off the coast from Salaverry-Huarmey. Furthermore, anchoveta was found in scattered concentrations 129.64 km (70 nm) off the coast of Pimentel. In general, high concentrations were primarily recorded between Punta La Negra-Huarmey.

In the third activity (Activ 3), there was a greater decrease in the dense or high concentration areas along the 55.56 km (30 nm) coastal strip. Dense clusters were recorded at Punta La Negra, Pimentel, Pacasmayo-Punta Chao, and Huarmey-Supe. Given the coverage of this research, it is notable that the distribution of anchoveta would be more extensive in this area. In the fourth activity (Activ 4), the same characteristics were found regarding anchoveta distribution along the 55.56 km (30 nm) coastal strip, *i.e.*, with various high concentration cores distributed at Punta La Negra, Pimentel, Chicama, Salaverry-Punta Chao, Chimbote-Casma, Huarmey-Punta Bermejo, and Huacho-Callao. Moreover, due to the research coverage, the distribution of anchoveta would be more extensive in this area.

In these research activities, a continuous distribution of anchoveta was observed along the coast in the evaluated area, showing similar characteristics in the form of extensive areas with high concentrations in activities 1 and 2 and reduced dense area concentrations in activities 3 and 4, as a result of dispersion during these months of the year.

Regarding inertia, which is a measure of dispersion of the weighted eco-integration data, the longitudinal diameter of the ellipse was narrower in activities 3 and 4, due to the coverage of the research. Meanwhile, the center of gravity remained in the central zone of Punta Chao (08° 46' S) (Figure 2).

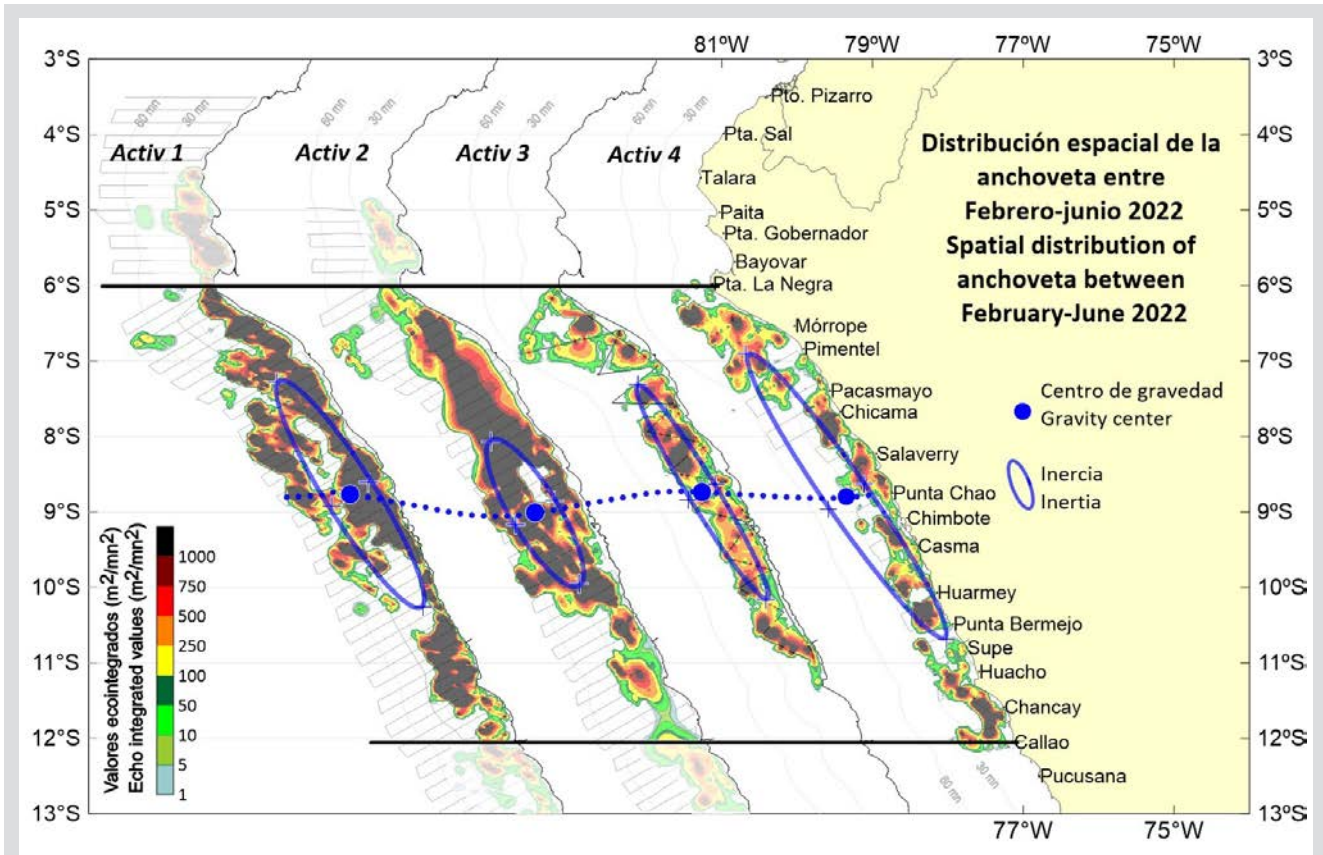


Figura 2. Centro de gravedad e inercia de la distribución espacial de la anchoveta en las actividades de investigación realizadas entre febrero y junio del 2022.

Figure 2. Center of gravity and inertia of the spatial distribution of anchovy in the research activities conducted between February and June 2022.

Distribución vertical

Normalmente, la anchoveta habita en la capa superficial del mar, hasta 80 m de profundidad. En la Activ 1 se encontró entre 1.3 y 48.5 m de profundidad con una media en 8.6 m; en la Activ 2 se detectó entre 1.1 y 43.1 m, con una media en 8.7 m; en la Activ 3 fue registrada entre 1.3 y 49.0 m, con una media en 12.3 m, y en la Activ 4 se encontró a la mayor profundidad registrada, entre 1.3 y 81.36 m, con una media en 16.4 m, los cardúmenes más profundos fueron encontrados en los 07° S. En las Activ 1 y 2, se visualiza una mayor abundancia con un predominio de valores S_v entre -43 y -35 dB considerados como “Muy denso” de S_v ; mientras que, en las Activ 3 y 4 predominaron los valores de S_v entre -65 y -55 dB considerados como “Disperso” (Figura 3).

Características de los cardúmenes

El descriptor posicional profundidad media mostró que la anchoveta se ha mantenido en la capa superficial de 81 m. En los primeros meses del año se registró en la capa superficial de 49 m y entre junio-julio 2022 (Activ 4) a mayores profundidades.

Vertical distribution

Anchovetas typically inhabit the surface layer of the sea, down to 80 m in depth. In Activ 1, they were found between 1.3 and 48.5 m deep, with an average of 8.6 m. In Activ 2, they were detected between 1.1 and 43.1 m deep, with an average of 8.7 m. In Activ 3, they were recorded between 1.3 and 49.0 m deep, with an average of 12.3 m. Finally, in Activ 4, they were found at a greater recorded depth, *i.e.*, between 1.3 and 81.36 m deep, with an average of 16.4 m. The deepest schools were found at 07° S. In Activ 1 and 2, a higher abundance was observed, with a predominance of S_v values between -43 and -35 dB, which was deemed ‘very dense’, whereas, in Activ 3 and 4, the predominant S_v values were between -65 and -55 dB, regarded as ‘disperse’ (Figure 3).

Characteristics of the schools

The mean depth positional descriptor showed that anchovetas have remained in the surface layer (down to 81 m). In the first months of the year, they were recorded in the surface layer down to 49 m, and between June and July 2022 (Activ 4), they were found at greater depths.

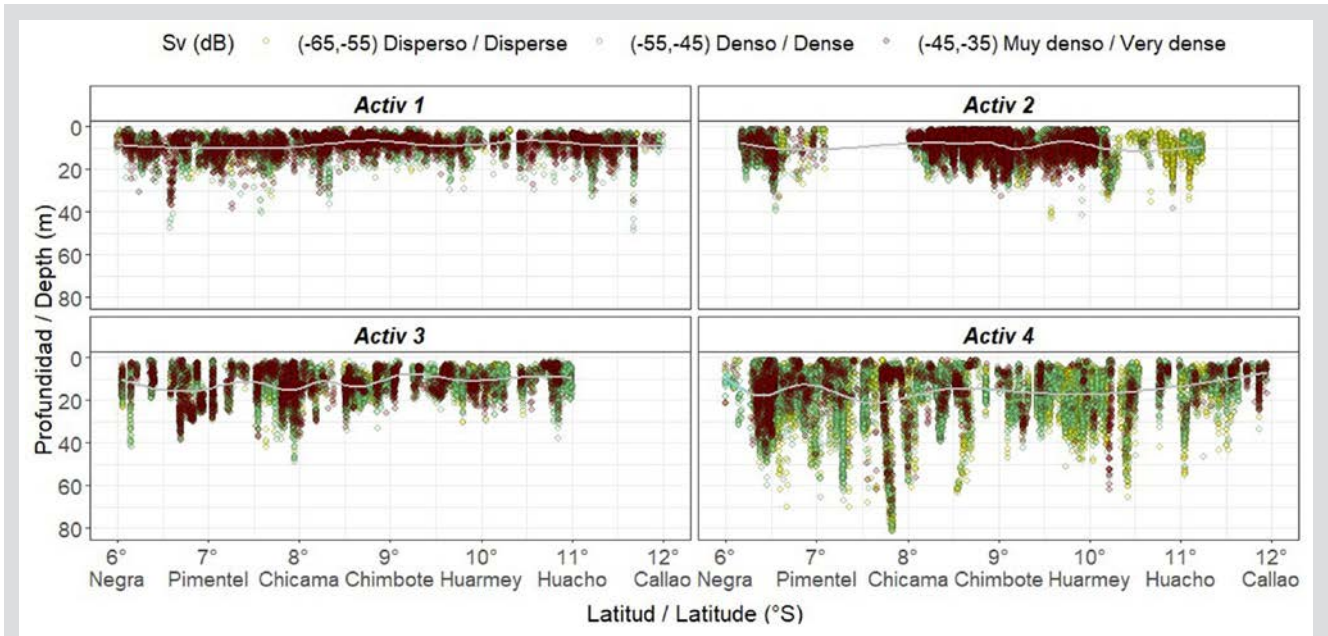


Figura 3. Distribución vertical de los cardúmenes de anchoveta por grado de latitud clasificado por niveles de abundancia en las actividades comprendidas entre febrero-junio 2022. La línea suavizada de color gris indica el promedio de la distribución vertical. En el caso de la Activ 2 (Operación Eureka) entre los grados 07°-08° S y 11°-12° S las embarcaciones que participaron en estas zonas no tuvieron ecosondas digitales.

Figure 3. Vertical distribution of anchoveta schools by degree of latitude, classified by levels of abundance in the activities conducted from February to June 2022. The smoothed gray line indicates the average of the vertical distribution. In the case of Activ 2 (Operation Eureka) between 07°-08° S and 11°-12° S, the vessels that operated in these areas did not have digital echo sounders.

Los descriptores energéticos como S_v , *medio*, *asimiteia* y *curtosis* fueron mayores en la Activ 1 (-49.0, 3.0 y 13.7, respectivamente) debido a la mayor concentración de individuos en el cardumen o densidad que normalmente ocurre en el verano, generando mayores capacidades reflectivas o energéticas comparadas con el invierno, en las cuales los cardúmenes no son tan compactos, como los observados en los resultados principalmente en la Activ 3 (-50.7, 2.6 y 13.3, respectivamente) y Activ 4 (-53.6, 2.5 y 12.0, respectivamente). En los descriptores morfométricos, también hubo diferencias en la estructura dimensional de los cardúmenes de anchoveta entre las Activ 1 y Activ 4, que fueron los extremos (finales de verano y otoño, respectivamente). Los descriptores *longitud*, *área*, *volumen del cardumen* y *perímetro* tuvieron mayores valores en la Activ 1 (63.8, 109.3, 185.8 y 333.3, respectivamente) con respecto a la Activ 4 (22.7, 54.1, 163.4 y 153.0, respectivamente), debido normalmente a que en el verano se genera la formación de mayores concentraciones y extensiones de los cardúmenes, cerca de la costa por el repliegue hacia la costa de las aguas costeras frías; mientras que, en el otoño e invierno los cardúmenes se dispersan y se alejan de la costa. En el caso de la variable *Height mean*, los valores promedio para cada actividad fueron similares, lo que indica que la altura del

The energy descriptors, *i.e.*, *mean S_v* , *asymmetry*, and *kurtosis*, were higher in Activ 1 (-49.0, 3.0, and 13.7, respectively) due to the higher concentration of individuals in the school or the density that typically occurs during the summer, generating higher reflective or energy capacities compared to winter, when the schools are not as compact, as observed in the results, mainly in Activ 3 (-50.7, 2.6, and 13.3, respectively) and Activ 4 (-53.6, 2.5, and 12.0, respectively). In the morphometric descriptors, there were also differences regarding the dimensional structure of anchoveta schools between Activ 1 and 4, which represented the extremes (the end of summer and autumn, respectively). The descriptors for length, area, school volume, and perimeter showed higher values in Activ 1 (63.8, 109.3, 185.8, and 333.3, respectively) in comparison with Activ 4 (22.7, 54.1, 163.4, and 153.0, respectively) typically because, in summer, there is a formation of larger concentrations and extensions of schools near the coast, due to the retreat of cold coastal waters towards the coast. In autumn and winter, however, the schools disperse and move away from the coast. For the mean height variable, the average values for each activity were similar, indicating that the average height of the school showed no significant differences. The elongation, rectangularity, and image

cardumen en promedio no tuvo diferencias significativas. Con respecto a los descriptores *Elongation*, *Rectangularity* e *Image compactness* también fueron mayores en la Activ 1 (23.3, 2.7 y 102.5, respectivamente) con respecto a la Activ 4 (8.5, 2.4 y 50.9, respectivamente). Los coeficientes de variación (CV) de los descriptores acústicos también mostraron una alta dispersión estadística de los datos en la Activ 4, debido a la mayor variabilidad de los cardúmenes en cuanto a sus dimensiones (Tabla 1).

compactness descriptors were also higher in Activ 1 (23.3, 2.7, and 102.5, respectively) compared to Activ 4 (8.5, 2.4, and 50.9, respectively). The coefficients of variation (CV) of the acoustic descriptors also showed a high statistical dispersion of data in Activ 4 due to the greater variability of the schools in terms of their dimensions (Table 1).

Tabla 1. Medidas de dispersión estadística de los descriptores acústicos de los cardúmenes de anchoveta en las actividades de investigación realizadas entre febrero-junio del 2022. CV es el coeficiente de variación.

Table 1. Statistical dispersion measures of the anchoveta schools' acoustic descriptors for the research activities conducted between February and June 2022. CV denotes the coefficient of variation.

#	Descriptores / Descriptors	Activ 1			Activ 2			Activ 3			Activ 4		
		Min/Max	Prom / Mean	CV	Min /Max	Prom / Mean	CV	Min /Max	Prom / Mean	CV	Min /Max	Prom / Mean	CV
Posicional / Positional													
1	Profundidad media / Average depth	1.3 / 48.5	8.6	0.5	1.1 / 43.1	8.7	0.6	1.3 / 49.0	12.3	0.5	1.3 / 81.36	16.4	0.7
Energéticos / Energetics													
2	Sv promedio / Sv mean	-65.5 / -36.5	-49.0	-0.1	-84.8 / -31.7	-50.6	-0.2	-67.9 / -31.4	-50.7	-0.1	-67.9 / -34.4	-53.6	-0.1
3	Sv max	-62 / -30.2	-39.5	-0.1	-80 / -25.6	-43.2	-0.2	-63.2 / -25.0	-42.2	-0.2	-64.8 / -26.62	-45.4	-0.2
4	Sv min	-67.9 / -46.9	-65.8	-0.1	-84.9 / -41.9	-63.0	-0.1	-67.9 / -47.0	-64.8	-0.1	-67.9 / -41.77	-66.0	0.0
5	Asimetría / Asymmetry	-0.8 / 24.9	3.0	0.6	-1.4 / 36.6	2.4	0.8	-0.6 / 30.5	2.6	0.8	-1.2 / 56.7	2.5	0.8
6	Curtosis / Kurtosis	-1.7 / 917.3	13.7	1.9	-2.1 / 1553.8	10.6	3.2	-1.9 / 1503.6	13.3	3.4	-1.8 / 4057.5	12.0	4.2
Morfométricos / Morphometrics													
7	Altura media / Average height	0.1 / 17.3	1.3	0.8	0.2 / 21.6	1.1	0.9	0.1 / 22	1.3	0.9	0.2 / 22.6	1.4	1.0
8	Longitud / Length	0.6 / 3229.1	63.8	1.7	1.1 / 6638.1	26.4	3.2	1 / 2506	27.2	2.6	1 / 4073.3	22.7	3.3
9	Area	0.1 / 18858.2	109.3	4.1	1 / 27038.2	47.4	7.1	1 / 8269.8	58.0	5.0	1 / 15134.3	54.1	6.7
10	Volumen del cardumen / Shoal volume (X3D)	0 / 136010.3	185.8	11.8	0.1 / 84520.8	112.3	11.5	0.1 / 72638.0	151.9	9.1	0.1 / 142075.0	163.4	12.8
11	Perímetro / Perimeter	4.6 / 27286.7	333.3	2.4	3.6 / 36389.2	131.6	4.1	3.8 / 15975.7	16.8	3.3	4.3 / 33463.6	153.0	4.6
12	Elongación / Elongation	0.3 / 236	23.3	0.7	0.2 / 799.3	9.8	1.1	0.3 / 209.8	9.5	1.0	0.1 / 539.6	8.5	1.2
13	Dimensión fractal / Fractal dimension	-57.2 / 400.7	2.3	2.2	-0.5 / 280.4	2.9	1.7	-1.7 / 1862.3	3.2	5.8	1 / 5354.6	3.7	11.9
14	Circularidad / Circularity	0 / 0.4	0.0	1.0	0 / 1.2	0.1	1.1	0 / 1.1	0.1	1.2	0 / 0.8	0.1	1.1
15	Rectangularidad / Rectangularity	1 / 14.5	2.7	0.3	1 / 9.4	2.6	0.4	0.9 / 17.6	2.5	0.5	1 / 16.0	2.4	0.4
16	Compactación de imagen / Image compaction	2.4 / 4538.0	102.5	1.7	0.7 / 36673.5	42.8	6.6	0.8 / 5321.3	53.3	2.5	1.2 / 19863.1	50.9	4.2

Estructura de tallas

En general, en el primer semestre de 2022 la anchoveta presentó una amplia distribución espacial en la región norte-centro, principalmente entre Paita-Bahía Independencia dentro de 111.12 km (60 mn) de la costa, encontrándose grupos modales principalmente de individuos juveniles (< 12.0 cm de longitud total-LT); así como, una superposición de ejemplares adultos y juveniles. Se encontró que en la zona de la Activ 1 se observó 89 % de la biomasa total de la región norte-centro del litoral peruano; la anchoveta presentó un rango de tallas de 4.5 a 16.5 cm de LT, con presencia de tres grupos modales, teniendo como principal el de 8.5 cm de LT, y secundarios en 6.5 y 12.5 cm de LT. Ante esta situación, se recomendó el aplazamiento del inicio de la primera temporada de pesca de anchoveta de 2022 en la región norte-centro y la realización de una prospección para observar algún cambio en la distribución y comportamiento del recurso.

En la Activ 2, se observó el crecimiento somático de los grupos modales observados en la Activ 1. El grupo modal principal fue de 10.0 cm de LT y los grupos secundarios en 8.0 cm y 13.0 cm de LT; además de evidenciar un núcleo en 11.5 cm que posiblemente correspondió a una fracción traslapada en el grupo principal de 8.00 cm de LT registrado en la Activ 1, con moda en 10.0 cm de LT.

En la Activ 3, también fue registrado el crecimiento de los grupos modales, observándose una moda principal en 9.5 cm de LT correspondiente al crecimiento de grupo modal de 8.0 cm registrado en la Activ 2, y como grupos secundarios 12.0 cm y 13.5 cm de LT. Igualmente se detectó el ingreso de una nueva cohorte de 7.0 cm de LT proveniente de la prolongación del desove de verano del 2022. En la Activ 4, se evidenció un amplio rango de tallas, con tres grupos modales bien definidos, registrando el crecimiento de la nueva cohorte a 8.5 cm de LT, del grupo modal principal de la prospección a 10.5 cm de LT y de la moda secundaria de 12.0 y 12.5 cm de LT. En las cuatro (4) actividades de investigación se registró la superposición de individuos juveniles y adultos, comportamiento que se continuó hasta finalizar la primera temporada de pesca de anchoveta del 2022 (Figura 4).

Comparación de la biomasa de la anchoveta

El comportamiento estacional de la anchoveta fue reflejado en su biomasa en la zona costera. Las abundancias disminuyeron en las áreas isoparalitorales costeras con respecto a la Activ 1; en las que se obtuvieron el 60.46 % de la biomasa total en la franja costera de 37.04 km (20 mn)

Size structure

In general, in the first half of 2022, the anchoveta showed a broad spatial distribution in the north-central region, mainly between Paita and Bahía Independencia within 60 nm of the coast, with modal groups primarily of juvenile individuals (< 12.0 cm in total length, TL) and an overlap of adult and juvenile specimens. It was found that, in the area of Activ 1, 89 % of the total biomass of the north-central Peruvian littoral region was observed. The anchovetas exhibited a size range of 4.5 to 16.5 cm TL, with the presence of three modal groups, the main one being 8.5 cm TL and the secondary ones at 6.5 and 12.5 cm TL. In light of the above, it was recommended that the start of the first anchoveta fishing season of 2022 be postponed in the north-central region and that a survey be conducted to observe any changes in the distribution and behavior of the resource.

In Activ 2, somatic growth was noted in the modal groups observed in Activ 1. The main modal group was at 10.0 cm TL, with secondary groups at 8.0 cm and 13.0 cm TL. Additionally, a nucleus at 11.5 cm was observed, which likely corresponded to a fraction overlapped in the main 8.00 cm TL group recorded in Activ 1, with a mode at 10.0 cm TL.

In Activ 3, there was also a recorded growth in the modal groups, with a main mode observed at 9.5 cm TL, corresponding to the modal group growth of 8.0 cm recorded in Activ 2, as well as secondary groups at 12.0 cm and 13.5 cm TL. Additionally, the entry of a new 7.0 cm TL cohort was noted, which stemmed from the extended spawning period of summer 2022. In Activ 4, a wide range of sizes was observed, with three well-defined modal groups. The growth of the new cohort to 8.5 cm TL, the main modal group from the survey to 10.5 cm TL, and the secondary mode at 12.0 and 12.5 cm TL were recorded. In the four research activities, an overlap of juvenile and adult individuals was recorded. This behavior continued until the end of the first anchoveta fishing season of 2022 (Figure 4).

Comparison of anchoveta biomass

The seasonal behavior of the anchoveta was reflected in its biomass in the coastal area. The abundances decreased in the coastal isoparalittoral areas when compared to Activ 1, where 60.46 % of the total biomass was obtained in the 20 nm coastal strip (total biomass estimated at 10.2 million tons). In Activ 1, a biomass of 6.86 million tons was estimated only in the studied isoparalittoral areas,

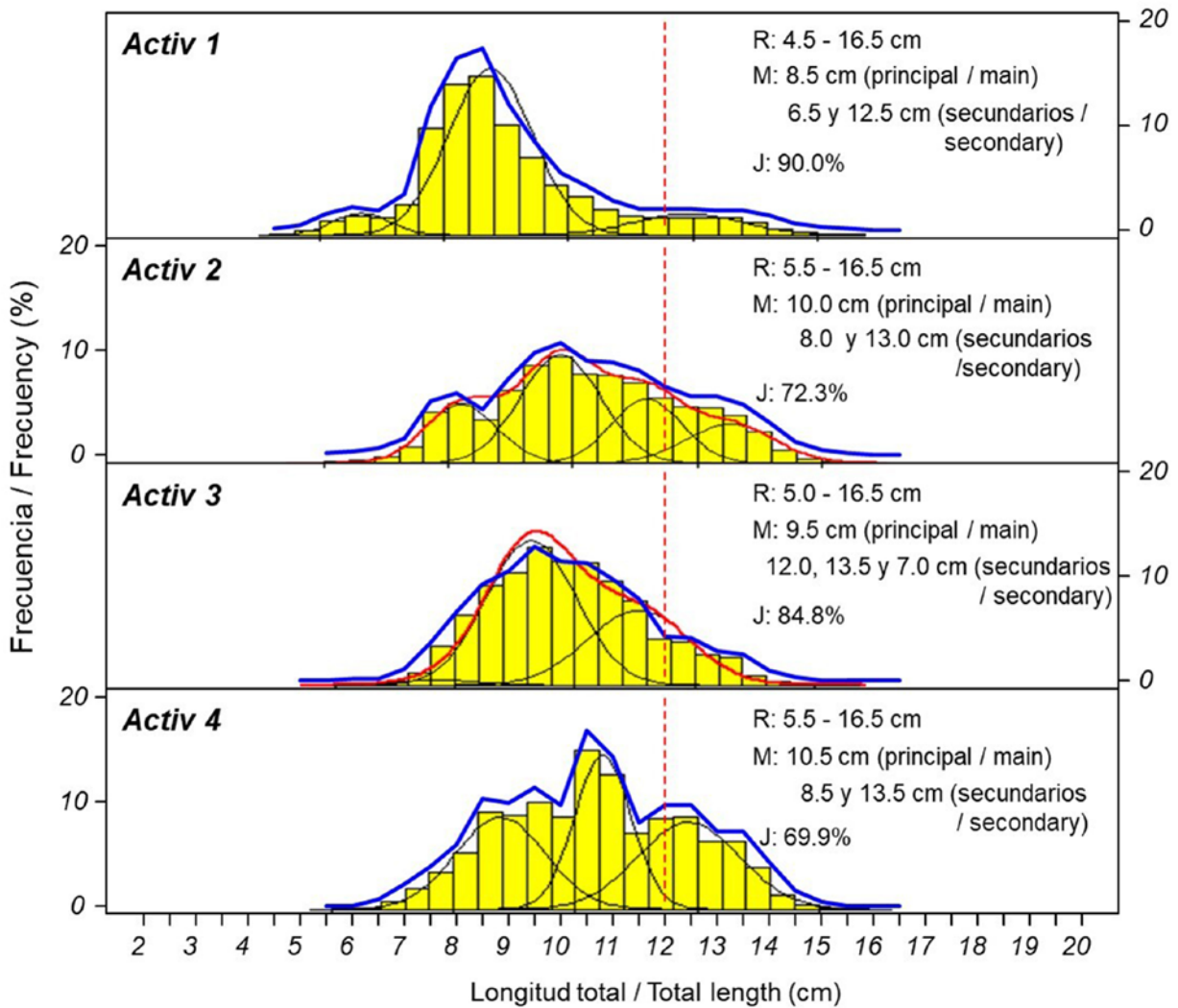


Figura 4. Estructura de tallas de anchoveta observadas en las actividades científicas desarrolladas en el primer semestre del 2022. R: rango, M: moda y J: juveniles. La línea azul representa a las estructuras obtenidas en cada actividad y la línea roja continua la estructura de tallas calculadas con el programa FiSAT. La línea punteada roja indica 12 cm, que es la que divide la anchoveta juvenil y adulta.

Figure 4. Size structure of anchoveta observed in the scientific activities conducted in the first half of 2022. R: range, M: mode, and J: juveniles. The blue line represents the structures obtained in each activity, and the continuous red line is the size structure calculated with the FiSAT software. The dotted red line indicates 12 cm, which is the threshold dividing juvenile and adult anchovetas.

(biomasa total estimada en 10.2 millones de toneladas). En la Activ 1, fue estimada una biomasa de 6.86 millones de toneladas solamente en las áreas isoparalitorales investigadas; mientras que en la Activ 4 fue estimada en total 3 millones de toneladas, en las mismas áreas isoparalitorales. (Figura 5). Esta reducción correspondió a 43.80 %, de lo encontrado en la Activ 1, siendo entre los 09° 30' y 10° 00' S la biomasa más baja con 17.85 % obtenida en la Activ 4; que indicó, una disminución de la abundancia por la migración de la anchoveta hacia áreas alejadas de la costa y hacia el sur, por el incremento de la biomasa obtenida entre 11° 30' y 12° 00' S con 176.88 %.

whereas, in Activ 4, a total of 3 million tons was estimated for the same areas (Figure 5). This reduction corresponds to 43.80 % of what was found in Activ 1. The lowest biomass, at 17.85 %, was recorded between 09° 30' and 10° 00' S in Activ 4. This indicated a decrease in abundance due to the migration of anchoveta away from the coast and southwards, because of the increase in biomass obtained between 11° 30' and 12° 00' S, with 176.88 %.

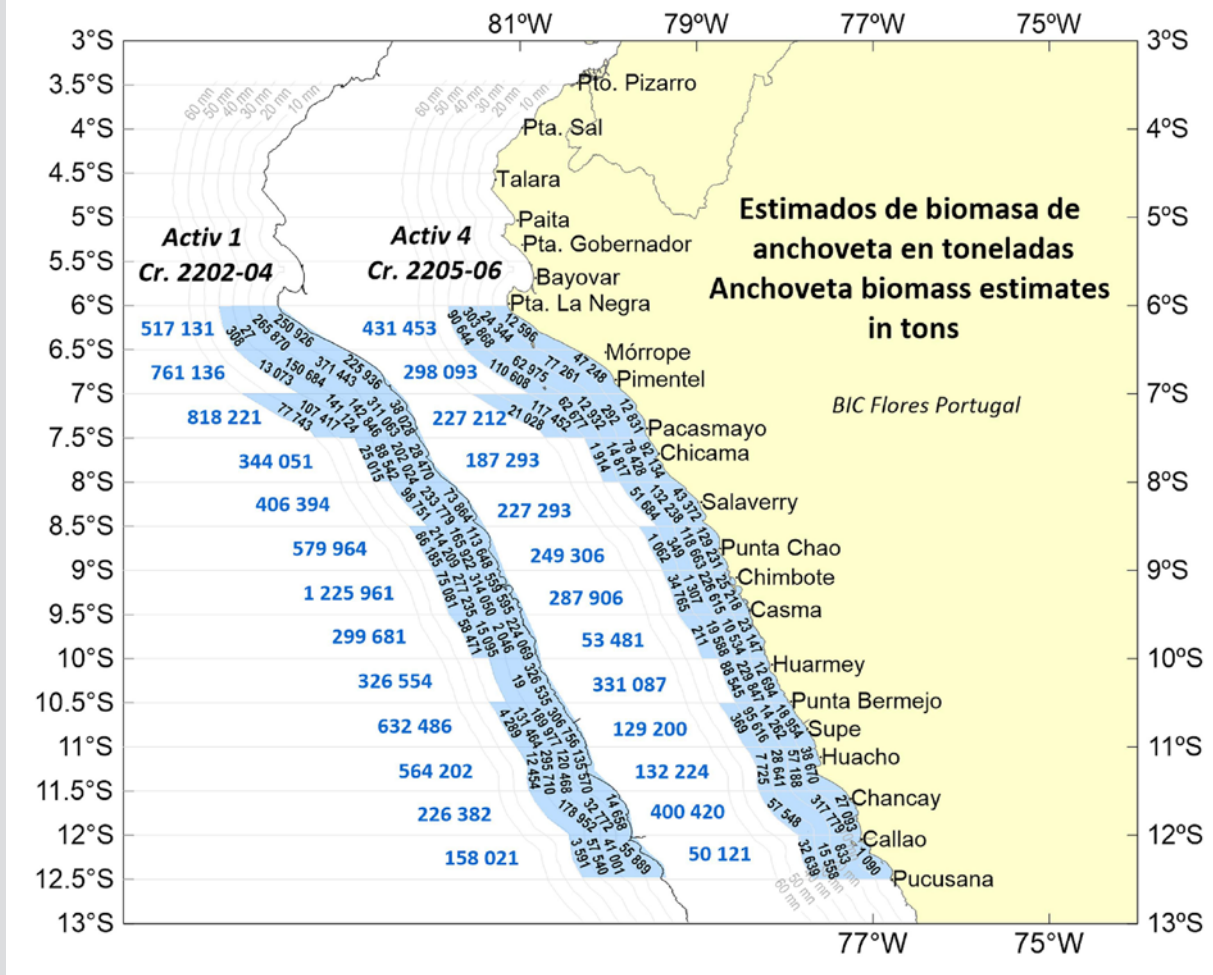


Figura 5. Comparación de los estimados de biomasa de anchoveta para cada área isoparalitoral determinados en la Activ. 1 y en la Activ. 4, entre febrero y junio de 2022. Se muestran las biomazas por cada área isoparalitoral que fueron muestreadas por ambas actividades (1 y 4) y la sumatoria de biomasa por cada medio grado de latitud.

Figure 5. Comparison of estimated anchoveta biomass for each isoparallittoral area determined in Activ 1 and 4 between February and June 2022. The figure displays the biomasses for each isoparallittoral area sampled in both activities and the cumulative biomass for each half degree of latitude.

Condiciones oceanográficas superficiales

Las variables ambientales de TSM, SSM y clorofila-*a*, durante los meses de febrero a junio de 2022, mostraron condiciones frías que se mantuvieron, produciendo el estado “Alerta de La Niña Costera”, de acuerdo a los comunicados del ENFEN (Estudio Nacional del Fenómeno El Niño). La TSM se encontró por debajo de los valores normales, al sur de Punta La Negra (06° 00’ S) entre los meses de febrero-marzo mostraron valores entre 18 y 24 °C, obteniéndose anomalías de TSM hasta -2 °C; posteriormente, entre los meses de abril-junio se obtuvieron valores entre 16 y 20 °C, la anomalía de TSM mostró continuidad de un escenario frío con mayor intensidad entre los 04° y 12° S (-1.0 a 3.5 °C). Estas condiciones frías fueron intensificándose paulatinamente en los meses analizados.

Surface oceanographic conditions

The SST, SSS, and chlorophyll-*a* from February to June 2022 indicated cold conditions that persisted, leading to a La Niña Coastal Alert, according to reports from ENFEN (National Study of El Niño Phenomenon). The SST was found to be below normal values south of Punta La Negra (06° 00’ S) between February and March, ranging between 18 and 24 °C, implying SST anomalies of up to -2 °C. Subsequently, between April and June, the values ranged between 16 and 20 °C, and the SST anomaly continued to indicate a colder scenario, with greater intensity between 04° and 12° S (-1.0 to 3.5 °C). These cold conditions gradually intensified over the months analyzed.

La SSM entre los meses febrero-marzo se mantuvo el predominio de las aguas costeras frías (ACF) dentro de las 111.12 km (60 mn) de a costa y alejada de la costa se observó un acercamiento de las aguas subtropicales superficiales (ASS) en la zona central; en los meses siguientes, se observó una disminución paulatina de la cobertura de las ACF, que generó una mayor presencia de aguas de mezcla con las ASS, las cuales presentaron un mayor acercamiento hacia la costa entre Chimbote-Callao, con valores mayores a 35.1.

En cuanto a la productividad marina, la concentración de clorofila-*a* indicador de la producción de fitoplancton, en los meses de febrero y marzo entre los 07° y 14° S presentó concentraciones que variaron entre 2.0 a 25.0 mg.m⁻³ siendo mayores a su patrón climatológico; posteriormente, en los meses siguientes estos valores fueron decreciendo hasta registrarse en junio entre 1 y 3 mg.m⁻³, con algunos núcleos de mayores concentraciones en el sur hasta 10 mg.m⁻³ (Callao-Pisco y Atico-Ilo). Para la franja costera de 100 km la concentración promedio de clorofila-*a* desde febrero a junio de 2022 en la zona estudiada tendió a disminuir variando ligeramente por debajo de su patrón climatológico (Figura 6).

The SSS from February to March showed a predominance of cold coastal waters (CCW) within 60 nm of the coast. Further away from the coast, there was a noticeable approach of surface subtropical waters (SSW) in the central area. In the following months, there was a gradual decrease in the coverage of the CCW, leading to a greater presence of waters mixed with the SSW, which showed an increased proximity to the coast between Chimbote and Callao, with values exceeding 35.1.

Regarding marine productivity, the chlorophyll-*a* concentration, an indicator of phytoplankton production, showed variations between February and March in 07-14° S, ranging from 2.0 to 25.0 mg/m³, which were higher than the climatological pattern. Subsequently, in the following months, these values decreased, reaching between 1 and 3 mg/m³ in June, with some areas of higher concentration (up to 10 mg/m³) in the south (Callao-Pisco and Atico-Ilo). For the 100 km coastal strip, the average concentration of chlorophyll-*a* from February to June 2022 tended to decrease in the studied area, slightly varying below its climatological pattern (Figure 6).

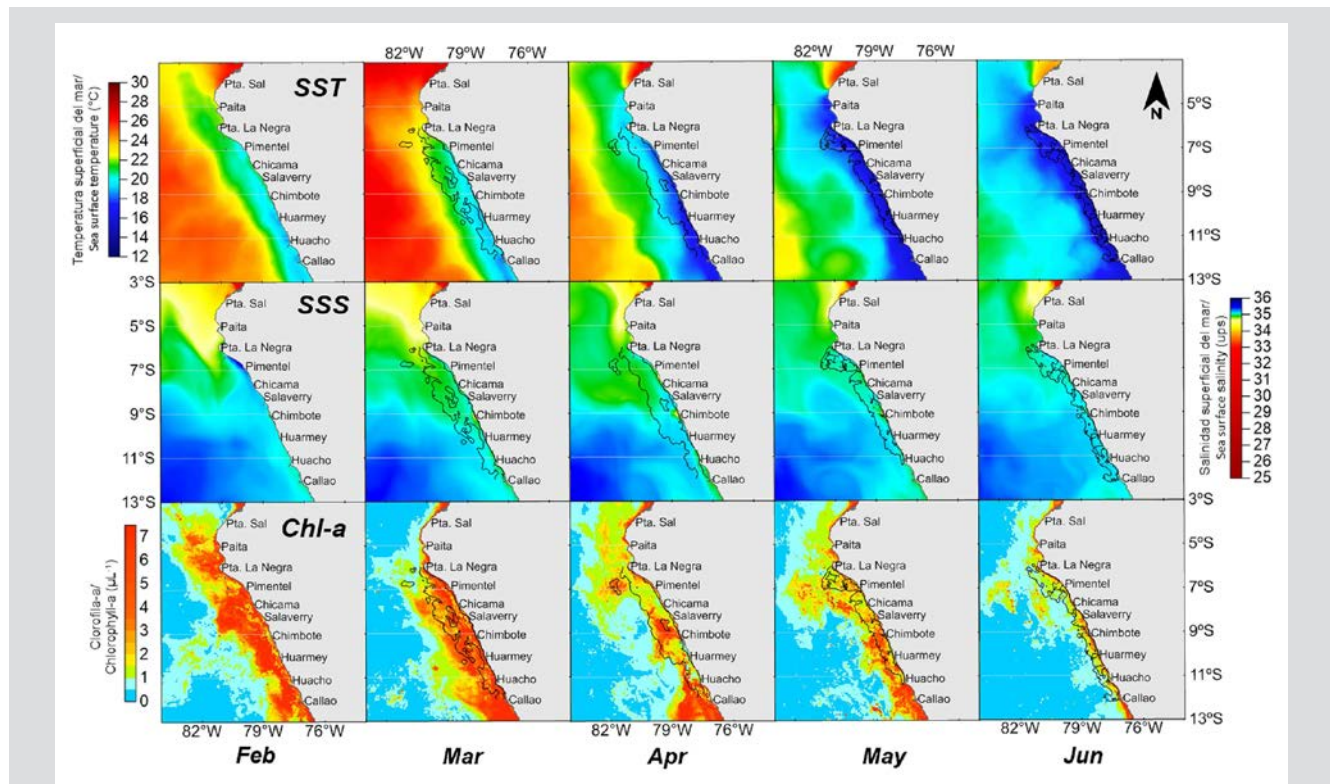


Figura 6. Distribución mensual de la temperatura superficial del mar (SST en °C), salinidad superficial del mar (SSS) y clorofila-*a* superficial (Chl-*a* en mg.m⁻³) de febrero a junio de 2022. La línea negra es el contorno de la distribución de la anchoveta encontrada en la actividad correspondiente al mes realizado.

Figure 6. Monthly distribution of sea surface temperature (SST in °C), sea surface salinity (SSS), and surface chlorophyll-*a* concentration (Chl-*a* in mg.m³) from February to June 2022. The black line outlines the distribution of anchovy found per month.

DISCUSIÓN

Chirichigno y Vélez (1998) consideraron que la población de anchoveta se encuentra estructurada en dos stocks distribuidos en diferentes regiones: uno frente al norte-centro de Perú ($04^{\circ} 30' - 16^{\circ} 00' S$) y otra región compartida frente al sur del Perú y el norte de Chile ($16^{\circ} 01' - 24^{\circ} 00' S$), siendo la región norte-centro la más importante por las altas abundancias encontradas (Ñiquen *et al.*, 2000) y en las cuales se establecen las dos temporadas de pesca que se ejecutan cada año. La primera temporada de pesca 2022 de los recursos anchoveta y anchoveta blanca (samasa), fue condicionada con disposiciones de limitación extractiva entre las latitudes $06^{\circ} 00'$ y $10^{\circ} 59' S$ (Produce, 2022a), debido a la alta presencia de ejemplares juveniles encontrada en esta área, principalmente en la franja de las 55.56 km (30 mn) de la costa. Los resultados de las actividades de investigación analizadas en esta zona, mostraron que la anchoveta tuvo comportamientos distribucionales habituales propias de la estación; en las Activ 1 y 2, se encontraron formando áreas de alta concentración cerca de la costa en el litoral analizado, lo que generó cardúmenes compactos de altas densidades con mayores capacidades energéticas o reflectividad acústica (S_v) y morfométricamente de amplias dimensiones o extensiones (*Corrected length, Corrected area, X 3D school volumen, Corrected perimeter, Elongation, Rectangularity e Image compactness*). En las Activ 3 y 4, realizadas en el otoño, los cardúmenes de anchoveta migraron hacia áreas alejadas de la costa por la amplitud de las ACF, originando una segregación de las áreas densas o dispersión de los cardúmenes, lo que se ha descrito por varios investigadores (Swartzman *et al.*, 2008; Bertrand *et al.*, 2011; Castillo *et al.*, 2018). En estas distribuciones prevalecieron las áreas dispersas constituidos por cardúmenes de menor capacidad energética y de menor capacidad morfométrica.

La mayor profundización de la distribución vertical de anchoveta encontrada en la Activ 4, fue debido al oxígeno con valores cercanos a 0.5 mL L^{-1} [la ZMO fue registrada entre entre 55.56 y 148.16 km (30 y 80 mn) de la costa]. La identificación de los grupos modales en la estructura de tallas de la anchoveta mostró el crecimiento somático normal del recurso desde la Activ 1 hasta la Activ 4. La primera temporada de pesca fue sustentada por el último grupo modal, de 12.5 cm de LT, observado durante la Activ 1, aunque con una gran incidencia de juveniles. Debido a la persistente superposición de adultos y juveniles en la zona evaluada, se implementaron medidas de manejo orientadas a proteger los juveniles mediante el cierre oportuno de áreas

DISCUSSION

Chirichigno and Vélez (1998) considered that the population of anchovetas is structured in two stocks distributed in different regions: one off the north-central coast of Peru ($04^{\circ} 30' - 16^{\circ} 00' S$) and another in the region shared by southern Peru and northern Chile ($16^{\circ} 01' - 24^{\circ} 00' S$). The north-central region is deemed more significant due to the higher abundances found there (Ñiquen *et al.*, 2000). It is there that the two annual fishing seasons are established and conducted. The first fishing season of 2022 for anchoveta and white anchovy (samasa) resources was subject to extraction limitations between the $06^{\circ} 00'$ and $10^{\circ} 59' S$ latitudes (Produce, 2022a), given the high presence of juvenile specimens found in this area, especially within the 55.56 km (30 nm) strip off the coast. The results of the research activities analyzed in this zone showed that the anchoveta exhibited usual distributional behaviors which were characteristic of the season. In Activ 1 and 2, they were found forming areas of high concentration near the coast in the analyzed littoral zone, leading to high-density compact schools with greater energy capacities or acoustic reflectivity (S_v) and morphometrically of wide dimensions or extensions (corrected length, corrected area, X 3D school volume, corrected perimeter, elongation, rectangularity, and image compactness). In Activ 3 and 4, conducted in autumn, the anchoveta schools migrated towards areas further from the coast due to the extent of the CCW, causing a dispersion of the dense areas, or scattering of the schools, as described by various researchers (Swartzman *et al.*, 2008; Bertrand *et al.*, 2011; Castillo *et al.*, 2018). In these distributions, dispersed areas prevailed, consisting of schools with lower energy capacity and smaller morphometric capacity.

The greater depth in the vertical distribution of anchoveta found in Activ 4 was due to oxygen, whose values were close to 0.5 mL L^{-1} (the OMZ was recorded between 30 and 80 nm off the coast). The identification of modal groups in the size structure of anchoveta showed the normal somatic growth of the resource from Activ 1 to Activ 4. The first fishing season was supported by the last modal group, measuring 12.5 cm TL and observed during Activ 1, although there was a significant presence of juveniles. Due to the persistent overlap of adults and juveniles in the evaluated area, management measures were implemented, in order to protect the juveniles through the timely closure of marine areas to the extraction activity of the purse seine fleet. Regarding the estimated biomass in Activ 1 and 4, a reduction was observed in the latter, due to

marinas a la actividad extractiva de la flota de cerco. Con respecto a la biomasa estimada en las Activ 1 y 4, esta mostró una reducción en la Activ 4, debido a la limitación del área investigada principalmente en la franja costera de 55.56 km (30 mn), cuya distribución longitudinal de su distribución sería mayor a esta, por la temperatura fría registrada en los meses de mayo y junio de 2022.

Los niveles de concentración de la distribución y abundancia de la anchoveta encontrada en este semestre de 2022 fueron debidos a las condiciones oceanográficas; en febrero y marzo (Activ 1) hubo una alta concentración de anchoveta por el predominio de las ACF y una alta concentración de clorofila-*a* por encima del patrón climatológico. A fines de abril (Activ 2) esta característica fue similar a lo observado en la Activ 1, a pesar de que las condiciones ambientales estaban en proceso de cambio. Finalmente en mayo y junio (Activ 3 y Activ 4) el nivel de concentración de la distribución en la zona costera fue principalmente dispersa, por la ampliación hacia áreas alejadas de la costa, característica habitual del comportamiento de la anchoveta; a pesar que en estos meses fue observado en la zona de Chimbote-Callao un acercamiento de las ASS (por los valores mayores a 35.1) hacia la costa, y también por los bajos niveles de clorofila-*a*. Castillo *et al.* (2022) mencionan que la anchoveta se encuentra distribuida en dos zonas, una zona óptima dada principalmente por las ACF y una de estrés fisiológico determinada por las aguas de mezcla de las ACF y aguas ecuatoriales superficiales en el norte, y por las ACF y ASS principalmente hacia el sur de 06° S, en esta zona de estrés la anchoveta se encontró hasta temperaturas menores a 25.0 °C y salinidades menores a 35.29. Por ello una parte de su distribución estaría por fuera de 55.56 km (30 mn) de la costa en las Actividades 3 y 4.

Durante la temporada de pesca iniciada el 4 de mayo de 2022 (considerando la pesca exploratoria, previa al inicio de temporada propiamente dicha) y finalizada el 24 de julio de 2022, se capturaron 2.34 millones de toneladas (84.06 % de la cuota total asignada), lo cual generará alrededor de US\$ 1 000 millones en divisas al país. Los puertos con los mayores desembarques fueron: Chimbote (588 000 toneladas), Callao (283 000 toneladas), Coishco (260 000 toneladas) y Malabrigo (231 000 toneladas), efectuándose el cierre espacio-temporal de 150 áreas y tres cierres preventivos adicionales de aproximadamente 20 días cada uno con la finalidad de proteger el recurso juvenil.

La finalización de la temporada de pesca fue por recomendación de Imarpe señalada en el “Informe sobre el

the limitations of the studied area, primarily in the coastal strip of 55.56 km (30 nm). Its longitudinal distribution could be greater, considering the cold temperatures recorded in May and June 2022.

The concentration levels and abundance of anchoveta distribution in the first half of 2022 were influenced by oceanographic conditions. In February and March (Activ 1), there was a high concentration of anchoveta due to the predominance of CCW and a high concentration of chlorophyll-*a*, above the climatological pattern. By the end of April (Activ 2), the situation was similar to that observed in Activ 1, despite the changing environmental conditions. Finally, in May and June (Activ 3 and 4), the concentration of the distribution in the coastal zone was mainly disperse due to expansion towards areas farther from the coast, a typical behavior of anchovetas, despite the fact that, during these months, an approach of SSW towards the coast was observed in the Chimbote-Callao area (indicated by values over 35.1), along with low levels of chlorophyll-*a*. Castillo *et al.* (2022) note that the anchoveta is distributed in two zones: an optimal zone, mainly influenced by CCW, and a zone of physiological stress, determined by the mixing of CCW and surface equatorial waters in the north as well as of CCW and SSW mainly towards the south of 06° S. In this stress zone, the anchoveta was found at temperatures lower than 25.0 °C and salinities lower than 35.29. Therefore, a part of their distribution during Activ 3 and 4 would be beyond the 30 nm off the coast.

During the fishing season that began on May 4, 2022 (including the exploratory fishing prior to the official start of the season) and ended on July 24, 2022, a total of 2.34 million tons of fish were caught (84.06 % of the total assigned quota), which will generate around US\$ 1000 million in foreign exchange for the country. The ports with the highest landings were Chimbote (588,000 tons), Callao (283,000 tons), Coishco (260,000 tons), and Malabrigo (231,000 tons). To protect the juvenile fish resource, spatial-temporal closures of 150 areas and three additional preventive closures of approximately 20 days each were implemented.

The conclusion of the fishing season was based on a recommendation made by Imarpe, as stated in their *Report on the development of the anchoveta fishery during the first fishing season of 2022 in the north-central region of the Peruvian sea as of July 17, 2022*, as the expected juvenile incidence limit (15.4 %) of the anchoveta resource was reached. As of the date of this report, it was indicated

desarrollo de la pesquería de anchoveta durante la primera temporada de pesca 2022 en la región norte-centro del mar peruano al 17 de julio de 2022”, debido al cumplimiento del límite esperado de incidencia de ejemplares juveniles del recurso anchoveta (15.4 %). A la fecha de este informe, se indicó que “las capturas de anchoveta en la Región Norte-Centro estuvieron conformadas por individuos con tallas que abarcaron desde 7.0 a 17.0 cm de LT, con moda principal en 12.0 cm LT”. También se indicó que “la incidencia de ejemplares juveniles alcanzó el 25.94 % en número y 17.20 % en peso”; y de acuerdo “al 17 de julio, se registra el 95 % de la captura prevista de juveniles de anchoveta (405 990 toneladas) para la Primera Temporada de Pesca 2022 de la Región Norte-Centro y considerando el ritmo de captura de juveniles más reciente de 3 455 toneladas de Juv/día, toda la flota cumpliría la cuota de juveniles al 22 de julio”; recomendando suspender las actividades extractivas a fin de proteger el reclutamiento o la alta tasa de juveniles. Sobre esta incidencia de captura de juveniles, Zhou, *et al.* (2019) mencionan que capturar individuos grandes desequilibra al ecosistema y tener una pesca proporcional o equilibrada (captura de pequeños, medianos y grandes) puede reducir el impacto de la pesca en la estructura del ecosistema (reducir la interrupción del sistema trófico natural en la estructura de las poblaciones) y mantener o aumentar el rendimiento agregado.

Es conveniente mencionar que la industria pesquera constituida por la SNP desde el 2017 se encuentra en proceso de certificación internacional por el *Marine Stewardship Council* (MSC) de la pesquería de anchoveta para el Consumo Humano Indirecto. Por otro lado, la metodología de evaluación hidroacústica que realiza el Imarpe desde 2021 se encuentra en proceso de certificación establecida por el ICES (International Council for the Exploration of the Sea) y certificación ISO 9001, con la finalidad de garantizar los procesos y/o metodologías que se utilizan para estimar la biomasa, en el marco de la sostenibilidad de la pesquería de la anchoveta.

CONCLUSIONES

En los meses de marzo y abril de 2022 la anchoveta tuvo una distribución principalmente concentrada con altas abundancias, mientras que en mayo y junio se encontró generalmente dispersa por su migración longitudinal hacia áreas alejadas de la costa, comportamiento habitual de la anchoveta.

Verticalmente, la anchoveta se encontró principalmente en la capa superficial de 50 m, aunque en

that “the catches of anchoveta in the North-Central Region were composed of individuals with sizes ranging from 7.0 to 17.0 cm TL, with the main mode at 12.0 cm TL”. It was also reported that “the incidence of juvenile specimens reached 25.94 % in number and 17.20 % in weight”, and that, “as of July 17, 95 % of the planned juvenile anchoveta catch (405990 tons) for the First Fishing Season 2022 of the North-Central Region was recorded, and, considering the most recent rate of juvenile catch, *i.e.*, 3455 tons of Juv/day, the entire fleet would meet the juvenile quota by July 22”, which is why the suspension of extraction activities was recommended in order to protect the recruitment or high rate of juveniles. Regarding this incidence of juvenile catches, Zhou, *et al.* (2019) mention that catching large individuals unbalances the ecosystem, and that having a proportional or balanced fishery (catching small, medium, and large individuals) can reduce the impact of fishing on the ecosystem structure (reducing the disruption of the natural trophic system in the population structure) and maintain or increase the overall yield.

It is convenient to note that the fishing industry, constituted by the SNP in 2017, is in the process of receiving an international certification by the *Marine Stewardship Council* (MSC) regarding anchoveta fishery for indirect human consumption. On the other hand, the hydroacoustic assessment methodology implemented by Imarpe since 2021 is undergoing certification by the ICES (International Council for the Exploration of the Sea) and according to the ISO 9001 norm, aiming to provide guarantees regarding the processes and methodologies used for estimating biomass in the context of sustainable the anchoveta fishery.

CONCLUSIONS

In March and April 2022, the anchovetas exhibited a primarily concentrated distribution with high abundances, while, in May and June, they were generally found dispersed due to their longitudinal migration towards areas farther from the coast. This dispersion is a typical behavior of the anchoveta species.

Vertically, the anchoveta was primarily found in the surface layer, down to 50 m deep, although, in the months of May and June, it was found at depths of up to 81 meters due to the presence of SSW near the coast.

The high concentration of anchoveta schools resulted in higher values of energy descriptors (average S_n , asymmetry, and kurtosis) and morphometric descriptors

mayo y junio se encontró hasta 81 m por la presencia de las ASS cerca de la costa.

La alta concentración de los cardúmenes de anchoveta generó mayores valores de los descriptores energéticos (*S*, *promedio*, *asimetría* y *curtosis*) y morfométricos (*longitud*, *área*, volumen del cardumen X *3D* y *perímetro*); mientras que una dispersión de los cardúmenes generó menores valores de los descriptores energéticos y morfométricos.

En el primer semestre de 2022, en la franja costera de 55.56 km (30 mn) de la costa de la región norte-centro hubo una alta superposición de juveniles con adultos de anchoveta, registrándose su normal crecimiento somático observada entre la Activ 1 y la Activ 4. El grupo modal principal de 8.5 cm pasó a 12.0 cm de LT en la Activ 4; de igual manera, el grupo modal secundario de 6.5 cm llegó a la última actividad, con moda principal en 10.5 cm de LT y, finalmente el grupo modal de 12.5 cm alcanzó los 13.5 cm de LT.

El comportamiento estacional de la anchoveta se vio reflejado en su biomasa en la zona costera, en la Activ 1 fue estimada una alta biomasa en la zona costera con 6.86 millones de toneladas, y en la Activ 4 tan solo 3.00 millones de toneladas en las mismas áreas isoparalitorales, debido a la alta dispersión.

Las altas biomásas encontradas en la Activ 1 fueron favorecidas por las condiciones oceanográficas, principalmente por las ACF y la alta productividad de acuerdo con la clorofila-*a*.

En la primera temporada de pesca de la anchoveta se registró en las capturas una alta incidencia de juveniles, determinándose un gran número de cierres espacio-temporales en la zona con la finalidad de proteger el recurso.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al personal que ha contribuido en las gestiones administrativas y/o técnicas de estas actividades de investigación de la Dirección General de Investigaciones en Hidroacústica, Sensoramiento Remoto y Artes de Pesca (Dgihsa) del Imarpe como: Ketty Ferrel, Cynthia Gonzales, Néstor Saavedra, Jairo Calderón, William Calderón, Marisella Posada, Daniel Grados y Naldi Herrera. De igual forma, a los Físicos Han Xu y Edward Albuquerque por el procesamiento de las imágenes satelitales.

(length, area, 3D school volume, and perimeter). Conversely, a dispersion of the schools led to lower values in both energy and morphometric descriptors.

During the first half of 2022, in the 55.56 km (30 nm) coastal strip of the north-central region, there was a high overlap of juvenile and adult anchovetas, with normal somatic growth observed from Activ 1 to Activ 4. The main modal group, at 8.5 cm TL, grew to 12.0 cm TL in Activ 4. Similarly, the secondary modal group, at 6.5 cm, reached the last activity with a main mode at 10.5 cm TL. Finally, the modal group initially at 12.5 cm reached 13.5 cm TL.

The seasonal behavior of the anchoveta was reflected in its biomass in the coastal area. In Activ 1, a high biomass was estimated in the coastal zone, at 6.86 million tons; while, in Activ 4, it was only 3.00 million tons in the same isoparalittoral areas due to high dispersion.

The high biomasses found in Activ 1 were favored by oceanographic conditions, mainly by the CCW and high productivity, as indicated by the chlorophyll-*a* concentration.

In the catches of the first anchoveta fishing season, a high incidence of juveniles was reported, leading to numerous spatial-temporal closures in the area, with the aim of protecting the resource.

ACKNOWLEDGEMENTS

We extend our gratitude to the staff who contributed to the administrative and technical management of these research activities from Imarpe's General Directorate of Hydroacoustic Research, Remote Sensing, and Fishing Arts (DGIHSA), including Ketty Ferrel, Cynthia Gonzales, Néstor Saavedra, Jairo Calderón, William Calderón, Marisella Posada, Daniel Grados, and Naldi Herrera. Similarly. We thank physicists Han Xu and Edward Albuquerque for processing the satellite images.



BIBLIOGRAFÍA / LITERATURE CITED

- Bertrand, A., F. Gerlotto, S. Bertrand, M. Gutiérrez, L. Alza, A. Chipollini, E. Diaz, P. Espinoza, J. Ledesma, R. Quesquén, S. Peraltilla and F. Chávez. 2008. Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: an analysis across multiple spatial scales. *Prog. Oceanogr.*, 79: 264-277.
- Bertrand A., A. Chaigneau, S. Peraltilla, J. Ledesma, M. Graco, F. Monetti and F. Chávez. 2011. Oxygen: A fundamental property regulating pelagic ecosystem structure in the coastal southeastern tropical Pacific. *PLoS ONE* 6(12): e29558. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0029558>
- Bez, N. and J. Rivoirard. 2001. Transitive geostatistics to characterize spatial aggregations with diffuse limits: an application on mackerel ichthyoplankton. *Fish. Res.*, 50: 41–58. [https://doi.org/10.1016/S0165-7836\(00\)00241-1](https://doi.org/10.1016/S0165-7836(00)00241-1)
- Bouchón, M. 2018. La pesquería de anchoveta en Perú. Tesis Doct. Cienc. Mar Biol. Apl., Univ. Alicante, España. 131 p.
- Castillo, P.R., S. Peraltilla, A. Aliaga, M. Flores, M. Ballón, J. Calderón y M. Gutiérrez. 2011. Protocolo técnico para la evaluación acústica de las áreas de distribución y abundancia de recursos pelágicos en el mar peruano. *Bol. Inst. Mar Perú*, 36(1-2): 7–28.
- Castillo, P., L. Madureira, J. Marangoni, F. Gerlotto and R. Guevara-Carrasco. 2015. Variability in distribution and aggregation behavior of the Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) analyzed using a fifteen-year long series of acoustic surveys (2000–2014). *Acoustics*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/RIOAcoustics.2015.7473636>
- Castillo, R., L. Dalla Rosa, W. García, L. Madureira, M. Gutiérrez, L. Vásquez and R. Koppelman. 2018. Anchovy distribution off Peru in relation to abiotic parameters: A 32-year time series from 1985 to 2017. *Fish. Oceanogr.*, 28: 1-13. <https://doi.org/10.1111/fog.12419>
- Castillo, P.R., C. Peña, D. Grados, L. La Cruz, C. Valdez, M. Pozada and R. Cornejo. 2022. Characteristics of anchoveta (*Engraulis ringens*) schools in the optimum zone and the physiological stress zone of its distributions between 2011 and 2021. *Fish. Oceanogr.*, 31(5): 510-523. <https://doi.org/10.1111/fog.12601>
- Chávez, F.P, A. Bertrand, R. Guevara-Carrasco and P. Soler. 2008. The northern Humboldt Current System: Brief history, present status and a view towards the future. *Prog. Oceanogr.*, 79(2-4): 95–105. <https://doi.org/10.1016/j.Pocean.2008.10.012>
- Chirichigno, N. y J. Vélez. 1998. Clave para identificar los peces marinos del Perú. *Seg. Ed. Publ. Esp. Inst. Mar Perú*, 500 p.
- CSA-UPCH. 2011. La pesquería peruana de la anchoveta. *Doc. Trab. Cent. Sost. Amb. Univ. Per. Cayetano Heredia*, 1, 59 p.
- Demer, D.A, L. Berger, M. Bernasconi, E. Bethke, K. Boswell, D. Chu, R. Domokos, *et al.* 2015. Calibration of acoustic instruments. *ICES Coop. Res. Rep.* 326, 133 p.
- Diner, N. 1998. Correction on school geometry and density. *ICES C. M.* 1998/B:1.
- Diner, N. 2001. Correction on school geometry and density: approach based on acoustic image simulation. *Aquat. Liv. Res.*, 14: 211–222.
- Espinoza, P. and A. Bertrand. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current System. *Prog. Oceanogr.*, 79(2-4): 215–227.
- Gayanilo, F.C, P. Sparre and D. Pauly. 1994. The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FiSAT) user's guide. *FAO Comp. Inf. Ser. (Fish.)*, 7, 124 p.
- Gutiérrez, M., R. Castillo, M. Segura, S. Peraltilla and M. Flores. 2012. Trends in spatio-temporal distribution of Peruvian anchovy and other small pelagic fish biomass from 1966-2009. *J. Aquat. Res.*, 40(3): 633–648.
- Harrison, L-M.K., M.J. Cox, G. Skaret and R. Harcourt. 2015. The R package EchoviewR for automated processing of active acoustic data using Echoview. *Front. Mar. Sci.*, 2. <https://doi.org/10.3389/fmars.2015.00015>
- Imarpe. 2020. Protocolo elaboración de la tabla de decisión para la determinación del límite máximo total permisible por temporada de pesca en la pesquería del stock norte-centro de la anchoveta peruana. *IMP-DGIRP/AFDPERP*, 05, 40 p.
- Imarpe. 2022. Informe ejecutivo del crucero 2202-04 de Evaluación Hidroacústica de Anchoveta y Otros Recursos Pelágicos, realizado entre el 15 de febrero al 09 de abril del 2022. *Inf. Imarpe*. 57 p.
- Lujan, D.C. 2016. Factores determinantes de la variabilidad espacial de la anchoveta peruana (*Engraulis ringens*) en el Pacífico sudoriental. Tesis M.Sc. *Cienc. Mar. Univ. Per. Cayetano Heredia*. 191 p.
- MacLennan, D.N., P.G. Fernandes and J. Dalen. 2002. A consistent approach to definitions and symbols fisheries acoustics. *ICES J. Mar. Sci.*, 59: 365-369.
- Nero, R.W. and J.J. Magnuson. 1989. Characterization of patches along transects using high-resolution 70-kHz integrated echo data. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 46: 2056-206.

- Ñiquen, M., M. Bouchón, S. Cahuín y E. Díaz. 2000. Pesquería de anchoveta en el mar peruano: 1950–1999. Bol. Inst. Mar Perú, 19: 117–123.
- Oerder, V., F. Colas, V. Echevín, F. Codrón, J. Tam and A. Belmadani. 2015. Peru-Chile upwelling dynamics under climate change. J. Geophys. Res. Oc., 120(2): 1152–1172. <http://doi.wiley.com/10.1002/2014JC010299>
- Pozada, M. En preparación. Herramientas para el análisis de datos acústicos. Instituto del Mar del Perú.
- Produce. 2022a. Resolución Ministerial N° 00167-2022-Produce. Autorizan el inicio de la primera temporada de pesca 2022 del recurso anchoveta y anchoveta blanca con destino al consumo humano indirecto en la zona norte-centro del Perú, y dictan diversas disposiciones. Diario El Peruano, Normas Legales 30 de abril del 2022. 4 p.
- Produce. 2022b. Resolución Ministerial N° 00171-2022-Produce. Primera temporada de pesca del 2022 y pesca exploratoria de la anchoveta, con fecha 10 de mayo del 2022. 4 p.
- Produce. 2022c. Resolución Ministerial N° 00157-2022-Produce. Autorización de la Operación Eureka LXII, con fecha 22 de abril del 2022. 5 p.
- Quispe, D., D. Gutiérrez y L. Vásquez. 2019. Validación de información satelital de temperatura superficial del mar con registros *in situ* dentro de las 60 millas del mar del Perú. Bol. Inst. Mar Perú, 34(2): 392-405.
- Salgado-Ugarte, I.H., J.L. Gómez-Márquez y B. Peña-Mendoza. 2005. Métodos actualizados para análisis de datos biológico-pesqueros. FES Zaragoza, UNAM, México. 240 p.
- Scalabrin, C., N. Diner, A. Weill, A. Hillion and M-C. Mouchot. 1996. Narrowband acoustic identification of mono specific fish shoals. ICES J. Mar. Sci., 53: 181–188.
- Simmonds, J. and D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustics. Theory and practice. Sec. ed. 436 p.
- Swartzman, G., A. Bertrand, M. Gutiérrez, S. Bertrand and L. Vásquez. 2008. The relationship of anchovy and sardine to water masses in the Peruvian Humboldt Current System from 1983 to 2005. Prog. Oceanogr., 79: 228–237.
- Weill, A., C. Scalabrin and N. Diner. 1993. MOVIES-B: an acoustic detection description software. Application to shoal species' classification. Aquat. Liv. Res., 6: 255–267.
- Woillez, M., J-C. Poulard, J. Rivoirard, P. Petitgas and N. Bez. 2007. Indices for capturing spatial patterns and their evolution in time, with application to European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. ICES J. Mar. Sci., 64: 537–550.
- Xu, H., G. Velaoacha, H. Siguayro, C. Paulino, E. Alburquerque, L. Escudero, J. Atiquipa y C. Gamarra. 2021. Validación de datos satelitales de la concentración de clorofila-*a*, temperatura superficial y coeficiente de atenuación difusa en el Lago Titicaca. Inf. Inst. Mar Perú. 48(3): 367-379.
- Zhou, S., J. Kolding, S.M. García, M.J. Plank, A. Bundy, A. Charles, C. Hansen, M. Heino, D. Howell, N.S. Jacobsen, D.G Reid, J.C. Rice and P.A.M. Van Zwieten. 2019. Balanced harvest: concept, policies, evidence, and management implications. Rev. Fish. Biol., 29(3): 711–733.

RECIBIDO / RECEIVED: 01/09/2022

ACEPTADO / ACCEPTED: 21/11/2023