



INFORME FINAL  
PROYECTO FIPA 2020-19  
Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las unidades  
demográficas de anchoveta a nivel nacional  
FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Y ACUICULTURA /  
marzo-2022



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

I N S T I T U T O   D E   F O M E N T O   P E S Q U E R O



## INFORME FINAL

PROYECTO FIPA 2020-19

Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las  
unidades demográficas de anchoveta a nivel nacional

FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Y ACUICULTURA / marzo 2022

### REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA Y ACUICULTURA-  
FIPA

### EJECUTANTE

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Director Ejecutivo  
Luis Parot Donoso

Jefe (I) División Investigación Pesquera  
Sergio Lillo Vega

Jefe de Proyecto  
Jorge Castillo Pizarro

1.



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

I N S T I T U T O   D E   F O M E N T O   P E S Q U E R O



FONDO DE INVESTIGACION PESQUERA Y ACUICULTURA

AUTORES POR OBJETIVO

Objetivo 1

Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.

Jorge Castillo Pizarro; Jairo Gutiérrez, Javier Legua

Objetivo 2

Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero

Jorge Castillo Pizarro; Jairo Gutiérrez, Javier Legua, Luis La Cruz, Francisco Leiva ,

Objetivo 3

Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones.

Álvaro Saavedra G.

Objetivo 4

Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco

Nicolás Alegría Landeros, Sergio Núñez Elías,  
Jocelyn Silva Aburto, Aquiles Sepúlveda Oróstica



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN DE INVESTIGACIÓN PESQUERA

---

## COLABORADORES

Adrián Ibieta Figueroa.  
Carolina Lang Abarzúa.  
Manuel Rojas García



## RESUMEN EJECUTIVO

Se entregan los resultados del proyecto FIPA N° 2020-19 “Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las unidades demográficas (UD) **de anchoveta a nivel nacional**”. Se expone la metodología para la recolección y procesamiento de datos de TS de anchoveta mediante dos métodos in situ y ex situ. Los datos de  $TS_{in\ situ}$  fueron recolectados en un total de 26 cruceros hidroacústicos realizados en los periodos de reclutamiento en las regiones entre Arica y Parinacota a Antofagasta (UD Norte); Atacama a Coquimbo (UD centro-norte) y Valparaíso a los Ríos (UD Centro-sur) entre el 2008 y 2021. Las mediciones del TS in situ fueron realizadas en estaciones durante la noche, las muestras biológicas de peso, talla, madurez sexual, fueron obtenidas con una red de arrastre pelágica de 4 paneles de 97 m de largo, sin copo, con 168 mallas de circunferencia en la boca, tamaño de malla estirada de 12 mm en el túnel y copo. Los experimentos de TS ex situ se realizaron en la Región de Los Lagos entre el 10 y el 13 de julio de 2021 a bordo del cerquero LM Pilfican IV.

Los datos  $TS_{in\ situ}$  fueron recolectados con ecosonda digital calibrado SIMRAD EK-60 con frecuencia 38 y 120 kHz y longitud de pulsos de 0.256 ms; 0.512 ms y 1.024 ms. Las experiencias ex situ corresponden a mediciones de peces individuales dentro de una jaula cúbica de 0.125 m<sup>3</sup> (0.5 m por lado), con malla monofilamento de 15 mm estirada sumergida a aproximadamente 14 m de profundidad. Se usó un ecosonda digital calibrado SIMRAD EK 80, en modo banda angosta con 38 y 120 kHz en longitudes de pulsos de 0.256; 0.512 y 1.024 ms.

Los datos raw de TS in situ y ex situ se procesaron con el software EchoView® versión 7.1. Para los datos in situ, se utilizó un filtro de bifrecuencia para separar los blancos no peces y, a continuación, se desplegó un algoritmo de detección de blancos resueltos.

Para cada UD, frecuencia y longitud de pulso, se ajustó una ecuación de  $TS_{in\ situ}/L$  con el método de mínimos cuadrados. Para cada frecuencia se compararon las ecuaciones ajustadas para diferentes longitudes de pulso, descartando las que rechazaban la hipótesis de igualdad al 95% de confianza, obteniendo una ecuación  $TS_{in\ situ}/L$  por frecuencia para cada UD. A continuación, se compararon las ecuaciones entre DUs al 95% de confianza y los resultados confirmaron en todos los casos la hipótesis de igualdad, concluyendo que es posible ajustar una ecuación  $TS_{in\ situ}/L$  de anchoveta para las tres DUs.

La ecuación  $TS_{in\ situ}/L$  para 38 khz fue:

- $TS_{in\ situ}(38\ khz) = 18.134 \text{ Log}(L) - 71.352$  ( $r^2=0.93$ ;  $n=24$   $p<0.05$ ); el  $b_{20} = -73.34$  dB;

y para 120 khz fue:

- $TS_{in\ situ}(120\ khz) = 18.543 \text{ Log}(L) - 72.388$  ( $R^2= 0.87$ ;  $n=71$   $p<0.0$ ;  $b_{20}=-73.95$ ).

Asimismo, se analizaron las ecuaciones  $TS_{ex\ situ}/L$  ajustadas para cada frecuencia, con los diferentes pulsos, probando la hipótesis de igualdad de pendientes al 95% de confianza.

También para cada frecuencia se ajustó una ecuación global in situ + ex situ:

- $TS_{is+es}(38\ khz) = 16.809 \text{ Log}(L) - 70.0233$ ;  $R^2=0.91$ ;  $n= 36$   $p=0.0$  ( $b_{20} = -73.6$ ) y
- $TS_{is+es}(120\ khz) = 18.6649 \text{ Log}(L) - 72.4941$ ;  $R^2=0.88$ ;  $n= 87$ ,  $p=0.0$  ( $b_{20} = -73.95$ )



Se recomienda usar la ecuación TS in-situ en las evaluaciones acústicas de la biomasa de anchoveta

Se determinó que la profundidad afectó a la TS de anchoveta según la Ley de Boyle, ajustándose una ecuación preliminar del TS con ese factor para cada frecuencia. La ecuación TS con la profundidad para cada frecuencia fue:

$$TS_{38Khz}(L, \gamma, z) = 20\log_{10}(L) - 4,199\log_{10}(1 + z/10) - 71,3807$$

$$TS_{120Khz}(L, \gamma, z) = 20\log_{10}(L) - 4,274\log_{10}(1 + z/10) - 71,6710$$

Las agregaciones en las que se midieron los  $TS_{in-situ}$  fueron similares entre las tres UD, conformando por la noche agregaciones alargadas de densidad media y cercanas a la superficie. En las tres UD, se confirmó que durante las mediciones de  $TS_{in-situ}$ , los individuos se registraron mayoritariamente en ángulos horizontales ( $0^\circ$ ) inferiores a  $\pm 10^\circ$ , pero en unos pocos casos, se registraron nadando hacia la superficie ( $+90^\circ$ ) o buceando ( $-90^\circ$ ). Además, se comprobó que las mediciones de  $TS_{in-situ}$  procedían de peces que nadaban sin alteraciones, a velocidades relativamente bajas.

Se estimó la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco, se realizó una caracterización de la vejiga natatoria tratando de buscar la interacción con otros órganos y/o factores que afectan la fuerza de blanco. Se aplicaron dos enfoques, en el primero se analizaron en laboratorio las características morfológicas internas y externas de los peces, mientras que en el segundo se aplicaron técnicas de imagenología. Para esto se obtuvieron 773 anchovetas provenientes de las tres unidades demográficas. Se determinó que la vejiga natatoria de anchoveta se ubica en la porción superior de la cavidad abdominal con un ángulo de  $8,02$  grados ( $\pm 0,22$ ) respecto a la espina dorsal, extendiéndose desde la cabeza hasta la cloaca, ocupando aproximadamente  $1/3$  del largo total del pez. Un esfínter la divide en dos, lo que hace suponer una bicameralidad de la vejiga natatoria, lo cual representa una característica anatómica y no funcional. Se determinó que el tamaño de la gónada y el estómago tienen directa relación con la vejiga natatoria, ya que, al aumentar su volumen, presionan y deforman la vejiga, haciendo disminuir su volumen. La gónada produce mayor variación en el volumen de la vejiga; sin embargo, el estómago además de deformar la vejiga, retiene aire cuando se encuentra vacío, produciendo un efecto de boyantes positiva. También se observó una relación directa entre el tamaño del pez y el volumen de la vejiga natatoria.

Además, se hizo un análisis del volumen estomacal y del espectro trófico de anchoveta, encontrando que los estómagos presentaron un volumen promedio de  $0,5 \pm 0,3$  ml, correspondiendo al  $4,9\%$  del volumen corporal total. La segregación por tallas mostró mayores volúmenes estomacales en ejemplares adultos ( $0,6 \pm 0,3$  ml). En todas las zonas se observó que la mayoría de los estómagos están en la clasificación de semi-vacío, siendo la zona sur quien tiene mayor porcentaje ( $60\%$ ). El Índice de Importancia Relativa (IIR%) muestra los copépodos pequeños como la presa de mayor importancia relativa (IIR%=  $41,2\%$ ), seguido de copépodos medios ( $14\%$ ), copépodos grandes ( $12,2\%$ ) y eufáusidos ( $12,2\%$ ), el meroplancton no supera el  $6\%$  de IIR%.

Finalmente, se identificaron y jerarquizaron cinco factores según su importancia relativa, los cuales se nombran a continuación en orden descendente, desde el que produce una mayor variabilidad en la TS hasta el que produce una menor variabilidad: 1) Vejiga natatoria, 2) Cuerpo del pez, 3) Gónada, 4) Estómago y 5) Ángulo de la vejiga natatoria. En general no se observaron diferencias entre unidades demográficas al relacionar factores morfológicos.



## EXECUTIVE SUMMARY

Results of the FIPA 2020-19 project "Target strength (TS) estimation for anchoveta demographic units (DU) at national level" are reported. The anchoveta TS in situ and ex situ ( $TS_{in-situ}$  and  $TS_{ex-situ}$ ) data collection and processing methodology is presented.  $TS_{in-situ}$  data were collected during 26 hydroacoustic surveys, carried out by RV Abate Molina during the main anchoveta recruitment periods in spring and summer between 2008 and 2021. The study area was between Arica-Parinacota and Antofagasta Regions (northern Demographic Unit) ( $18^{\circ}20'S-24^{\circ}00'S$ ); Atacama and Coquimbo Regions (north-central Demographic Unit) ( $27^{\circ}00'S-30^{\circ}00'S$ ), and Valparaíso and Los Ríos Regions (southern-central Demographic Unit) ( $33^{\circ}00'S-40^{\circ}00'S$ ).  $TS_{in-situ}$  data were collected during night stations after a fishing haul when anchoveta represented over 85% of the catch. The fishing hauls were carried out with a four-panel pelagic trawl with a length of 97 m, without codend, with 168 circumference meshes at the mouth, and 12 mm stretched mesh size in the tunnel and codend. **Each haul's** catch provided biological samples for weight, length, and sexual maturity.  $TS_{ex-situ}$  experiments were conducted at Caleta Pichicolo ( $42^{\circ}00,6'S$  and  $72^{\circ}36,16'W$ ) (Los Lagos Region) between July 10 and 13, 2021 aboard purse seine vessel MV Pilfican IV.

$TS_{in-situ}$  data were collected with SIMRAD EK-60 digital calibrated echo sounder with 38 kHz and 120 kHz and pulses length of 0.256, 0.512, and 1.024 ms. The ex-situ experiments consisted of TS measuring of individual fish inside a cubic cage of  $0.125\text{ m}^3$  (0.5 m per side) with stretched 15 mm monofilament mesh, submerged at around 14 m water depth. A SIMRAD EK 80 digital calibrated echo sounder was used in narrow band mode with 38 kHz and 120 kHz and pulses length of 0.256, 0.512 and 1.024 ms.

Raw TS data in-situ and ex-situ were processed with EchoView<sup>®</sup> software version 7.1. For in-situ data, a bi-frequency filter was used to separate non-fish targets and then a resolved target detection algorithm was deployed.

For each DU, frequency and pulse length, a  $TS_{in-situ}/L$  equation was adjusted with the least squares method. For each frequency, the equations adjusted for different pulse lengths were compared, discarding those that rejected the equality hypothesis at 95% confidence, obtaining a  $TS_{in-situ}/L$  equation by frequency for each DU. Then, the equations were compared among DUs at 95% confidence and results confirmed in all cases the equality hypothesis was accepted, concluding that it is possible to adjust an anchoveta  $TS_{in-situ}/L$  equation for the three DUs.

The  $TS_{in-situ}/L$  equation for 38 kHz was:

- $TS_{in-situ}(38\text{ kHz}) = 18.134 \text{ Log}(L) - 71.352$  ( $R^2=0.93$ ;  $n=24$   $p<0.05$ ); the  $b_{20} = -73.34$  dB;

and for 120 kHz it was:

- $TS_{in-situ}(120\text{ kHz}) = 18.543 \text{ Log}(L) - 72.388$  ( $R^2= 0.87$ ;  $n=71$   $p<0.0$ ;  $b_{20}=-73.95$  dB).

Likewise, the  $TS_{ex-situ}/L$  equations adjusted for each frequency, with the different pulses length were analyzed, testing the hypothesis of equality of slopes at 95% confidence.

Also, for each frequency a global in-situ+ex-situ equation was fitted:

- $TS_{is+es}(38\text{ kHz}) = 16.809 \text{ Log}(L) - 70.0233$  ;  $R^2=0.91$ ;  $n= 36$   $p=0.0$  ( $b_{20} = 73.6$ ), and



- $TS_{is+es}$  (120 kHz) = 18.6649 Log (L) - 72.4941;  $R^2=0.88$ ;  $n= 87$ ,  $p=0.0$  ( $b_{20} = 73.95$ ).

It is recommended to use the  $TS_{in-situ} - L$  equation for anchoveta biomass acoustic assessments.

It was determined that anchoveta  $TS_{in-situ}$  was affected by **depth according to Boyle's Law**, and a preliminary equation was fitted for each frequency with that factor. The TS equation with depth for each frequency was:

$$TS_{38KHz} (L, \gamma, z) = 20 \log_{10}(L) - 4,199 \log_{10}(1 + z/10) - 71,3807$$

$$TS_{120KHz} (L, \gamma, z) = 20 \log_{10}(L) - 4,274 \log_{10}(1 + z/10) - 71,6710$$

The aggregations where  $TS_{in-situ}$  were measured were similar among the three DUs, conforming at night aggregations elongated of medium density and near the surface. In the three DUs, it was confirmed that during the  $TS_{in-situ}$  measurements, individuals were mostly recorded at horizontal angles ( $0^\circ$ ) less than  $\pm 10^\circ$  but in a few cases, they were recorded swimming towards the surface ( $+90^\circ$ ) or diving ( $-90^\circ$ ). In addition, it was verified that  $TS_{in-situ}$  measurements came from fish that were swimming without alteration, at relatively low speeds.

The relative importance of the factors that would influence the variability of anchoveta TS was estimated, the morphometry of the main organs was characterized, with special relevance of the swim bladder as the main resonant organ. Two approaches were applied. First, the internal and external morphometric characteristics were analyzed in the laboratory, while in the second approach imaging techniques were applied. For this, 773 anchovetas were obtained from the three DUs. It was determined that the anchoveta swim bladder is in the upper sector of the abdominal cavity with an angle of 8.02 degrees ( $\pm 0.22^\circ$ ) concerning the dorsal spine, extending from head to anus, occupying approximately 1/3 of the **fish's** total length. A sphincter divides the bladder, which suggests a bi-chambered swim bladder, without distinguishing the function of this sphincter, so it would represent an anatomical and not a functional characteristic. It was determined that gonad and stomach sizes are directly related to the swim bladder volume, since by increasing their volume, they press and deform the swim bladder, reducing its volume. The gonad and the stomach produce greater variation in the volume of the swim bladder. A direct relationship was also observed between fish size and swim bladder volume.

Also, an analysis of stomach volume and trophic spectrum found that stomachs presented an average volume of  $0.5 \pm 0.3$  ml, corresponding to 4.9% of total body volume. Size segregation showed higher stomach volumes in adult specimens ( $0.6 \pm 0.3$  ml). In all areas, most stomachs were in the semi-empty category, with the highest percentage (60%) in the southern area. The Relative Importance Index (RII%) showed small copepods as prey of greatest relative importance (RII% = 41.2%), followed by medium copepods (14%), large copepods (12.2%), and euphausiids (12.2%), meroplankton did not exceed 6% of RII%.

Finally, five factors were identified and ranked according to their relative importance with regard to the greatest variability in TS: 1) volume of swim bladder, 2) length of fish, 3) gonad size (gonad maturity), 4) stomach volume (stomach fullness), and 5) swim-bladder angle. In general, differences related to morphometric factors were not observed among demographic units. The morphometric similarity of anchovetas among the three DUs was determined.



## ÍNDICE GENERAL

	<u>página</u>
ÍNDICE DE FIGURAS	
INDICE DE TABLAS	
1. INTRODUCCIÓN	14
2. ANTECEDENTES	16
3. OBJETIVOS	19
3.1.    Objetivo General	19
3.2.    Objetivos Específicos	19
4.    METODOLOGÍA POR OBJETIVO	20
4.1. <i>Objetivo 1. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio</i>	20
4.1.1.    Área de estudio	20
4.1.2.    Embarcaciones y equipos	20
4.1.3.    Calibración de los ecosondas	23
4.1.4.    Condiciones metodológicas para la colección de TS <i>in situ</i> .	25
4.1.5.    Evaluación de la calidad de la información disponible.	26
4.1.6.    Procesos de los datos de TS <sub>in situ</sub> .	28
4.1.7.    Medición de TS exsitu de anchoveta.	34
4.1.8.    Procesamiento de las TS ex situ.	39
4.2.    Objetivo 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero	42
4.2.1.    Estimación de la TS <sub>in situ</sub> respecto a la talla Efecto de la profundidad en el TS	42
4.2.2.    Efecto de la profundidad en el TS	45
4.3.    Objetivo 3. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones	46
4.3.1.    Descriptores de una agregación	46
4.3.2.    Caracterización de ecotrazos de anchoveta.	49
4.4.    Objetivo 4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco	52



4.4.1. Medici3n de las caracteristicas morfom6tricas de la anchoveta mediante an6lisis de laboratorio	52
4.4.2. Medici3n de los 3rganos de la anchoveta. M6todo de imagenologfa	56
4.4.3. An6lisis del volumen estomacal y del espectro tr3fico de anchoveta	57
4.4.4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirfan en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco	59
5. RESULTADOS POR OBJETIVO	62
5.1. Objetivo 1. Proponer una metodologfa estandarizada para estimar la relaci3n fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.	62
5.1.1 Resoluci3n de grillado del filtro de blancos m6ltiples	62
5.1.2 Blancos resueltos: Discriminaci3n de peces y filtros de blancos m6ltiples	62
5.1.3 Efecto del cambio de los par6metros de la longitud mfnima y m6xima del pulso	63
5.2. Objetivo 2. Estimar la relaci3n de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en funci3n a la talla para cada stock pesquero.	65
5.2.1. Estructuras de tallas y Estados de Madurez Sexual (EMS) de anchoveta en las mediciones in situ	65
5.2.2. Intensidad de blanco (TS) de anchoveta por Unidad Demogr6fica-m6todo in-situ	72
5.2.2.1. Calibraciones de los ecosondas EK 60 y EK 80 a diferentes pulsos y frecuencias usados en las mediciones in situ y ex situ.	72
5.2.2.2. Histogramas de TS in situ	78
2. 5.2.2.3. Ecuaci3n de $TS_{in\ situ}$ -talla de anchoveta para las unidades demogr6ficas (UD)	81
3. 5.2.3. Ecuaci3n de $TS_{ex\ situ}$ -talla de anchoveta- m6todo ex situ	92
4. 5.2.4. Ecuaci3n global de $TS_{ex\ situ} + TS_{in\ situ}$ -talla de anchoveta	97
5. 5.2.5. Efecto de la profundidad en la fuerza de blanco (TS) de anchoveta	101
5.3. Objetivo 3. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones	105
5.3.1 Resultados agregaciones anchoveta	105
5.3.2 Caracterizaci3n de ecotrazos de anchoveta	112



5.4	Objetivo 4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco	117
5.4.1	Caracterización de la vejiga natatoria de anchoveta	117
5.4.2	Análisis del volumen estomacal y del espectro trófico de anchoveta	135
5.4.3.	Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco	150
6	ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS.	151
6.1.	Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero.	151
6.2.	Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones	156
6.3.	Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco.	157
7	TALLERES	160
8.	CONCLUSIONES	161
9.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	163
10.	COMPOSICI3N Y ORGANIZACI3N DEL EQUIPO DE TRABAJO	170
11.	ASIGNACI3N DEL PERSONAL PROFESIONAL Y T3CNICO POR ACTIVIDAD	172
12.	ANEXOS	177
	Anexo 1. PROTOCOLO PARA MUESTREO DE EJEMPLARES DE ANCHOVETA (ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE ORGANOS INTERNOS)	
	Anexo 2. PROTOCOLO PARA MUESTREO DE EJEMPLARES DE ANCHOVETA (ANÁLISIS DE IMAGENOL3GÍA)	
	Anexo 3 TALLER DE COORDINACI3N	
	Anexo 4 TALLER PRESENTACI3N A USUARIOS	
	Anexo 5 INFORME DE EVALUACI3N- CONSULTOR EXTERNO (AZTI-ESPAÑA)	



## INDICE DE FIGURAS

---

- Figura 1. Desembarque de peces en Chile entre el 2008 y 2020.
- Figura 2. Área total y sub áreas de estudio según las unidades demográficas de anchoveta (Niklitschek *et al.*, 2018)
- Figura 3. Plano de la red de media agua utilizada por el B/C Abate Molina para la captura de pequeños pelágicos.
- Figura 4. Esquema de ubicación del blanco estándar en el centro del haz acústico
- Figura 5. *Aplicación de la bifrecuencia en mediciones de TS, para discriminar ecos de peces y macrozooplancton*
- Figura 6. *Diagrama de flujo del método de bifrecuencia de discriminación de Ballón 2010*
- Figura 7. *Pez objetivo (Anchoveta, *Engraulis ringens*) para la determinación de TS *in situ**
- Figura 8. Esquema del arreglo general de la jaula para medición de la TS de anchoveta.
- Figura 9. Arreglo del sistema de la jaula cúbica de 0,5x0,5x0,5 m y de los transductores de 38 y 120 khz usado para la calibración de anchoveta con jaula.
- Figura 10. Ubicación geográfica de los lances de pesca realizados para la obtención de muestras vivas de anchoveta.
- Figura 11. Bins plástico de 1000 ltr (1300x1140x1100 mm) usado para mantención de anchoveta viva
- Figura 12. Diagrama de procesamiento de la señal acústica para la información de TS
- Figura 13. Ecograma del pez individual en jaula, a) ecos ping a ping; b) ecograma de la superficie retrodispersante ping a ping.
- Figura 14. Esquema del diagrama de flujo programado en el software EV 7.1 para el proceso de los datos de la TS *in situ* de anchoveta.
- Figura 15. Colecta de anchovetas para análisis de imagenología. Izquierda: Envoltura de la anchoveta; Derecha: Congelamiento de los peces en nitrógeno líquido.
- Figura 16. Esquema de la metodología utilizada para determinar las características morfométricas internas y externas de las anchovetas en laboratorio.
- Figura 17.- Obtención de los estimados de volumen en laboratorio mediante el método de volumen desplazado
- Figura 18- Equipos utilizados para la obtención de imágenes radiológicas.
- Figura 19 *Efecto de la resolución de la grilla en el filtro de blancos múltiples en 38 khz y 120 khz. A) 5 x 25 m B) 10 x100 m C) 5 x 100 m y D) 1 m por 10 ping*



- Figura 20 Efectos de la *aplicación de diferentes filtros para obtener blancos resueltos (38 kHz)*. Blancos resueltos: A) con el uso del filtro de peces (algoritmo bifrecuencia), B) filtro de blancos múltiples (Sawada et al., 1993) y C) con la aplicación de los filtros de blancos múltiples y el filtro de peces.
- Figura 21 Efectos de la *variación de los parámetros (longitud mínima y máximo del pulso) en la resolución de blancos en pulsos de 0,256; 0.512 y 1.024 ms (38 kHz)*
- Figura 22 Efectos de los parámetros *longitud mínima (Minimun pulse length) y máximo del pulso Maximun pulse length) en la resolución de blancos con un pulso de 0.512 ms.*
- Figura 23. Frecuencia de tallas global muestreados en los cruceros RECLAN152 (UD Norte); RECLAN34 (UD Centro-norte) y RECLAS (UD Centro-sur)
- Figura 24. Estados de Madurez Sexual (EMS) de anchoveta muestreados en los cruceros RECLAN152 (UD Norte); RECLAN34 (UD Centro-norte) y RECLAS (UD Centro-sur)
- Figura 25. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2008 y 2013 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte)
- Figura 26. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2013 y 2016 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte)
- Figura 27. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2014 al 2020 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte)
- Figura 28. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ en el 2020 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte) y entre 2014 a 2020 en los cruceros RECLAN 34 (UD Centro Norte)
- Figura 29. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2015 al 2021 en los Cruceros RECLAS (UD Centro-sur)
- Figura 30. Valores de las ganancias calibradas en los transductores usados con el ecosonda científico SIMRAD EK 60 por pulso y frecuencia en el periodo 2008-2021. En la frecuencia 120 khz se cambió el transductor en el 2011.
- Figura 31. Histograma global de TS *in situ* por pulso de anchoveta, frecuencia 120 khz.. Cruceros RECLAN 152 (UD Norte); RECLAN34 (UD Centro-norte) y RECLAS (UD Centro-sur)
- Figura 32. Histograma global de TS *in situ* por pulso de anchoveta frecuencia 38 khz.. Cruceros RECLAN 152 (UD Norte) y Cruceros RECLAN 34 (UD Centro Norte)
- Figura 33. Histograma global de TS *in situ* por pulso de anchoveta frecuencia 38 khz.. Cruceros RECLAS (UD Centro Sur).
- Figura 34. Ecuaciones TS-L de anchoveta por pulso en cada UD, en frecuencia 38 Khz. Se muestran  
Figura 35. Relación TS<sub>in situ</sub>-L de anchoveta por Unidad Demográfica, frecuencia 38 khz sus bandas de confianza al 95%.



- Figura 36. Ecuaciones TS-L de anchoveta por pulso en cada UD, en frecuencia 120 Khz. Se muestran sus bandas de confianza al 95%..
- Figura 37 Relación TS <sub>in situ</sub> -L de anchoveta por Unidad demográfica, frecuencia 120 Khz
- Figura 38. Estructura de tallas de las anchovetas usadas en las mediciones de TS <sub>ex-situ</sub>
- Figura 39 Histogramas de TS<sub>j</sub> de anchoveta a diferentes pulsos en la frecuencia de 38 khz, la nomenclatura de cada caso consiste en un numero correlativo, TSSL\_pppp\_ff (TS talla\_pulso\_frecuencia)
- Figura 40. Histogramas de TS jaula de anchoveta por pulso, frecuencia 120 khz, se indica el histograma de la jaula vacía, en el caso del pulso 1.024, la jaula vacía no emitió eco. La nomenclatura de cada caso consiste en un numero correlativo, TSSL\_pppp\_ff (TS talla\_pulso\_frecuencia)
- Figura 41. Posición anómala de la anchoveta dentro de la jaula. En el círculo se indica la posición diagonal en el vértice superior de la jaula
- Fig. 42, Relación TS <sub>exsitu</sub>-L de anchoveta para las frecuencias 38 y 120 Khz.
- Figura 43. Relación del TS global de anchoveta in situ+ex situ para 38 y 120 khz
- Figura 44 Relación funcional entre el área dispersante ( $\sigma_z$ ) y la profundidad (z) para las frecuencias de 38 y 120 khz
- Figura 45 Valores promedio e Intervalo de confianza del largo, área y elongación de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.
- Figura 46 Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro, área y dimensión fractal de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.
- Figura 47. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones, profundidad de fondo e índice de altura de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.
- Figura 48. Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa, energía retrodispersada ( $s_A$ ) y densidad acústica de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.
- Figura 49 Valores promedio e Intervalo de confianza de la velocidad de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.
- Figura 50. Valores promedio e Intervalo de confianza de Dirección Vertical de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.
- Figura 51 .Valores de la dirección vertical de natación v/s velocidad del pez, se considera toda la base de datos
- Figura 52 . Valores de la dirección vertical de natación v/s velocidad del pez, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.



Figura 53. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

Figura 54. Rango de talla de las anchovetas analizadas en laboratorio.

Figura 55. Morfología interna de una anchoveta.

Figura 56. Vejiga natatoria de anchoveta.

Figura 57. Longitud de la vejiga natatoria de anchoveta respecto a la longitud total (talla) para cada UD.

Figura 58.- Relación entre el volumen corporal de anchoveta y su longitud total.

Figura 59. Relación entre el volumen corporal de anchoveta y su longitud total por unidad demográfica.

Figura 60. Relación entre el volumen corporal y el volumen de la gónada respecto a la longitud total por UD.

Figura 61. Comparación entre imágenes obtenidas por: a) Resonancia Magnética; b) Tomografía Axial Computarizada. Se especifica cada una de las vistas analizadas (Axial, Coronal y Sagital).

Figura 62. Correspondencia entre las imágenes obtenidas por imagenología y la disposición de los órganos internos de la misma anchoveta. A) Pez disecado en laboratorio; b) TAC y c) Reconstrucción en 3D de la vejiga natatoria.

Figura 63. Reconstrucción en 3D y obtención de estimados de volumen del cuerpo, volumen del estómago y volumen de la vejiga natatoria de anchoveta. a) Cuerpo del pez; b) Estructura ósea y órganos internos de anchoveta.

Figura 64. Identificación de órganos internos de anchoveta a partir de la reconstrucción en 3D. ...

Figura 65. Efecto del estómago de anchoveta (de color café) sobre la vejiga natatoria (de color verde) destacado en un círculo rojo.

Figura 66. Estómago vacío de anchoveta.

Figura 67.- Angulo de inclinación de la vejiga natatoria (en verde) respecto al eje horizontal del pez ( $8^\circ$  para la muestra).

Figura 68. Ejemplo de anchoveta sin resultados positivos por TAC.

Figura 69. Relación entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta y el volumen corporal.

Figura 70. Relación entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta y el volumen corporal.

Figura 71. Relación entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta y el volumen del estómago.

Figura 72. Relación entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta obtenido en laboratorio y el volumen de la vejiga natatoria obtenido por reconstrucción 3D.

Figura 73. Volumen del estómago versus volumen corporal de anchoveta (en porcentaje).



Figura 74. Volumen corporal, Volumen estómago y proporción de el volumen corporal y el volumen del estómago (%), con respecto a la talla en las 3 zonas evaluadas (norte, centro y sur).

Figura 75: Ítems presa del zooplancton en estómagos de anchoveta.

Figura 76. Frecuencia de ocurrencia (%) del zooplancton en la dieta de anchoveta.

Figura 77. Abundancia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta.

Figura 78. Frecuencia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta, para los sectores norte, centro y sur de Chile.

Figura 79. Abundancia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta, para los sectores norte, centro y sur de Chile.

Figura 80. Frecuencia de ocurrencia (%) del zooplancton en la dieta de anchoveta, para el espectro de tamaño.

Figura 81. Abundancia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta, para el espectro de tamaño.



## INDICE DE TABLAS

---

- Tabla 1. M3ximos cambios en valores de TS reportados en literatura. Fuente: Hazen y Horn, 2003.
- Tabla 2. Controles generales de los ecosondas por frecuencia usados en las mediciones in situ y ex situ
- Tabla 3. Tama1o de las esferas de calibraci3n de cobre y tungsteno seg1n la frecuencia del ecosonda
- Tabla 4 Sets de datos de TS<sub>in situ</sub> de anchoveta candidatos a entrar en los procesos de determinaci3n del TS por a1o en la UD norte (Cruceros RECLAN 152). Datos recolectados con ecosonda EK-60.
- Tabla 5. Sets de datos de TS<sub>in situ</sub> de anchoveta candidatos a entrar en los procesos de determinaci3n del TS por a1o en la UD centro norte (Cruceros RECLAN 34) recolectados con ecosonda SIMRAD EK-60.
- Tabla 6. Estaciones de datos de TS<sub>in situ</sub> de anchoveta candidatos a entrar en los procesos de determinaci3n del TS por a1o en la UD centro sur (Cruceros RECLAS). Datos calibrados y con muestreos biol3gicos recolectados con ecosonda SIMRAD EK-60.
- Tabla 7 Par3metros a usar en procesamiento de datos de TS<sub>in situ</sub> de anchoveta, opci3n Single Target detection.
- Tabla 8. Distintos valores del grillado de los ecogramas usados en distintas especies por varios autores para aplicar el filtro de densidad en el EV 7.1.
- Tabla 9 Par3metros de detecci3n de blancos resueltos para la estimaci3n del TS<sub>in-situ</sub> de engraulidos seg1n distintos autores.
- Tabla 10. Capturas y muestras por especie presente en los lances de pesca realizados en el estudio
- Tabla 11. Escala de cuantificaci3n del grado de llenado de los est3magos.
- Tabla 12 Par3metros de la Calibraci3n del ecosonda SIMRAD EK-60 version 2.2.0 del Buque Abate Molina. Transductor ES 38B de 38 khz . GPT 38 kHz 00907205c5f1
- Tabla 13 Par3metros de la Calibraci3n del ecosonda SIMRAD EK-60 version 2.2.0 del Buque Abate Molina. Transductor ES 120 y ES 120-7c de 120 khz . GPT 120 kHz 00907205c61d 2-1 ES120 (antes del a1o 2011) y GPT 120 kHz 00907205c61d 2-1 ES120-7C (a1o 2011), versi3n de la calibraci3n 2.1.0.12
- Tabla 14. Test de pendiente t student para el an3lisis por pulsos y UD en frecuencia 38 Khz (Ho=igualdad de pendientes).
- Tabla 15. Test de pendiente t student para el an3lisis de las relaciones TS-L de anchoveta por pulso y UD en frecuencia 38 Khz con la sustracci3n de los sets R34\_38\_1024 y el RS\_38\_1024 (Ho=igualdad de pendientes).



- Tabla 16. Análisis de varianza para el modelo  $TS_{is}=18.134 \text{ LOG(L)} - 71.352$ ,  $R^2=0.9286$ ;  $n=24$  para anchoveta, en frecuencia 38 Khz
- Tabla 17. Test de pendiente t student para el análisis por pulsos y UD en frecuencia 120 Khz (Ho=igualdad de pendientes).
- Tabla 18. Test de pendiente t student para el análisis de las relaciones TS-L de anchoveta por pulso y UD en frecuencia 120 Khz con la sustracción de los set R34\_120\_512, R152\_120\_512, RS\_120\_512, RS\_120\_1024 (Ho=igualdad de pendientes).
- Tabla 19. Análisis de varianza para el modelo  $TS_{is}=18.5431 \text{ LOG(L)} - 72.3883$ ;  $R^2=0.87$ ,  $n=71$  para anchoveta, en frecuencia 120 Khz
- Tabla 20 Análisis de varianza de la ecuación  $TS_{\text{ex-situ}}$  de anchoveta ( $TS=11.51 \text{ Log (L)} - 63.831$ ;  $R^2=0.48$ ,  $n=12$ ) con 38 khz
- Tabla 21 Análisis de varianza de la ecuación  $TS_{\text{ex-situ}}$  de anchoveta ( $TS=11.80 \text{ Log (L)} - 64.148$ ;  $R^2=0.26$ ;  $n=16$ ) con 120 khz
- Tabla 22 Análisis de varianza de la ecuación global  $TS_{\text{ex-situ}} + TS_{\text{in situ}}$  de anchoveta ( $TS=16.809 \text{ Log (L)} - 70.0233$ ;  $R^2=0.91$ ;  $n=36$ ) con 38 khz
- Tabla 23 Análisis de varianza de la ecuación global  $TS_{\text{ex-situ}} + TS_{\text{in situ}}$  de anchoveta ( $TS=18.6649 \text{ Log (L)} - 72.4941$ ;  $R^2=0.88$ ;  $n=87$ ) con 120 khz
- Tabla 2. Resumen de los grupos de datos para calcular el factor de compresión de la anchoveta.
- Tabla 25. Análisis de varianza de la relación lineal  $\log_{10}(\sigma_z) = -0.6505 \log_{10}(1 + z/10) - 0.9113$  para frecuencia 38 Khz.
- Tabla 26. Análisis de varianza de la relación lineal  $\log_{10}(\sigma_z) = -0,3631 \log_{10}(1 + z/10) - 1,0897$  para frecuencia 120 Khz.
- Tabla 27. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $S_A$ ) de las agregaciones de anchoveta de Proyectos RECLAN12.
- Tabla 28. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $S_A$ ) de las agregaciones de anchoveta de Proyectos RECLAN34.
- Tabla 29. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $S_A$ ) de las agregaciones de anchoveta de Proyectos RECLAS.
- Tabla 30. Valores sigma y F, calculados para Andeva de un factor para comparación de valores medios de los descriptores por proyectos (Reclan12, Reclan34 y Reclas).
- Tabla 31. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores para las marcas individuales de anchoveta de Proyectos RECLAN12.



- Tabla 32. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores para las marcas individuales de anchoveta de Proyectos RECLAN34.
- Tabla 33. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores para las marcas individuales de anchoveta de Proyectos RECLAS.
- Tabla 34. Ejemplares de anchoveta colectados para el presente estudio
- Tabla 35. Tamaño de muestra utilizado para cada actividad por unidad demográfica.
- Tabla 36. Resultados obtenidos mediante análisis de imagenología y en laboratorio para los peces escaneados.
- Tabla 37. Promedio del volumen del estómago (ml) y porcentaje respecto del ejemplar completo (%), categorizado por zona y espectro de tallas (cm).
- Tabla 38. Porcentaje de llenado estomacal en ejemplares de anchoveta por zonas.
- Tabla 39. Porcentaje de llenado estomacal en ejemplares anchoveta, por rango de tamaños.
- Tabla 40. Tabla de presencia del contenido estomacal para los ejemplares de anchoveta obtenidos en las regiones norte, centro y sur.
- Tabla 41. Estadísticos básicos de ítems presas del zooplancton presentes en los estómagos de anchoveta.
- Tabla 42. Índice de Importancia Relativa (IIR, %) para los ítems-presa del zooplancton analizados en los estómagos de anchoveta (N= 108).
- Tabla 43. Índice de Importancia Relativa (IIR, %) para los ítems-presa del zooplancton analizados en los estómagos de anchoveta, para la zona norte, centro y sur de Chile.
- Tabla 44. Índice de Importancia Relativa (IIR,%) para los ítems-presa del zooplancton analizados en los estómagos anchoveta, para pre-reclutas, reclutas y adultos.
- Tabla 45. Promedios de los ítem-presa presentes en los estómagos de anchoveta para los diferentes estratos de tamaño que existe en cada zona evaluada.
- Tabla 46. Índice de diversidad trófica para el rango de tamaño y zonas de muestreo.
- Tabla 47.- Comparación de la relación de cambio porcentual entre los factores que influirían en la fuerza de blanco de anchoveta.
- Tabla 48.- Relación de comparación entre los factores ( $F_A/F_B$ ) que influyen en la fuerza de blanco de anchoveta.
- Tabla 49. Resumen de las ecuaciones de TS-L ajustadas por Unidad Demográfica, método y frecuencia
- Tabla 50. Valores de b20 de diferentes engrúlididos obtenidos con distintos métodos y frecuencias del ecosonda, disponibles en la literatura



## 1. INTRODUCCI3N

La anchoveta (*Engraulis ringens*) constituye el principal recurso pelágico capturado en el pa3s, representando en el periodo 2008-2020 entre un 22.4 y 35% del total de peces, con la única excepci3n del a3o 2016 en que su aporte se redujo al 17.5% y del 2020 con el 18.7% (Fig. 1).

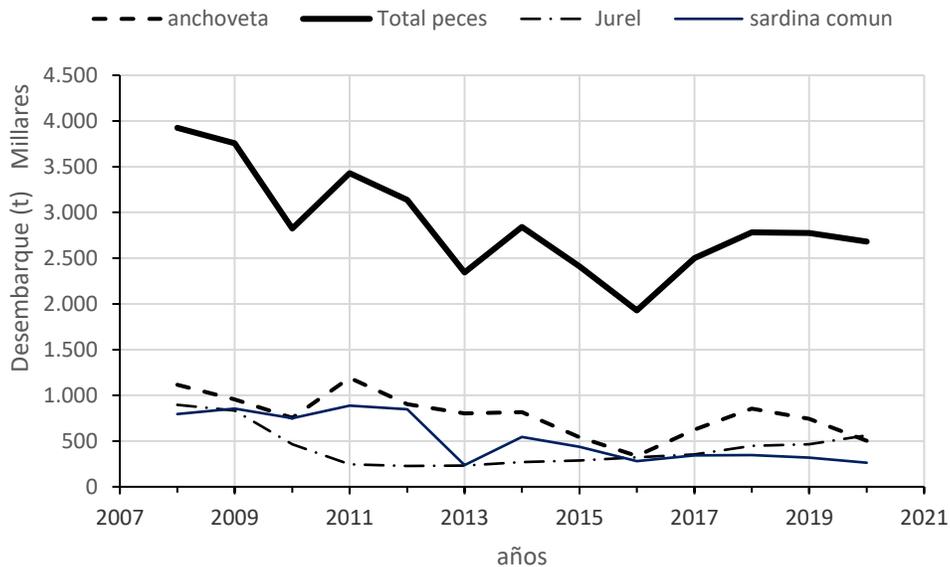


Figura 1. Desembarque de peces en Chile entre el 2008 y 2020.

Esta pesquer3a se desarrolla en Chile en tres sectores ubicados entre las Regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta (zona norte); Atacama a Coquimbo (zona centro-norte) y Valpara3so a Los Lagos (zona centro-sur). Hist3ricamente, la Regi3n de Arica y Parinacota a Antofagasta ha registrado los mayores desembarques de esta especie, representando sobre el 60% del total; seguido por las Regiones Valpara3so a Los Lagos y finalmente Atacama a Coquimbo. Los desembarques en el periodo 2016 a 2020 han variado entre 337.446 t el 2016 y un m3ximo de 855.528 t en el 2018. El 2020 representa uno de los valores menores en los desembarques de anchoveta con 501.676 t superando solamente al m3nimo del 2016 ([www.sernapesca.cl](http://www.sernapesca.cl)).

Los sectores en los que se desarrolla la pesquer3a de este recurso coinciden con las unidades demogr3ficas o ecol3gicas identificadas por Niklitschek *et al* (2015), quienes destacaron diferencias entre las UD basadas principalmente en las tasas de crecimiento, tama3o de los huevos; distintos periodos del reclutamiento y en los últimos a3os en las tallas promedio de los ejemplares.

Las relaciones de TS/L de anchoveta que se han utilizado en las evaluaciones acústicas de la biomasa de anchoveta hasta la fecha en Chile, se han estimado con métodos *in situ*, asumiendo iguales características biol3gicas de la especie en todo el pa3s. Sin embargo, en base a las nuevas evidencias



de diferencias entre unidades demográficas de la anchoveta, se establece la necesidad de analizar y actualizar la relación TS-L, por unidad demográfica. Es así como el proyecto FIPA 2020-19 (“Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las unidades demográficas de anchoveta a nivel nacional”) busca responder la inquietud científica de la posible existencia de diferentes ecuaciones de la intensidad de blanco (TS) respecto a la talla de la anchoveta en las tres unidades demográficas señaladas, aplicando métodos *in situ* y *ex situ* y estudiando los factores fisiológicos que pueden afectar la respuesta acústica de la especie.

En este contexto, el presente informe da cuenta de las actividades realizadas en el proyecto FIPA 2020-19, desarrollando el cumplimiento de los resultados de acuerdo a la metodología propuesta.

Las mediciones de la TS exsitu consideraba estudiar el efecto de la profundidad en la TS de anchoveta, realizando experiencias en varios estratos. Sin embargo, debido a las dificultades para conseguir muestras vivas de anchoveta en caladeros cercanos a fondeaderos abrigados al viento y corrientes de marea, con profundidades adecuadas para realizar las mediciones, se priorizó la medición en un solo estrato, cercano a los 14 m, en las cercanías de caleta Pichicolo que tenía un fondo del mar entre 25 y 30 m de profundidad, lo que fue insuficiente para variar el estrato de profundidad en la medición.

Se contrató al AZTI de España para que revisara, como consultor externo, los resultados del proyecto. El AZTI asignó al Dr. Guillermo Boyra Eizaguirre, experto en acústica y encargado de las evaluaciones de biomasa pelágicos en el golfo de Vizcaya y con amplia experiencia en la estimación de la TS de peces pelágicos, para realizar el trabajo encomendado, en el Anexo 6 se adjunta el informe de la consultoría.



## 2. ANTECEDENTES

---

El método acústico para estimar la abundancia de las poblaciones de peces se ha constituido en uno de los más utilizados a nivel mundial (Ona, 1999), siendo considerado una pieza de información relevante para sintonizar los modelos de evaluación de stock, siendo también útil en la exploración de nuevos recursos pesqueros. La versatilidad de esta metodología permite su aplicación en el estudio de la abundancia, distribución, comportamiento y de las relaciones ecológicas interespecíficas o con variables ambientales de especies marinas que van desde el zooplancton hasta grandes peces. En Chile son utilizadas en la evaluación de la abundancia de los principales recursos pesqueros, destacándose los pelágicos tales como anchoveta, sardina austral, sardina común y jurel y los demersales, como merluza común, merluza austral, merluza de cola y merluza de tres aletas.

La metodología acústica para la estimación del stock de peces requiere disponer de un ecosonda calibrado; conocer el comportamiento del recurso a estudiar; que la cobertura de la prospección cubra toda la distribución del stock y conocer las propiedades de dispersión acústica de los peces individual (TS-Target Strength) a la frecuencia de trabajo del ecosonda.

La fuerza de blanco (TS) de un pez se puede determinar en condiciones naturales en el medio ambiente (*in situ*) o en una situación en que se controlan algunas variables (*ex situ*). Las mediciones de TS *in situ* de peces incorporan la variabilidad de factores tales como la concentración o dispersión de los blancos; profundidad; tamaños; comportamiento respecto al haz acústico o la condición biológica de los individuos, siendo difícil individualizar el efecto de cada uno de esos factores en la respuesta final de la TS, su mayor ventaja es que el valor final refleja la situación natural de los individuos y la desventaja es que habitualmente es difícil conseguir que los peces presenten el comportamiento adecuado para la medición. En cambio, en las mediciones *ex situ* se conocen *a priori*, algunas variables como la talla, la profundidad y la densidad de los peces, lo que permite establecer el efecto del comportamiento, o de algunas variables biológicas relevantes como la madurez sexual en la TS. Su mayor ventaja radica en que las mediciones se realizan en condiciones controladas, mientras que su desventaja se relaciona con un comportamiento que puede ser inducido por la manipulación durante el experimento.

Para obtener mediciones válidas del eco individual en el medio natural (*in situ*) se requiere que los peces se localicen lo suficientemente separados para que el ecosonda los pueda discriminar como un blanco resuelto, para lo cual el ejemplar debe estar sólo dentro del volumen de resolución acústica. Este volumen corresponde a un cono truncado definido por el ángulo del haz acústico, y por la longitud del pulso transmitido. Por lo tanto, a mayores profundidades el volumen acústico es mayor debido al efecto del ángulo, dificultando la discriminación de blancos resueltos dentro de ese volumen. A lo anterior se agrega que, debido a la directividad del haz, la energía acústica se concentra en un ángulo relativamente angosto, factor que actualmente se corrige con los transductores de haz compartido que compensan las pérdidas de energía acústica en los blancos que se localizan hacia los bordes del haz haciéndolos comparables con los que se ubican al centro.



Son muchos los factores que afectan la TS y que pueden provocar variabilidad en las mediciones y que potencialmente pueden reducir la precisión de las estimaciones de abundancia (Foote, 1991; Misund, 1997). Generalmente las ecuaciones de regresión de TS típicamente incluyen solo la talla de los individuos como una variable independiente. Estas ecuaciones suponen sesgos iguales positivos y negativos para otros factores (Foote, 1980). Sin embargo, las mejoras en el análisis de datos acústicos y el modelado de la energía retrodispersada por los blancos han aumentado la comprensión de cómo las diferentes variables influyen en la TS. Dentro de los factores que más influyen en la variabilidad de la respuesta acústica de los peces se encuentra el aire contenido en su vejiga natatoria, el que puede contribuir entre 90 y 95% de la energía acústica retrodispersada (Foote, 1980). Mientras que la longitud del pez (Nakken y Olsen, 1977), su inclinación (McClatchie *et al.*, 1996; Foote, 1980; Henderson *et al.*, 2007; Furusawua y Amakasu, 2010) y su profundidad (Ona, 1990; Gauthier y Rose, 2001; Zhao, *et al.*, 2008; Murase *et al.*, 2011) se han descrito como los principales factores que influyen en el volumen, forma u orientación de la vejiga natatoria y que tienen una gran influencia en la TS (Ona, 1990).

La vejiga natatoria, es un saco ovalado que se encuentra en la cavidad abdominal del pez por debajo de la columna vertebral, su función principal es controlar la boyantes mediante la expulsión o incorporación de gases. Desde el punto de vista de la vejiga gaseosa, los peces se clasifican en fisoclistos, que tienen la vejiga gaseosa cerrada sin conexión con el ducto digestivo y fisóstomos, en los que la vejiga gaseosa se conecta con el esófago mediante un conducto neumático que les permite tomar aire desde la superficie. En ésta última categoría se clasifican los peces pelágicos, como la anchoveta.

Variables físicas como la frecuencia del transductor (Foote, 1985; Holliday y Pieper, 1995) u otros factores biológicos, además de la vejiga gaseosa, como la madurez sexual (Jorgensen, 2003; Ona 2003) o el contenido de grasa del pez (Zhang *et al.*, 2011) también se han descrito como potenciales fuentes de variación de la respuesta del blanco. Un resumen de los efectos de cada factor se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1. Máximos cambios en valores de TS reportados en literatura. Fuente: Hazen y Horn, 2003.

Factor	$\Delta$ TS Reportado	Cambio en el factor
Vejiga natatoria	>90%	Presencia/ausencia
Longitud	25 dB	500 mm
Ángulo	30 dB	45°
Profundidad	5 dB	35 m
Gónadas	5 dB	61% del volumen de la vejiga
Contenido estomacal	5 dB	50% del volumen de la vejiga

Mediciones de fuerza de blanco de anchoveta han sido documentadas para *Engraulis capensis* en las costas de Sudáfrica (Barange *et al.*, 1996), *Engraulis japonicus* en el Pacífico noroeste (Kang *et al.*, 2009; Murase *et al.*, 2011; Sawuada *et al.*, 2009; Zhao *et al.*, 2008), *Engraulis encrasicolus* en la bahía



de Biscay (Doray *et al.*, 2016) y *Engraulis anchoita* frente a Argentina (Madirolas *et al.*, 2017). Para *Engraulis ringen* en el ecosistema de Humboldt se cuenta con trabajos de fuerza de blanco en informes técnicos tanto en Chile (Castillo *et al.*, 2011) como en Perú (MacLennan *et al.*, 1998).

El proyecto FIPA 2020-19 busca actualizar las ecuaciones de TS-L de anchoveta utilizadas actualmente en Chile en las evaluaciones de la biomasa con equipos acústicos y que fueron ajustadas el 2011, incluyendo los posibles factores que eventualmente provocan diferencias, enfatizando las comparaciones y análisis entre las Unidades Demográficas identificadas para la anchoveta.



### 3. OBJETIVOS

---

#### a. Objetivo General

Estimar la fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en sus distintas unidades demográficas a nivel nacional.

#### b. Objetivos Específicos

- i. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.
- ii. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero.
- iii. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones.
- iv. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco.



## 4. METODOLOGÍA POR OBJETIVO

El enfoque metodológico del proyecto para determinar la fuerza de blanco (TS) de la anchoveta, considera la aplicación de dos métodos de estimación clasificados como métodos *in situ* y métodos *ex situ* (Foote, 1991). En el caso de los datos *in situ*, se considera el procesamiento de la colección recolectada desde el 2008, a los que se les adicionaron nuevas mediciones en el 2020 y 2021, en los distintos cruceros de evaluación acústica de la biomasa de los pequeños pelágicos en las zonas norte (Arica-Parinacota a Antofagasta), denominados RECLAN152; centro-norte (Atacama a Coquimbo), denominado RECLAN34 y; centro-sur (Valparaíso a Los Ríos) identificados como RECLAS, cada uno de estos cruceros se realizaron en las Unidades Demográficas identificadas para la anchoveta.

En el caso de los resultados *ex situ*, se realizaron mediciones con jaula a bordo de una embarcación cerquera artesanal que opera habitualmente en la zona de Los Lagos.

### 4.1. *Objetivo 1. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.*

#### 4.1.1. Área de estudio

Atendiendo a la distribución de la anchoveta en Chile, el área de estudio se localiza entre las regiones de Arica-Parinacota hasta Los Lagos, subdividida en tres subzonas, correspondiente a las tres Unidades Demográficas: zona norte localizada entre Arica-Parinacota a Antofagasta; zona centro-norte, localizada en las regiones Atacama a Coquimbo y centro-sur ubicada en las regiones de Valparaíso a Los Lagos (Fig. 2).

#### 4.1.2. Embarcaciones y equipos

Los datos de TS *in situ* disponibles para ser procesados, fueron recolectados a bordo del B/I Abate Molina, buque oceanográfico-pesquero de 43 m de eslora, con motor de 1200 HP de potencia, equipado con una red de arrastre pelágica de 4 paneles de diseño ENGEL. Esta red es de 97 m de largo, sin copo, con 168 mallas de circunferencia en la boca, tamaño de malla estirada en las alas y cielo de 1800 mm, disminuyendo paulatinamente hasta 12 mm en el túnel y copo, con portalones tipo Suberkrub de 4,5 m<sup>2</sup> de área y 750 kg de peso seco (300 kg peso húmedo) y polivalentes Morgere de 750 kg seco, **amantillada con 60 flotadores de 8" de diámetro, en paquetes de 10 dentro de bolsas de malla** que se instalan en la relinga y 4 flotadores tipo hidrofoil de 40 litros cada uno, que se ubican dos en las puntas de las alas y dos en el centro de la boca, permitiéndose de este modo realizar pesca en superficie. El copo tiene aproximadamente 21 m con 122 mallas (4) de 24 mm de tamaño de 4 paneles con tamaño de malla en el cubre copo de 1,5 cm (Fig. 3), la abertura en la boca de esta red en operación es aproximadamente 14 m (vertical) x 15 m (horizontal). La red y el aparejo de pesca se



equiparon con sensores de captura SIMRAD PI 50 de 43.2 a 50.4 khz, sintonizados para alertar cuando las capturas superaron los 1.000 kg y el comportamiento de la red se vigiló mediante un Net Sonda Furuno inalámbrico model CN 24 de 40 khz.

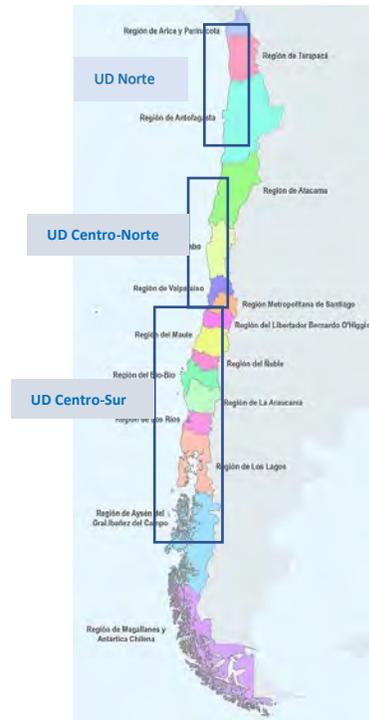


Figura 2. Área total y sub áreas de estudio según las unidades demográficas de anchoveta (Niklitschek *et al.*, 2018)

Los datos disponibles fueron recolectados con ecosondas científicos digitales SIMRAD EK 60 de 38 y 120 khz, con transductores de haz compartido. Estos ecosondas reemplazaron en 2008 a los modelos EK-500, la gran ventaja de estos instrumentos radica en la capacidad de almacenamiento de la información recolectada en formato Raw en medios magnéticos y la operación simultánea de varias frecuencias de sondeo, permitiendo realizar post procesos o corregir los parámetros de calibración si fuera necesario.

Las mediciones *ex situ* se realizaron a bordo de la lancha cerquera artesanal LM Pilfican IV (Eslora: 17,98 m; manga: 6,64 m; puntal: 2,82 m; TRG: 49,5 t y Potencia : 540 HP) equipada con ecosondas científicos SIMRAD EK 80 operando en banda angosta con transductores de haz dividido de 38 y 120 khz (7,5°) (Tabla 2).

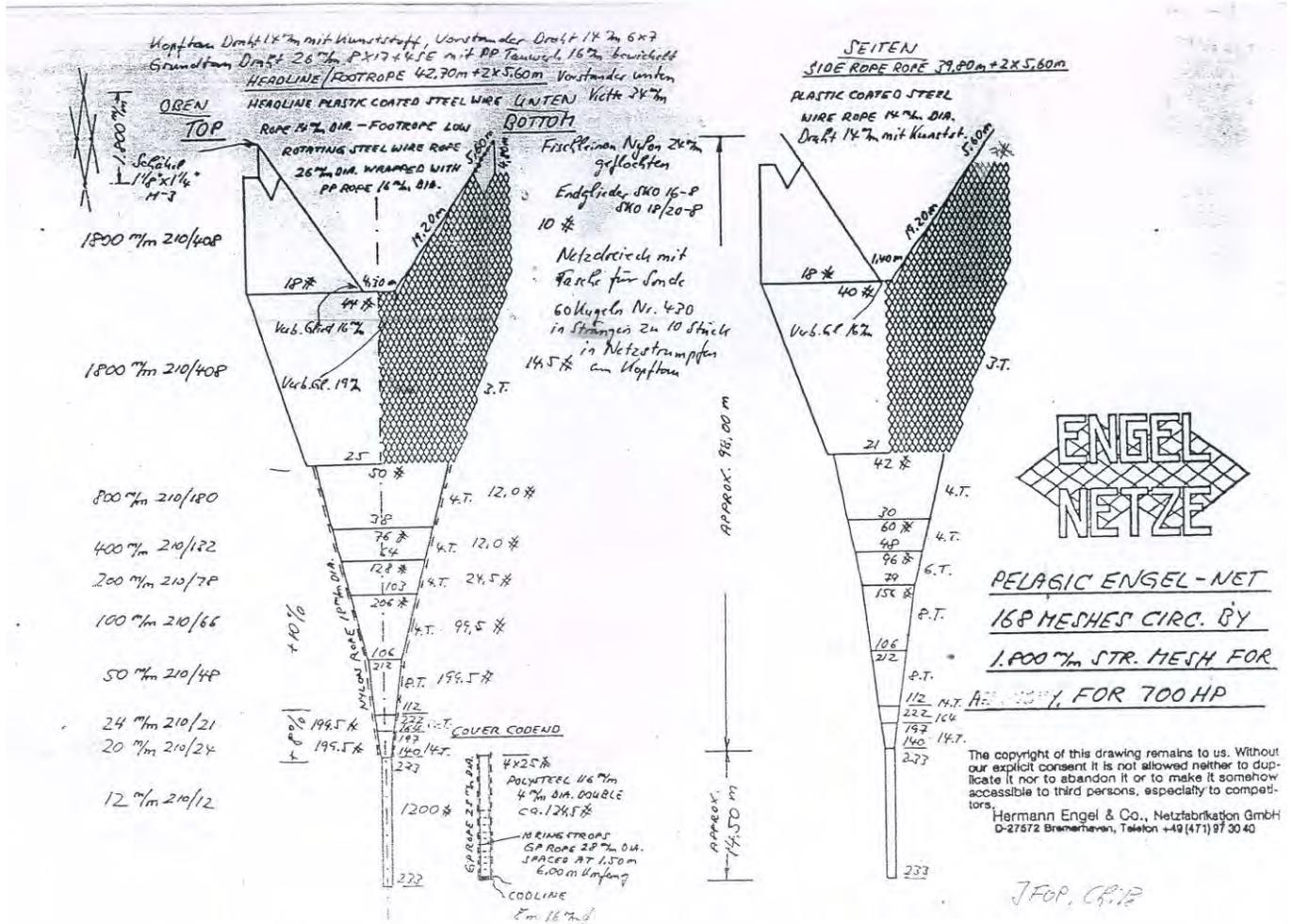


Figura 3. Plano de la red de media agua utilizada por el B/C Abate Molina para la captura de pequeños pelágicos.

Tabla 2. Controles generales de los ecosondas por frecuencia usados en las mediciones in situ y ex situ

Embarcación	Ecosonda-Mod	Frecuencia (Khz)	Potencia (W)	Tamaño de Pulso (ms)
Abate Molina	SIMRAD EK 60	120	250	0,256, 0,520, 1,024
		38	1000	0,256, 0,520, 1,024
Portátil (LM Piffican IV)	SIMRAD EK 80	120	250	0,256, 0,520, 1,024
		38	1000	0,256, 0,520, 1,024



Atendiendo a las facilidades operativas que ofrecen las embarcaciones cerqueras artesanales que desarrollan la pesquería pelágica en Los Lagos, las mediciones con jaula se realizaron en esa regi3n en el mes de julio del 2021.

#### 4.1.3. Calibraci3n de los ecosondas

Los ecosondas usados en las mediciones hist3ricas de la  $TS_{in\ situ}$  de anchoveta y las utilizadas en la medici3n del TS con jaula sintonizados en la frecuencia de 38 y 120 khz, fueron calibrados seg3n los m3todos est3ndar, utilizando esferas de cobre o tungsteno como blancos est3ndar. Los blancos de cobre fueron de 60 mm de di3metros para 38 khz y 23 mm de di3metro para 120 khz y tungsteno de 38,1 mm de di3metro para cualquiera de las dos frecuencias. Los sets de datos hist3ricos considerados en cada frecuencia ac3stica, fueron calibrados en Valparaíso antes de los correspondientes cruceros, se disponen de datos en los pulsos 0,256, 0,512 y 1,024 ms. El ecosonda EK-80 instalado en la LM Pilfican IV fue calibrado en Isla Chincui (41° 46.8'S; 73°06.4'O), los días 11 y 13 de abril del 2021.

El procedimiento de calibraci3n de los ecosondas consiste en usar un blanco est3ndar de cobre o tungsteno de tamaño diseñaado seg3n la frecuencia. En la Tabla 3, se indican los tamaños de los blancos est3ndar seg3n la frecuencia de trabajo del ecosonda.

Tabla 3. Tamaño de las esferas de calibraci3n de cobre y tungsteno seg3n la frecuencia del ecosonda

Esfera de Cobre		Esfera de carbon Tungsteno	
Frecuencia (kHz)	Di3metro (mm)	Frecuencia (kHz)	Di3metro (mm)
18	63 mm	38	38.1 mm
38	60 mm	70	38.1 mm
70	32.1 mm	120	38.1 mm
120	23 mm	200	38.1 mm
200	13.7 mm	333	22 mm

Los protocolos de calibraci3n de estos ecosondas digitales han permanecido inalterados desde la incorporaci3n de los transductores de haz compartido (split beam) a inicios de la d3cada de los 90.

En t3rminos generales la calibraci3n debe realizarse en condiciones similares a las que se registrar3n durante la prospecci3n. El buque debe localizarse en un lugar con calma de vientos y corrientes,



idealmente debe estar fondeado a “barbas de gato” (con tres anclas, una a popa y dos a proa). La profundidad del fondo del mar debe ser suficiente para asegurar que no se producirán interferencias del fondo del mar en el eco del blanco estándar. En el caso del Abate Molina, habitualmente las calibraciones se realizan previo a los cruceros en la bahía de Valparaíso, en profundidad del fondo superior a 35 m. Al momento de la calibración la columna de agua debe estar libre de otros blancos como plancton o peces, que puedan interferir o encubrir el eco del blanco estándar. Previo a la medición se debe medir la temperatura y la salinidad de la columna de agua a la profundidad del blanco estándar para ser ingresado al programa del ecosonda, a fin de calcular la velocidad del sonido.

El procedimiento consiste en ubicar el blanco estándar, adecuado a la frecuencia del ecosonda (Tabla 3) en el centro del haz acústico a una distancia entre el transductor y el blanco, superior a 10 m, de tal manera que se asegure que el eco no será afectado por el campo cercano del transductor. Una vez localizado el blanco en el ecosonda, se selecciona una tasa de sondeo de 1 ping/s para evitar la saturación de ecos en el programa. A continuación, se activa el programa de calibración que posee el ecosonda SIMRAD EK-60 que es similar al usado por el EK 80, desplazándose el blanco en el círculo que indica el diámetro del haz, hasta completar todos los registros. Los movimientos del blanco dentro del haz acústico se controlan mediante tres carretes con nylon monofilamento de 0,6 mm de diámetro localizados según el esquema de la Figura 4. De este modo con suaves movimientos de cada línea, el blanco se mueve dentro del haz.

Junto con el inicio de la calibración se debe activar la grabación de la información para archivar los datos raw en un directorio adecuadamente identificado con la frecuencia y el pulso que se utiliza. También se debe crear un archivo texto que identifica las condiciones ambientales y las características de los equipos (modelos, frecuencia, n° serie). Una vez finalizada la medición se cierra el programa y se actualizan los datos en el ecosonda. Se repite la medición en cada pulso y frecuencia de trabajo.

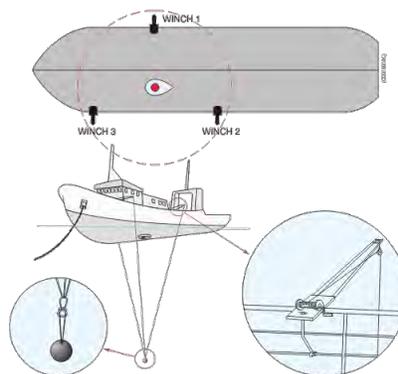


Figura 4. Esquema de ubicación del blanco estándar en el centro del haz acústico



#### 4.1.4. Condiciones metodológicas para la colección de TS *in situ*.

Las condiciones experimentales de la medición del TS *in situ*, deben cumplir con las siguientes condiciones para considerar los sets de datos candidatos a los procesos:

- Características de los blancos: Los blancos deben estar distribuidos en forma dispersa, en estratos y en profundidades accesibles a la red de mediagua usada para la recolección de las muestras biológicas. En el caso de anchoveta, esta condición se manifiesta en general en forma de estratos nocturnos dispersos en que la especie migra hacia la superficie para alimentarse.
- Condiciones meteorológicas. Las condiciones meteorológicas durante las mediciones deben ser calmas, sin viento ni marejadas a fin de reducir al máximo el movimiento del buque.
- Proporción de especies. Los datos acústicos deben provenir de agregaciones en que la anchoveta domine la proporción de especies en las capturas. La proporción debe ser 100% anchoveta, especialmente en el caso de especies con ecos cercanos, como sardina común. En el caso en que se encuentre fauna asociada, como medusas, langostinos o peces de ecos claramente diferenciables de la anchoveta, se aceptará una proporción de 85%.
- Alteraciones externas. Se debe evitar que en las cercanías del lugar en que se realice la medición se registren otros factores que puedan alterar el comportamiento de los peces, tales como alta presencia de mamíferos marinos, operación de flota pesquera o alto tráfico marítimo.
- Muestras biológicas. Se debe disponer de muestras biológicas de las agregaciones insonificadas antes o después de la medición de TS. Idealmente, el lance deberá hacerse antes de la estación de TS puesto que la proporción de especies registrada, permitirá decidir la realización de la estación de TS. El arte de pesca, en este caso arrastre de media agua, debe capturar en el mismo estrato de profundidad en que se recolecten los datos acústicos. Las muestras biológicas recolectadas son: talla individual, peso individual, Estado de Madurez Sexual (EMS), grado de llenado de los estómagos.
- Ecosondas. Los ecosondas deben estar calibrados en las distintas frecuencias y tamaño del pulso en que se realizan las mediciones de la TS. Los ecosondas deben ser operados en tamaños de pulso que aseguren la condición de blancos resueltos, dado que esta condición no se conoce *a priori*, en el presente caso las mediciones se realizaron con tres tamaños de pulso (0,256, 0,512 y 1,024 ms) en forma simultánea con las frecuencias de 38 y 120 khz. La tasa de sondeo debe ser la máxima posible, cuidando que el ecosonda mantenga sus condiciones de operación normal y no pierda ecos por saturación del procesador del computador o la pérdida sea mínima,



habitualmente esta condición se logra deshabilitando equipos periféricos que estén conectados o información que se presenta en la pantalla y que consuma recursos computacionales y usando un rango de profundidad ajustado a la agregación detectada. La observación por cada pulso tuvo una duración de 15 a 20 min.

- Operación del buque. El buque debe mantenerse detenido o a muy bajo andar sobre la agregación insonificada, con todas las luces de cubierta apagadas.

#### 4.1.5. Evaluación de la calidad de la información disponible.

Se evaluaron los datos históricos de medición del  $TS_{in\ situ}$  de anchoveta por unidad demográfica, de acuerdo al cumplimiento de las condiciones señaladas anteriormente. Se seleccionaron los datos recolectados después del año 2008 con el ecosonda SIMRAD EK 60. En la Tabla 4 se presenta un resumen de los sets de datos históricos del TS para la UD norte y en la Tabla 5, los candidatos correspondientes a la UD centro norte

Tabla 4 Sets de datos de  $TS_{in\ situ}$  de anchoveta candidatos a entrar en los procesos de determinación del TS por año en la UD norte (Cruceros RECLAN 152). Datos recolectados con ecosonda EK-60 .

Año	N° de estaciones	Lances N°	PULSOS	modas	calibración	biología
2008	5	24-27-37-40-46	C-M-L	8-9-15-16-17	*	
2009	3	19-21-44	C-M-L	14-14.5	*	
2010	3	41-47-51	C-M-L	6-12-13	ok	ok
2012	4	3-23-42-54	C-M-L	13.5-14.5-15-16	*	
2013	10	22-23-30-32-33-35- 36-37-38-40 11-12-14-15-16-17-	C-M-L	11-13-15	ok	ok
2014	11	20-21-22-26-28	C-M-L	9.5-10-13.5-14-	ok	ok
2015	3	23-43-58	C-M-L	7-8-12-14-	ok	ok
2016	3	06-12-16	C-M-L	7-7.5-8	ok	ok
2017	3	21-37-42	C-M-L	7-10-10.5-11	ok	ok
2019	2	32-40	C-M-L	6.5-10-12-13-	ok	ok
2020	4	5-9-24-30	C-M-L	11,5-12,5-11,0-4,5	ok	Ok
51		Pulsos: C= 0.256 ms; M =0.512 ms y L= 1.024 ms				

En el verano de 2021 no se registraron condiciones de distribución de anchoveta adecuadas para la medición de  $TS_{in\ situ}$  en la UD centro norte.



En la UD centro-sur se dispone de 7 estaciones TS con datos calibrados y estaciones biológicas confirmadas a partir de 2015 (Tabla 6), en este caso no fue posible recolectar nueva información en el crucero de verano de 2021 (RECLAS 2101) debido a las condiciones meteorológicas y alto porcentaje de mezcla de la anchoveta con otras especies. En el crucero de mayo del 2021, se realizaron 4 estaciones de TS.

Tabla 5. Sets de datos de TS<sub>in situ</sub> de anchoveta candidatos a entrar en los procesos de determinación del TS por año en la UD centro norte (Cruceros RECLAN 34) recolectados con ecosonda SIMRAD EK-60.

Año	N° de estaciones		PULSOS	modas	calibración	biología
	TS	Lances N°				
2008	3	10-11-21	C-M-L	10-12.5-13-17		
2009	3	8-11-22	C-M-L	10-12.5-16.5		
2011	1	3	C-M-L	10.5		ok
2013	2	20-24	C-M-L	17		
2014	1	38	C-M-L	13	ok	ok
2015	2	17-34	M-L	13-16	ok	ok
2018	1	46	C-M	7.5	ok	ok
2020	1	24		11.0	ok	ok
2021	0					
14		Pulsos: C= 0,256 ms; M =0,512 ms y L= 1,024 ms				

Tabla 6. Estaciones de datos de TS<sub>in situ</sub> de anchoveta candidatos a entrar en los procesos de determinación del TS por año en la UD centro sur (Cruceros RECLAS). Datos calibrados y con muestreos biológicos recolectados con ecosonda SIMRAD EK-60.

AÑO	CRUCERO	LANCES	PULSOS (ms)
2015	Reclas 1501	L41	0,256; 0.512, 1,024
2015	Reclas 1505	L28	0,256; 0.512, 1,024
2016	Reclas 1601	L13	0.512, 1,024
2017	Reclas 1705	L42	0.512, 1,024
2019	Reclas 1905	L06 - L51	0.512, 1,024
2020	Reclas 2001	L03	0.512, 1,024
2021	Reclas 2105	L08, L023, L025,	0.256, 0.512, 1,024
Total		10	

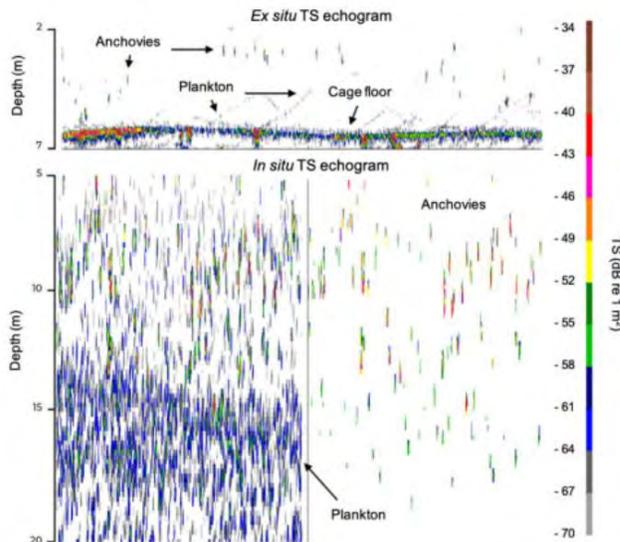
#### 4.1.6. Procesos de los datos de $TS_{in\ situ}$ .

La informaci3n ac3stica de  $TS_{in\ situ}$  disponible, se proces3 mediante el software Echoview 7.1, aplicando la opci3n de ecograma virtual. Considerando las caracteristicas gregarias de la anchoveta que reducen las posibilidades de disponer de blancos resueltos y a fin de descartar blancos indeseados, el procesamiento de cada archivo de datos de  $TS_{in\ situ}$  se realiz3 en tres etapas:

- Separaci3n de peces de no peces en el ecograma mediante la bifrecuencia.
- Detecci3n de blancos resueltos, aplicaci3n del filtro de blancos m3ltiples
- An3lisis de la variaci3n de los par3metros de detecci3n de blancos resueltos en el Echoview.

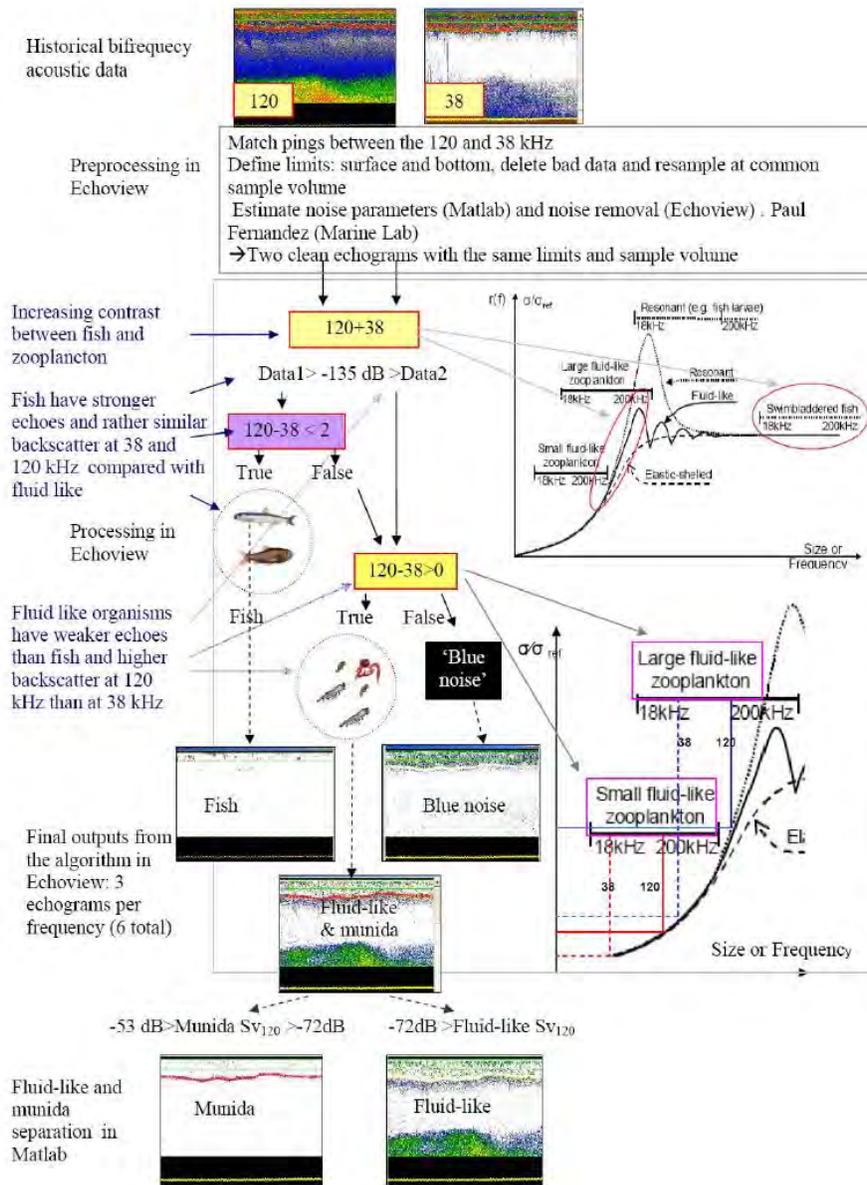
##### 4.1.6.1. Separaci3n de peces de no peces en el ecograma mediante la bifrecuencia

Para separar los peces del macrozooplancton (eufausidos, gastropodos, sifon3foros, etc. Stanton et al., 1996), se us3 el algoritmo bifrecuencia de Ball3n et al. (2011). Utilizando la fuerza del volumen de retrodispersi3n ( $S_v$  dB re  $1\ m^2/m^3$ , MacLennan et al., 2002) de las frecuencias de 38 y 120 kHz. **Figs 5 y 6.**



Fuente: Sobradillo et al., (2021)

**Figura 5.** Aplicaci3n de la bifrecuencia en mediciones de  $TS$ , para discriminar ecos de peces y macrozooplancton



Fuente: Ballón et al (2011).

**Figura 6.** Diagrama de flujo del método de bifrecuencia de discriminación de Ballón et al (2011)



#### 4.1.6.2. Detecci3n de blancos resueltos.

El algoritmo de detecci3n de un blanco busca seleccionar los ecos de los blancos aislados en cada transmisi3n. Para este proceso, previamente se habr3n definido la l3nea de fondo y superficie en los ecogramas y descartado los sectores con interferencia, dobles ecos o ruido.

La regi3n a analizar en el ecograma debe buscar los sectores en que evidentemente se presentan blancos aislados, por lo tanto, se seleccionan ventanas que entran en el proceso. El detector de blancos aislados tendr3 un buen desempe1o cuando los blancos individuales est3n bien espaciados. Sin embargo, es posible que se incorporen blancos m3ltiples que deber3n ser corregidos ajustando los par3metros utilizados en el software de post proceso. En la Tabla 7, se presentan los par3metros usados en la opci3n de blancos resueltos del software Echoview 7.0.

Tabla 7. Par3metros usados en el procesamiento de datos de  $TS_{in situ}$  de anchoveta, opci3n Single Target detection del EV 7.1.

Par3metro	Valor
Compensated TS threshold (dB)	-65.00
PLDL	6.00
Minimum normalized pulse length (NPL)	0.7 a 0.90
Maximum normalized pulse length	1.20
Beam compensation model	Simrad LOBE
Maximum beam compensation	4.00
Minor axis angles	1.00
Major axis angles	1.00

Obtener blancos resueltos es el primer paso de las mediciones de la TS (Target Strength, MacLennan et al., 2002). Para conocer la confiabilidad de los blancos resueltos, y evitar el efecto de los blancos m3ltiples se aplicaron los 3ndices de Sawada et al. (1993): 1) Nv (n3mero de peces en el volumen efectivo de reverberaci3n; indica la probabilidad de ocurrencia de blancos m3ltiples) y, 2) M (indica el porcentaje de ocurrencia de ecos m3ltiples). Sawada et al. (1993), recomienda trabajar con valores de Nv: 0,04 y M: 70%. Sin embargo, estos par3metros pueden ser modificados desde las variables virtuales de Echoview (sonar Data Pty. Ltd., Hobart, Tasmania Australia, [www.echoview.com](http://www.echoview.com)). Para aplicar los 3ndices en los ecogramas se defini3 una resoluci3n de grillado de 1 m (vertical) por 10 ping (horizontal).

A modo comparativo, en la **Tabla 8**, se detallan las resoluciones de grillado aplicados el TS de anchoveta y otras especies en otros estudios.

**Tabla 8.** Distintos valores del grillado de los ecogramas usados en distintas especies por varios autores para aplicar el filtro de densidad en el EV 7.1.

Especie	L (cm)	Nv	Vertical bins (m)	Horizontal bin (m)	Fuente
Anchoveta		0.04	1	25 ping	<i>Este estudio</i>
Anchoa europea			9	5	Sobradillo et al., 2021
Atlantic redfish	22	0.04	10	1400, 280, 56 y 28 m	Gauthier y Rose (2001)
Walleye pollock	18.3	0.04	4-16	700-1500	Sawada et al., 1993
Pilchard	15.5	0.34	1	Ca. 1500	Barange et al., 1996
Capelin	12.3	0.15-3.35	10	100	Rose (1998)
Capelin	5.1	0.4	5	50-80	O'Driscoll y Rose (2001)

#### 4.1.6.3. Parámetros de detección de blancos individuales

Se evaluaron los efectos en el número de blancos y en los histogramas de los TS de los parámetros Umbral mínimo y Longitud mínima del pulso / Longitud máxima del pulso :

##### Umbral Mínimo

Determinar un nivel de umbral mejora la discriminación de blancos no objetivos (medusas o plancton). El parámetro *Minimum Threshold* (Umbral Mínimo) ajusta la sensibilidad de la intensidad de los ecos.

##### Longitud mínima del pulso/Longitud máxima del pulso.

El eco de un blanco individual normalmente tendrá una longitud similar (o ligeramente mayor) que la longitud de la señal transmitida. Esto es así por las propiedades físicas del blanco (**Fig. 7**).

Algunos blancos individuales están tan cerca en alcance que se superponen. Esto dará un eco mayor que la longitud del eco transmitido. Es importante excluir esos blancos múltiples. Mediante los valores de longitud de eco, puede definir la longitud máxima y mínima del eco en comparación con el pulso transmitido. Si el eco es demasiado largo o demasiado corto, se excluirá.

Ejemplo de Simrad: Si el usuario establece *Minimum Echo Length* (Longitud mín. del eco) en 0,8, todos los ecos que sean más cortos que 0,8 veces la longitud del pulso transmitido



será eliminada. Si se establece *Maximum Echo Length* (Longitud máx. del eco) a 1,8, todos los ecos que sean más largos que 1,8 veces la longitud del pulso transmitido será eliminada.



**Figura 7.** *Pez objetivo (Anchoveta, Engraulis ringens) para la determinación de TS in situ*

En la **Tabla 9**, se muestran los parámetros utilizados en algunos estudios de TS de especies similares a la anchoveta en diferentes latitudes.

Para efectos del procesamiento de los datos de TS y de acuerdo al comportamiento de los filtros y de la literatura, en el presente estudio se determinó un umbral de -65 dB, una longitud mínima de pulso de 0,5 ms, una longitud máxima de pulso de 1,5 ms y un Maximum beam compensation de 4 dB.



**Tabla 9** Parámetros de detección de blancos resueltos para la estimación del TS *in-situ* de engraulidos según distintos autores.

Parámetros/Estudios	Barange et al. (1996)	Boswell y Wilson (2008)	Zhao et al. (2008)	Sawada et al. (2009)	Lee y Kang (2010)	Doray et al. 2011	Zare et al. (2017)	Madirolas et. (2017)	Sobradillo et al. (2021)
Tipo de experimento	<i>In situ</i>	<i>Ex situ</i>	<i>In situ</i>	<i>In situ</i>	<i>In situ</i>	<i>In situ</i>	<i>In situ</i>	<i>In situ</i>	<i>In situ</i>
Bandwidth (kHz)	38	420	38	70	120		38		38, 120 y 200
Single target detector									
Threshold (dB)		-65			-55	-60	-70	-70	-70
Minimum pulse length (ms)		0,5	0,8		0,8	0,8		0,5	0,7
Maximum pulse length (ms)		1,7	1,3		1,8	1,8		1,5	1,5
Maximum beam compensation (dB)		6	6		6	6		6	6
Max. Angle SD (minor/major) Degrees								0,8	0,6
Pulse duration (ms)	1,0	0,1 y 0,4	1,0	0,6	0,3	0,128	1,0	1,0	0,64; 0,128; 0,256 y 0,512
Especie		<i>Anchoa mitchilli</i>	<i>Engraulis japonicus</i>	<i>Engraulis japonicus</i>	<i>Engraulis japonicus</i>	<i>Engraulis encrasilocus</i>	<i>Clupeonella engrauliformis</i>	<i>Engraulis anchoita</i>	<i>Engraulis encrasicolus</i>
Nombre común		Bay anchovy	Japanese anchovy	Japanese anchovy	Japanese anchovy	European anchovy	Anchovy kilka	Argentine anchovy	European anchovy
Ecosonda	ES400	BioSonics DE-X	EK500	Kaijo Sonic Corp. KFC5000		EK60	EK500	EK500	EK60
Tipo de transductor		Split-beam	Split-beam		Split-beam		Split-beam	Split-beam	Split-beam
Modelo transductor	ES38B	420					ES38-B	ES38-B	ES38-B, ES120-7C y ES200-7C

#### 4.1.6.4. Selección de los TS *in situ*.

Una vez que se aplicaron los filtros indicados previamente, se descartaron los sets de datos que no habían sido calibrados o que carecían de los parámetros de calibración. Se descartaron los TS > -47 dB y los TS < -65 dB y aquellos que se localizaron a profundidades mayores a 40 m.



#### 4.1.7. Medición de TS ex-situ de anchoveta.

Se aplicó la metodología de calibración de peces vivos en jaula propuesta por Kang y Hwang. (2003) y aplicada por Legua y Lillo (2018).

##### 4.1.7.1. Área y periodo de estudio

Las mediciones se realizaron en las cercanías de la caleta Pichicolo ( $46^{\circ}00,6'S$  y  $72^{\circ}36,16'W$ ) (región de Los Lagos ) a bordo de la embarcación pesquera artesanal LM Pilfican IV (eslora 17.98 m; manga 6.64 m; puntal 2.82 m; TRG 49.95; Potencia 540 HP; casco de acero) entre el 10 y 13 de julio del 2021.

##### 4.1.7.2. Equipamiento acústico

Se utilizó un ecosonda científico SIMRAD EK-80 operando en banda angosta con transductores de haz dividido (split beam) de 38 kHz modelo ES38-7 y 120 khz mod ES 120-7C ( $7,5^{\circ}$ ) previamente calibrados con esfera de tungsteno de 38,1 mm de diámetro, según metodología estándar (Tabla 2). Los transductores fueron montados en una plataforma de 85 por 55 cm con sistema cardan a fin de compensar los movimientos del mar y estabilizar el sistema completo de la jaula que insonificaron la jaula simultáneamente en la modalidad de banda angosta en pulsos 0.256; 0.512 y 1.024 ms.

La calibración del sistema acústico, se realizó en Isla Chincui ( $41^{\circ} 46.8'S$ ;  $73^{\circ}06.4'O$ ), los días 11 y 13 de abril del 2021 (Foote, 1987; Demer *et al.*, 2015; Simrad, 2008).

##### 4.1.7.3. Estructura para la medición de la TS ex situ

Se construyó una jaula de forma cúbica de 0,5 m de lado ( $0,125\text{ m}^3$ ) de nylon monofilamento de 1 mm de diámetro y tamaño de malla estirada de 15 mm. Las mallas en la jaula se armaron cuadrada. La jaula se montó entre dos marcos cuadrados de tubos PVC de 50 mm de diámetro de 2 m por lado, separados por 4 m. La jaula se unió a los marcos mediante nylon monofilamento de 0,9 mm de diámetro. Los tubos PVC de los marcos fueron perforados para permitir que se inundaran y de ese modo reducir el ruido provocado por el aire contenido en su interior. El transductor se ubicó a aproximadamente 10 m del marco superior y se sumergió a 1,5 m de la superficie (Figs. 8 y 9).

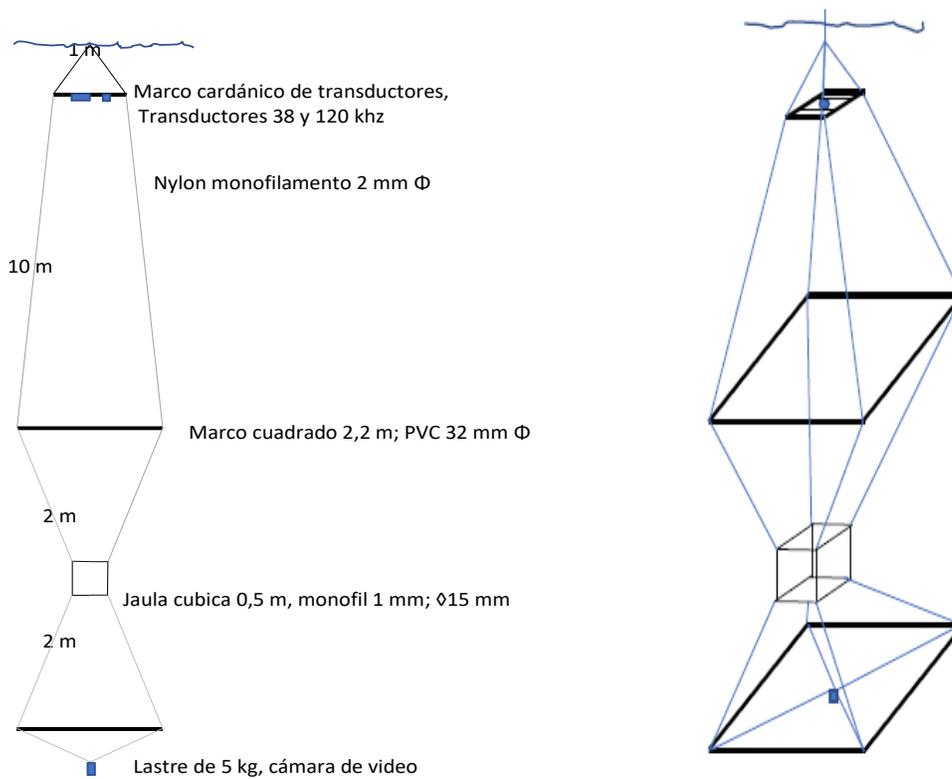


Figura 8. Esquema del arreglo general de la jaula para medición de la TS de anchoveta.



Figura 9. Arreglo del sistema de la jaula cúbica de 0,5x0,5x0,5 m y de los transductores de 38 y 120 khz usado para la calibración de anchoveta con jaula.



4.1.7.4. Recolección y mantención de las muestras vivas.

La LM Pilfican IV zarpó desde Calbuco el 8 de julio del 2021, realizando una prospección en el sector de Hornopirén en la noche del mismo día. En la mañana del 9 de julio, se prospectó el sector de Pichicolo y caleta El manzano, realizándose dos lances, sin captura de anchoveta. En el crepúsculo se realizó un tercer lance el que resultó exitoso para la captura de anchoveta. (Tabla 10, Fig. 10). La fauna asociada en el lance 3 estuvo compuesta por sardina común (25,8% en número y 22,7% en peso) mote (2,5% en número y 1% en peso) y pampanito (1,8% en número y 3,6% en peso). En el lance 1 solo se capturó una muestra principalmente de mote y presencia de langostino de los canales, pejerrey y anchoveta, mientras que el lance 2 no registró captura.

Tabla 10. Capturas y muestras por especie presente en los lances de pesca realizados en el estudio

Lance N°	fecha	hora	Lat (S)	Lon (W)	Captura total (kg)	Número de ejemplares en la muestra					Peso de ejemplares en la muestra (g)					
						Mote	L. canales	Pampanito	Pejerrey	S. comun	Anchoveta	Mote	L. canales	Pampanito	Pejerrey	S. comun
1	09.07.2021	1045	42° 01.0'	72° 35.9'	3	248	10		1		1	1200	25.4		7.7	7.4
2	09.07.2021	1230	42° 00.9'	72° 36.0'	0											
3	09.07.2021	1823	42° 00.8'	72° 35.9'	300	7		5		73	198	7		5	73	198

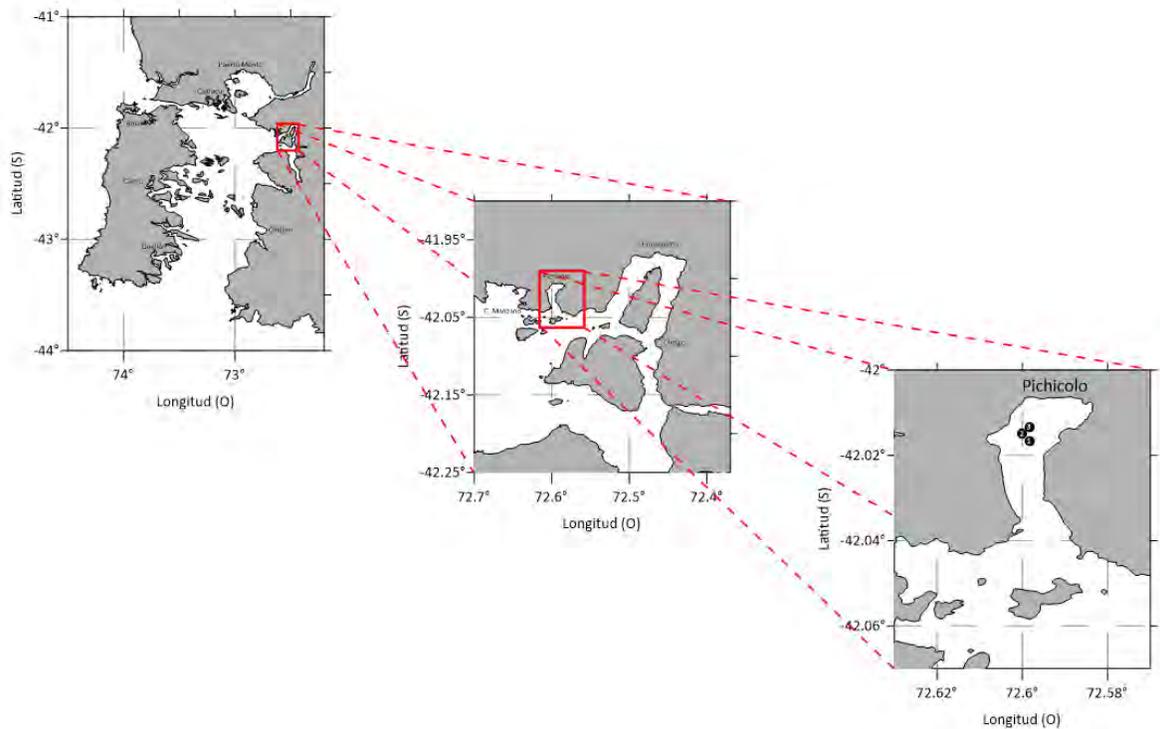


Figura 10. Ubicación geográfica de los lances de pesca realizados para la obtención de muestras vivas de anchoveta.



Los ejemplares vivos fueron recolectados con un chingullo desde el copo de la red de cerco antes de apretar la red, luego las muestras de pescados vivos fueron trasladados desde la red a un bins de 1000 ltrs de capacidad (Fig. 11) con agua circulante permanente mediante una motobomba, que se renov3 por rebalse. Las anchovetas vivas se mantuvieron en aclimataci3n por al menos 12 hrs antes de ser usadas en las mediciones, peri3dicamente se eliminaron los ejemplares muertos y las escamas dentro del bins.



Figura 11. Bins pl3stico de 1000 ltr (1300x1140x1100 mm) usado para mantenci3n de anchoveta viva

#### 4.1.7.5. Medici3n de la TS <sub>ex situ</sub>.

Las mediciones se realizaron en un fondo del mar de 25 m. Para introducir un pez a la jaula, el sistema de calibraci3n (transductor - jaula) era levantado hasta que el tope superior de la jaula quedara al nivel de la superficie del mar; procediendo a trasvasiar el ejemplar vivo con un balde con agua desde el bins. Tanto la captura del ejemplar desde el estanque de mantenci3n y su traslado a la jaula se realiz3 siempre sumergido para evitar la ingesta de burbujas de aire y la p3rdida de escamas por roce. Una



vez, que el sistema quedó en su profundidad de trabajo y se verificó que el ejemplar asumiera un comportamiento adecuado, comenzó la integración y el registro del ecograma.

Antes de iniciar las mediciones con ejemplares, se insonificó la jaula vacía. El tiempo de insonificación de la jaula con el pez varió entre 30 y 45 min por pez y pulso.

Una vez completadas las mediciones con los tres pulsos, se recuperó el ejemplar para medirlo, pesarlo y hacer un muestreo biológico de la vejiga gaseosa, su estado de madurez gonadal y contenido gástrico, para lo cual se extrajo el pez desde la jaula la que fue llevada a la superficie. Los datos fueron recolectados con las frecuencias 38 y 120 khz en forma simultánea. Los datos raw fueron almacenados en medios magnéticos para el post proceso. Cada archivo se identificó con un numero correlativo, el tamaño del pulso y la talla del pez utilizado en la medición. Debido al insuficiente fondo del mar, no se pudieron realizar las mediciones a estratos de 20 y 30 m.

#### 4.1.8. Procesamiento de las TS ex situ.

En la etapa de post proceso, se analizaron los ecogramas de cada medición se extrajeron los TS resueltos ping a ping por medio de un ecograma virtual mediante el software Echoview versión 7.1 (Figs. 12 y 13), se identificaron con un numero correlativo, se separaron por frecuencia, pulso y talla. Los datos seleccionados se exportaron en formato \*.csv y se creó una base maestra con los TS medidos por experimento, frecuencia, pulso y talla de los peces.

El TS ping a ping corresponde a la ecuación:

$$TS = 10 \log(\sigma)$$

Luego:

$$\sigma = 10^{0.10 TS}$$

donde:

TS = intensidad de blanco (dB)  
 $\sigma$  = área dispersante (m<sup>2</sup>)

Los datos de TS ping a ping por frecuencia y pulso en cada medición se presentan en hojas de cálculo e histogramas, calculándose las frecuencias a intervalos de clase de 0,5 dB.

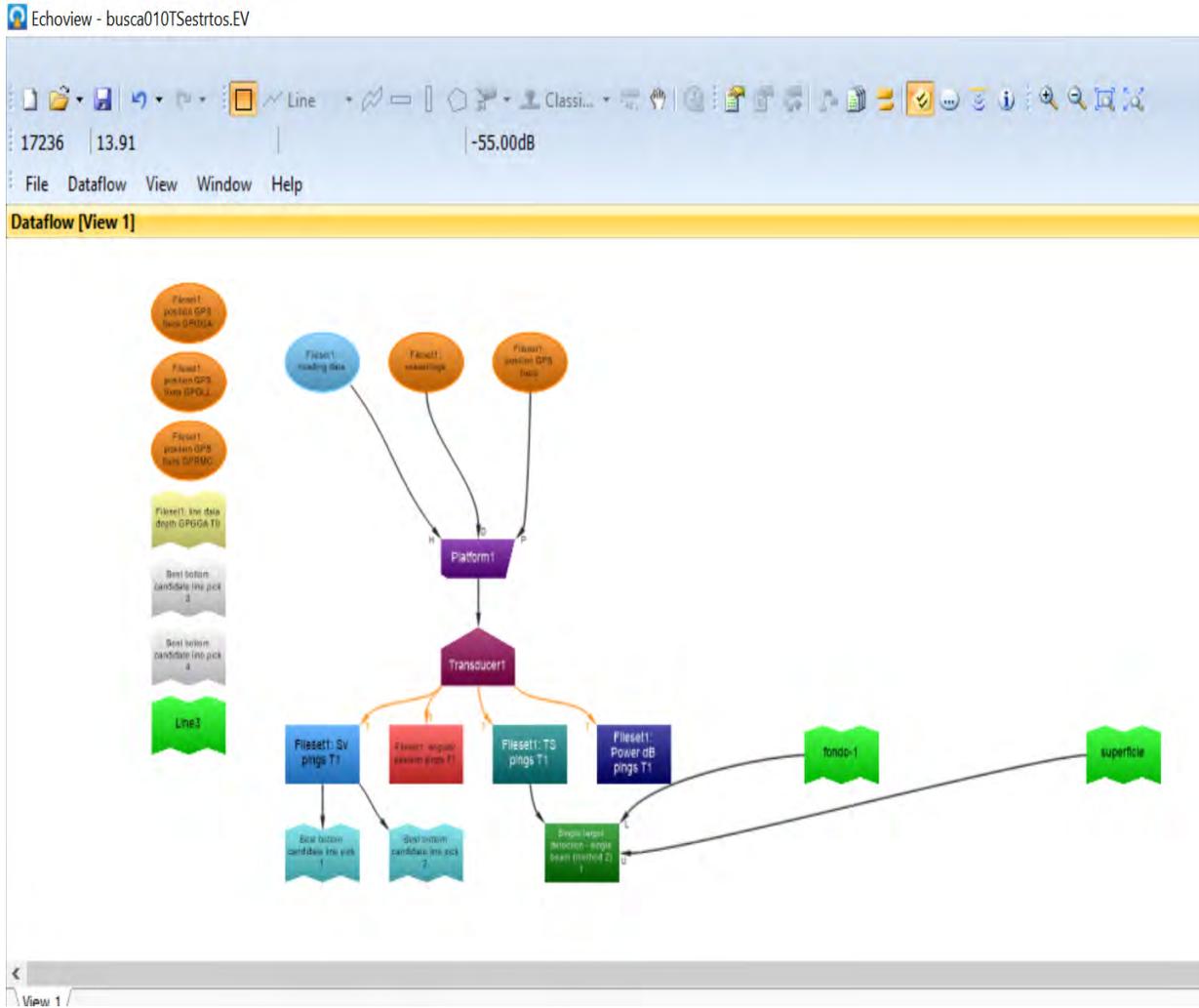


Figura 12. Diagrama de procesamiento de la señal acústica para la información de TS I

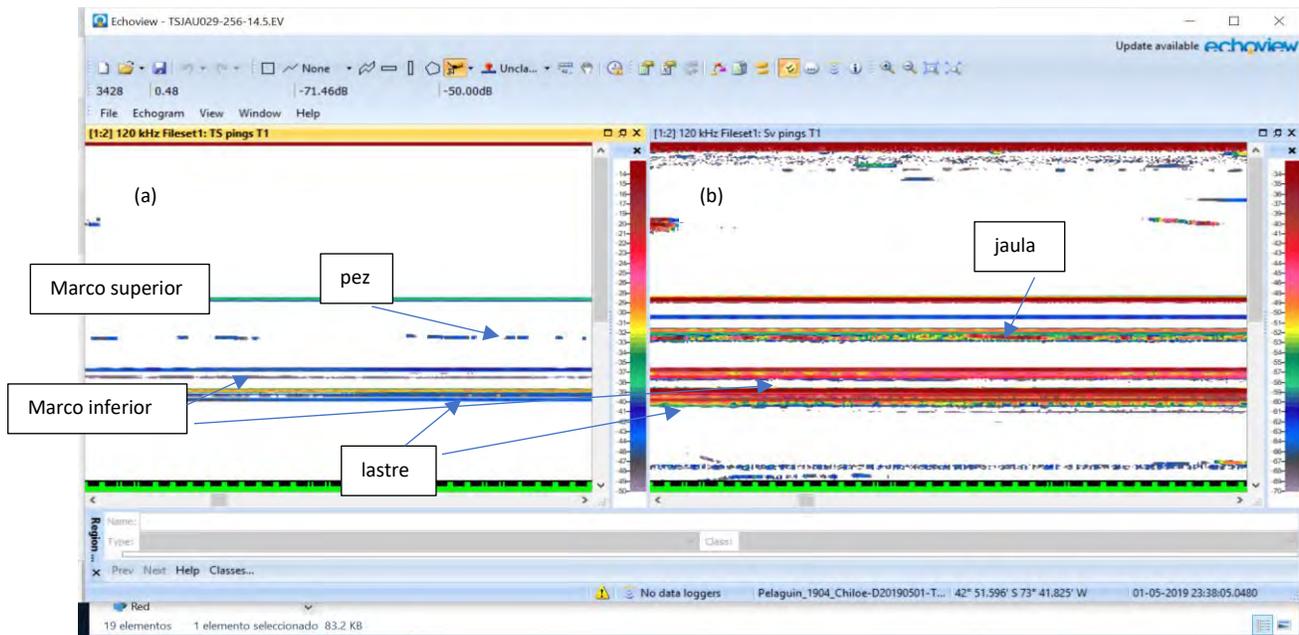


Figura 13. Ecograma del pez individual en jaula, a) ecos ping a ping; b) ecograma de la superficie retrodispersante ping a ping.

Los TS considerados se seleccionaron mediante una regi3n en el software de post proceso que encerr3 al eco ubicado entre las paredes superior e inferior de la jaula (Fig. 13), evitando los ecos ajenos al pez.

Se eliminaron los datos que registraron valores muy bajos, y que correspondían a comportamiento an3malo de los individuos dentro de la jaula y que fueron observados mediante c3maras submarinas, este comportamiento habitualmente se manifestaba en posiciones verticales o diagonales del ejemplar en los v3rtices de la jaula. Tambi3n se descartaron aquellos casos en que el pez tuvo reacciones moribundas y que habitualmente se depositaba en la pared inferior de la jaula, sin reacci3n natatoria.

Los resultados para cada frecuencia fueron ajustados a una regresi3n lineal mediante el m3todo de los m3nimos cuadrados seg3n la funci3n de TS (Foote, 1987, Simmonds y MacLennan, 2005).

$$TS = m \log(L) + b$$

Donde  $m$  y  $b$  son constantes determinadas en el ajuste de la regresi3n,  $L$  es la talla media de los peces (ejemplar individual o moda) y el TS es la fuerza de blanco ping a ping promedio obtenida mediante el software Echoview®. En esta ecuaci3n la pendiente  $m$  tiende frecuentemente a variar en torno a 20, atendiendo a la relaci3n cuadr3tica de la talla del pez con el TS, valor que se adopta por convenci3n,



permitiendo de este modo comparar fácilmente las diferentes ecuaciones ajustadas a través del contraste del intercepto, que para estos efectos se denomina  $b_{20}$ .

$$b_{20} = TS - 20 \log(L)$$

Donde

$\langle TS \rangle$  = TS promedio calculado desde el dominio lineal de  $\sigma$  (dB)

L = talla promedio de los ejemplares considerados en el ajuste de la regresión (cm).

4.2. Objetivo 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero.

4.2.1. Estimación de la  $TS_{in\ situ}$  respecto a la talla

Para cada set de datos correspondiente al pulso acústico y lance asociado, se procesaron los datos de  $TS_{in\ situ}$ , con el software Echoview 7.1 usando ecogramas de variables virtuales, según el diagrama de flujo indicado en la Fig. 14 y aplicando la metodología identificada en el objetivo 1.

El principio general en las mediciones de  $TS_{in\ situ}$  es que las modas en los histogramas de TS se parean con las modas en las distribuciones de tallas de los peces muestreados en las pescas. En nuestro caso y dadas las tallas de las anchovetas muestreadas se descartaron los TS mayores a -47 dB y menores a -63 dB. A modo referencial, los extremos del histograma de TS fueron determinados mediante la relación  $10 \log(L_{mo}/L_{max})$  o  $10 \log(L_{min}/L_{mo})$ , donde  $L_{mo}$  corresponde a la talla modal;  $L_{min}$  y  $L_{max}$  son las tallas máxima y mínima de la frecuencia de tamaños muestreados en el lance.

En cada set de datos, se expresó el  $TS_{in\ situ}$  individual en el dominio lineal de  $\sigma$ , según :

$$\sigma_i = 10^{\frac{TS_i}{10}}; y \quad \langle \sigma_j \rangle = \frac{\sum \sigma_i}{n}$$

donde:

TS = intensidad de blanco (dB).  
 $\sigma$  = área dispersante del pez (m<sup>2</sup>)

Siendo n el número de datos de  $TS_i$  que se seleccionaron en cada medición (j), después de aplicar los filtros indicados previamente.

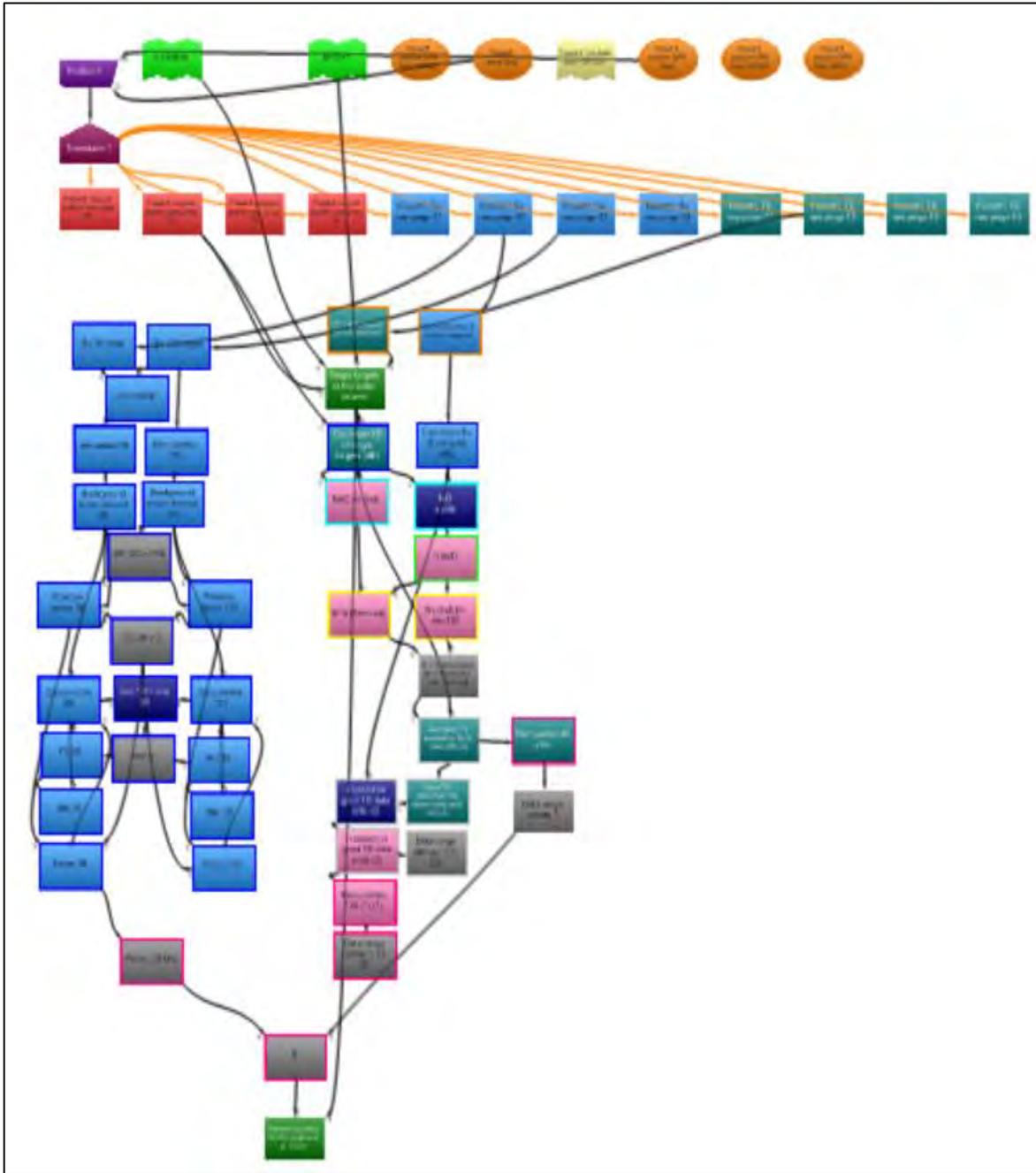


Figura 14. Esquema del diagrama de flujo programado en el software EV 7.1 para el proceso de los datos de la TS in situ de anchoveta.



Es importante mencionar que Echo View tiene programado el TS segun la ecuaci3n anterior descartando el t3rmino  $4\pi$  como divisor del  $\sigma$  que se expresa por algunos autores

A fin de obtener el TS promedio ( $\langle TS \rangle$ ) en cada experimento (por frecuencia y pulso) asociado a un lance de pesca (con su estructura de tallas) se aplic3 la ecuaci3n:

$$\langle TS \rangle = 10 \log (\langle \sigma \rangle)$$

La talla promedio ( $\langle L \rangle$ ) en el experimento j se calcul3 como el promedio aritm3tico de las tallas (cm) medidas en el lance de pesca asociado al experimento j.

Posteriormente se procedi3 a ajustar ecuaciones de regresi3n lineal entre el  $\langle TS \rangle$  y  $\log_{10}(\langle L \rangle)$ , mediante el m3todo de los m3nimos cuadrados segun:

$$TS = a + b \log(L)$$

En esta ecuaci3n la pendiente "b" tiende a variar en torno a 20, valor que frecuentemente se adopta por convenci3n, permitiendo de este modo comparar f3cilmente las diferentes ecuaciones ajustadas a trav3s de la comparaci3n del intercepto, que para estos efectos se denomina "b20".

La significancia del ajuste se analiza mediante un An3lisis de Varianza (ANDEVA).

Se realizaron contrastes entre las ecuaciones ajustadas para cada pulso en el mismo experimento, mediante el test t de student a un 95% de confianza. La hip3tesis probada fue:

Hip3tesis nula ( $H_0$ ): pendientes son similares,

Hip3tesis alternativa ( $H_a$ ): pendientes distintas. Los contrastes fueron los siguientes:

- Comparaci3n de pendiente por UD (zona) y frecuencia: En cada UD se compararon las relaciones TS-L en cada pulso y frecuencia por separado. De este modo, aquellos resultados que mostraron diferencias fueron descartados para la ecuaci3n TS-L de la frecuencia y UD.
- Comparaci3n de pendiente entre UD. Los pares de datos TS-L por pulso que cumplieron con las pruebas de igualdad, se procedi3 a ajustar, para cada frecuencia, ecuaciones de  $\langle TS \rangle - \langle L \rangle$  para cada UD. Estas ecuaciones fueron comparadas entre UD.
- Comparaci3n global por el grupo: se realiz3 un contraste de pendiente por todas las combinaciones posibles entre pulso, UD y entre UD.



#### 4.2.2. Efecto de la profundidad en el TS

Para investigar la dependencia de la profundidad de la anchoveta en el TS, los datos seleccionados en cada uno de los conjuntos de datos (por unidad poblacional) se dividieron en estratos de profundidad cada 10 m. En los datos de profundidad se sumó el calado del barco para referir la profundidad a la superficie.

Se calculó el TS medio en cada estrato y en cada unidad poblacional. Se ajustó una regresión entre el TS y la profundidad para determinar el factor de contracción por profundidad (Zhao *et al*, 2008).

Se ajustó una regresión lineal múltiple mediante el método de los mínimos cuadrados en que el TS es la variable dependiente y las variables independientes son la talla (cm); profundidad (m) si es que previamente se determina que afecta el TS, según:

$$TS = a + b \log (L) - 10 \gamma \log \left( 1 + \frac{z}{10} \right)$$

Dónde:

- a = intercepto de la ecuación ajustada
- b = pendiente de la ecuación ajustada
- TS = individual (dB)
- L = talla de los peces (cm)
- $\gamma$  = tasa de contracción de un cilindro, de acuerdo a la ley de los gases de Boyle este valor es 2/3.
- z = profundidad (m)

#### 4.3. Objetivo 3. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones

Las agregaciones de anchoveta común fueron detectadas mediante el programa SonarData Echoview® (Versión 4.6), La caracterización de las agregaciones de anchoveta, se efectuó mediante el uso de descriptores que se estimaron a partir de observaciones acústicas verticales realizadas a las agregaciones en que se efectuaron los experimentos de mediciones de TS *in situ*. Estos experimentos se realizaron en ambiente nocturno, período en que anchoveta tiende a formar agregaciones tipo estrato, distribuyéndose en una condición más dispersa que durante el día, permitiendo eventualmente realizar detecciones de blancos individuales en la columna de agua.



#### 4.3.1. Descriptores de una agregación

Se extrajeron descriptores referidos a la posición geográfica, energía, morfometría y batimetría de las agregaciones donde se realizaron los experimentos de TS.

- Descriptores de posición: Están referidos a la posición geográfica de las agregaciones, utilizándose la posición media de la agregación referida a latitud ( $Lat_m$ ) y longitud ( $Lon_m$ ).

$$Lat_m = lat(p_m), Lon_m = Lon(p_m)$$

donde:  $p_m = (p_s + p_e) / 2$

$p_m$ : Ping ubicado en el medio de la agregación

$p_s$ : Ping ubicado al inicio de la agregación

$p_e$ : ultimo ping asociado a la agregación

- Descriptores de energía: Están referidos a la energía retrodispersada de las agregaciones en unidades de  $s_A$  ( $m^2/mn^2$ ) y a la densidad acústica estandarizada ( $Densidad_A$ ) de las agregaciones referidas en unidades de  $s_A$  por área ( $s_A/m^2$ ). Lo que se busca al dividir los  $s_A$  por el área transversal total de la agregación es estandarizar los  $s_A$  individuales relacionándolos con el tamaño de cada agregación, dándonos de esta forma una noción de cuan compactas o disgregadas se encuentran éstas.

Estos descriptores fueron determinados de acuerdo a los algoritmos utilizados por Echoview y definidos de acuerdo a (MacLennan *et al.*, 2002):

$$s_A = 4\pi(1852)^2 10^{0,1\bar{s}_v_{prom}} \text{Altura media}$$

donde:

$$S_v = 10 \log_{10}(s_v) \text{ (dB re } 1m^{-1})$$

$$s_v = \sum \sigma_{bs} / V \text{ (m}^{-1})$$

$\sigma_{bs}$  =sección de área retrodispersada ( $m^2$ )

Luego:

$$Densidad_A = \frac{s_A}{Area}$$

Donde.

Area: Área transversal ( $m^2$ ) de la agregación (definida a continuación en descriptores morfológicos).



- Descriptores morfológicos: Dentro de los descriptores morfológicos extraídos directamente desde el ecograma se encuentran: la altura media (m), el área transversal (m<sup>2</sup>), el largo (m) y el perímetro (m)

La altura media se define como la altura promedio de todos los pings que conformaron la agregación

$$Altura\ media = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N t_i \text{ (m)}$$

Donde:

$t_i$  = altura o espesor del ping;

$N$  = número total de pings en la agregación.

El área de una agregación se obtuvo asociando un rectángulo a cada muestra  $S$  con un valor de amplitud sobre el umbral de eointegración. La superficie del rectángulo  $Se$  fue calculada como el producto de la distancia horizontal cubierta desde el pulso precedente ( $d_j$ ) y la distancia vertical cubierta desde la muestra anterior  $e$  por lo tanto:

$$Se = dj * e$$

El área transversal de la agregación ( $Area$ ) es el resultado de la suma del área de todos los rectángulos elementales:

$$Area = \frac{1}{\eta} * \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n Sij$$

Finalmente se extrajo el largo de la agregación ( $Largo$ ) medida en metros junto al perímetro de éstas ( $Perim$ ) en metros, completando las estimaciones básicas, a partir de las cuales se pudieron derivar otros descriptores que permiten definir otras características de la agregación.

La dimensión fractal ( $DFrac$ ) es un descriptor adimensional empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación, éste corresponde a la relación entre la superficie de un cuadrado con un perímetro equivalente al de la agregación y la superficie de la agregación, donde un valor 1 representa un contorno suave y un valor 2 un contorno desigual o complejo, lo que se asociaría al grado de cohesión entre los peces que constituyen la agregación, especialmente en la frontera o borde de la agregación (Scalabrin, 1997):

$$DFrac = 2 * \frac{\ln\left(\frac{Perim}{4}\right)}{\ln Area}$$

La elongación ( $Elong$ ) es un descriptor utilizado para caracterizar la forma general de la agregación y es definido básicamente como la relación entre el largo y el alto, donde valores elevados están asociados a agregaciones de forma elíptica, mientras que valores menores a agregaciones de tipo circular.



$$Elon = \frac{Largo}{Alto}$$

- Descriptores batimétricos: Los descriptores batimétricos extraídos directamente del ecograma fueron la profundidad del fondo (m) y la profundidad media de agregaciones (m), mientras que indirectamente se calculará el índice de altura (*IndAlt*), índice utilizado para medir la posición relativa del centro de la agregación en la columna de agua con respecto al fondo y se expresa en forma porcentual como:

$$IndAlt = 100 * \frac{(Prof.fondo - Prof.media)}{Prof.fondo}$$

#### 4.3.1.1. Análisis de los datos

Los datos fueron separados en tres grupos principales de acuerdo a las zonas donde fueron registrados, estas zonas corresponden a tres diferentes proyectos hidroacústicos que se realizan en Chile:

- “Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la Región de Arica y Parinacota a la Región de Antofagasta”, denominados RECLAN152.
- “Evaluación hidroacústica del stock de anchoveta entre la Región de Atacama a la Región de Coquimbo”, denominados RECLAN34.
- “Evaluación hidroacústica de los stocks de anchoveta y sardina común entre la Región de Valparaíso a la Región de Los Lagos”, denominados RECLAS.

Los datos fueron tratados mediante estadística descriptiva, entregándose valores promedio con sus respectivas dispersiones de las variables analizadas. Las agregaciones con su energía, morfología y batimetría asociada se georeferenciaron considerando su distribución espacial y batimétrica, analizándose las diferencias entre las características de las agregaciones según las zonas donde fueron ejecutados los proyectos. Dado el bajo número de datos (20, 8 y 7 en cada zona, respectivamente), no se aplicó el análisis de componentes principales.

#### 4.3.2. Caracterización de ecotrazos de anchoveta

Como complemento se caracterizó y analizaron los ecotrazos individuales registrados para esta especie, utilizando la misma separación de zonas definidas anteriormente.

Para el registro de estas observaciones se utilizó el programa Sonardata Echoview® (Versión 4.6) el cual, con adición del módulo “Fish tracking” permitió detectar blancos individuales de peces, los cuales son reconocidos como ecotrazos si cumplen con un patrón de movimiento sistemático definido por un número mínimo de pings positivos dentro de un track determinado.



## Registro de datos

La informaci3n bruta extraída de la detecci3n de ecotrazos fue la siguiente:

- Ping\_S : N3mero del primer ping detectado en el track o intervalo.  
Ping\_E : N3mero del ultimo ping detectado en el track.  
Ping\_M : N3mero del ping detectado en la mitad del track.  
VL\_mid : Velocidad media del buque durante el intervalo de detecci3n (durante el experimento el buque no est3 en movimiento por lo que su valor es 0) (m/s)  
Fecha\_S : Fecha del inicio de la detecci3n del primer ping.  
Hora\_S : Hora inicio detecci3n del primer ping en el track.  
Hora\_E : Hora detecci3n del 3ltimo ping en el track.  
Lat\_S : Latitud del primer ping detectado en el intervalo (grados).  
Lon\_S : Longitud del primer ping detectado en el intervalo (grados)  
Lat\_E : Latitud del 3ltimo ping detectado en el intervalo (grados).  
Lon\_E : Longitud del 3ltimo ping detectado en el intervalo (grados).  
Lat\_M : Latitud del ping detectado en el medio del intervalo.  
Lon\_M : Longitud del ping detectado en el medio del intervalo.  
TS\_mean : Valor promedio del TS compensado de los blancos individuales en el intervalo detectado (Db ref a 1 m<sup>2</sup>).  
Profundidad : Valor promedio de la profundidad de los blancos individuales detectados en el intervalo (m).  
Num\_targets: N3mero de blancos individuales en el track  
Tiempo detecci3n : Hora de detecci3n del 3ltimo ping menos la hora de detecci3n del primer ping (s).  
Distancia 3D: Suma de las distancias entre blancos adyacentes medido en tres dimensiones (m).  
Velocidad 3D: Distancia acumulada entre blancos sobre el tiempo total de detecci3n, medido en tres dimensiones (m/s)  
Direc. Vertical: Calculada como una lnea recta entre el primer y 3ltimo blanco detectado en el track en el plano perpendicular a la cara del transductor, con un rango que abarca entre -90° y 90°, donde 0° indica una direcci3n paralela al transductor (es decir no hay direcci3n vertical), -90° describe una direcci3n directamente hacia abajo y 90° una direcci3n directamente hacia arriba.  
Tortuosidad 3D: Relaci3n (d1/d2) entre la distancia real 3D recorrida por el pez (d1) y la distancia en lnea recta desde el punto de partida hasta el punto de t3rmino del track (d2)

Tratamiento y an3lisis de la informaci3n.

La informaci3n obtenida fue clasificada y filtrada de acuerdo a:

- Rangos esperados de TS que correspondan a anchoveta= Se eliminaron del proceso los valores de TS >-48 dB y TS<-65 dB.



- Tortuosidad 3D = Se eliminaron los registros en que esta relación (d1/d2) fue mayor a 1,5 a fin de aumentar la confianza de los valores de velocidad media del pez y de la dirección vertical (Henderson *et al.*, 2007)
- Se eliminaron registros con profundidad media >40 m

Se realizó un análisis general de los ecotrazos resultantes de los experimentos de detección, aplicando estadística descriptiva referida a valores promedios, máximos, mínimos desviación estándar y coeficientes de variación para las variables descriptivas de:

- Profundidad Pez (m)
- TS (dB ref 1m<sup>2</sup>)
- Velocidad (m/s)
- Dirección vertical (°)

De acuerdo a la siguiente formulación:

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{N}$$
$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$
$$CV = \frac{s}{|\bar{x}|}$$

donde:

- $\bar{x}$  = promedio de la variable en estudio
- $x_i$  = **valor observado "i" de la variable en estudio**
- $N$  = número de observaciones de la variable en estudio
- $s$  = Desviación estándar de la variable en estudio
- $CV$  = Coeficiente de variación de la variable en estudio

Para estimar la fuerza de blanco promedio de un grupo de blancos individuales (pez), se estimó su coeficiente individual de retrodispersión promedio ( $\overline{\sigma_{(j)}}$ ) a partir de los valores de fuerza de blanco ( $TS_i$ ) estimada para cada ping que insonificó ese pez (Medwin y Clay, 1998):

$$\sigma_{(i)} = 10^{(0,1*TS_i)}$$
$$\overline{\sigma_{(j)}} = \frac{\sum \sigma_{(i)}}{n}$$

La fuerza de blanco promedio del pez "j" se estimó como:

$$\overline{TS_j} = 10 * \log(\overline{\sigma_{(j)}})$$



En el cálculo de la talla media por zona se utilizó como dato de entrada la talla media obtenida en el lance asociado al experimento.

#### 4.4. Objetivo 4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco

En la mayoría de los teleósteos marinos, la vejiga natatoria actúa principalmente como un órgano hidrostático. En el caso de los peces fisóstomos (la vejiga natatoria está conectada a su esófago) como los clupeidos, la vejiga natatoria proporciona una doble función, actúa como un órgano que regula la flotabilidad y como un depósito de gas para el sistema acústico lateral (Nero *et al.*, 2004). Es frecuente que la vejiga natatoria refleje la mayor parte de la energía acústica, siendo responsable de hasta el 90-95% de la intensidad del sonido retro dispersado, factor importante en las estimaciones acústicas de la abundancia de peces (Foote, 1980).

La caracterización de la morfología estructural de la vejiga natatoria y la comprensión de los factores que pueden afectar su tamaño y forma es esencial para cuantificar su contribución a varias funciones biológicas, como la regulación de la flotabilidad y para mejorar la precisión en las estimaciones de biomasa de peces en estudios acústicos. Sin embargo, el análisis de la morfología estructural de la vejiga natatoria necesita técnicas más laboriosas y equipos específicos, como el descrito por Ona (1990) y Machias y Tsimenidis (1995), quienes utilizaron fotografías de cortes paralelos para reconstruir la forma de la vejiga natatoria y otros compartimentos viscerales para estimar con precisión su volumen y forma. En otro estudio, Robertson *et al.* (2008) visualizaron y midieron el tamaño de la vejiga natatoria del pez cebra mediante imágenes de rayos X.

En el presente estudio, se aplicaron dos enfoques para estudiar la vejiga natatoria de anchoveta. El primer enfoque comprende el análisis en laboratorio de las características morfométricas internas y externas de los peces, mientras que el segundo enfoque incluyó la aplicación de técnicas de imagenología.

##### 4.4.1. Medición de las características morfométricas de la anchoveta mediante análisis de laboratorio.

###### a. - Obtención de muestras

Las muestras de anchoveta fueron obtenidas en cada unidad demográfica (XV-II, II-IV y V-X) desde diversas plataformas de muestreo en terreno, a saber: i) pescas de investigación asociadas al período reproductivo de la anchoveta, ii) cruceros estivales para la determinación acústica del reclutamiento



de anchoveta en las regiones precitadas, iii) ejemplares obtenidos desde embarcaciones artesanales a trav3s de muestreadores a bordo durante actividades de pesca y iv) peces colectados durante los experimentos para estimar la TS *ex situ* de anchoveta.

Para estandarizar la colecta de espec3menes de anchoveta considerando las distintas embarcaciones, lugares donde se obtuvieron las muestras y el tipo de an3lisis a realizar, se redactaron dos protocolos (anexos 1 y 2), los cuales se basaron en los dos enfoques mencionados anteriormente, el primero destinado a la obtenci3n de peces provenientes de lances de pesca realizados por el B/C Abate Molina con red de arrastre de media agua, desde donde los peces seleccionados se clasificaron y se almacenaron en un congelador para su posterior an3lisis. Mediante este tipo de captura los peces pueden perder parte del aire almacenado en sus vejigas, por lo tanto, esas muestras se utilizaron en la caracterizaci3n externa y de los 3rganos internos (principalmente la vejiga natatoria) mediante la disecci3n y medici3n de los mismos. El segundo enfoque fue orientado a obtener una adecuada y m3s precisa caracterizaci3n de la morfolog3a estructural de la vejiga natatoria en relaci3n a los otros 3rganos internos, lo cual se hizo mediante el an3lisis de ex3menes de imagenolog3a; esto requiri3 que los peces sufrieran el menor da1o y estr3s posible durante la captura, por lo tanto, se priorizaron los peces provenientes de barcos que operaron con red de cerco, donde los peces fueron capturados vivos directamente de la red con un balde antes que 3sta apretara la captura. Posteriormente los peces sacados del balde fueron r3pidamente envueltos en papel aluminio y congelados en nitr3geno l3quido (Figura 15), procurando que la vejiga natatoria perdiera la menor cantidad de aire posible (Madirolas *et al.*, 2016). Las muestras congeladas fueron almacenadas en un congelador (-20° C) hasta que se analizaron en laboratorio.

Para el caso de las muestras de anchoveta obtenidas a partir de los experimentos de TS *ex situ*, estas fueron tomadas directamente desde la red de cerco con un balde y depositadas en BINS de 1000 litros con agua circulante, donde se aclimataron durante 1 o 2 d3as, luego de ser insonificadas se les asign3 un correlativo y se congelaron en nitr3geno l3quido para su conservaci3n y posterior an3lisis.



Figura 15. Colecta de anchovetas para an3lisis de imagenolog3a. Izquierda: Envoltura de la anchoveta; Derecha: Congelamiento de los peces en nitr3geno l3quido.



b. Análisis en laboratorio de las características morfométricas internas y externas de las anchovetas

Se midieron las características morfométricas internas y externas de los peces, a saber: largo total, alto y largo de la vejiga gaseosa en centímetros (cm); volumen de la vejiga, volumen total del pez, volumen del est3mago y volumen de la g3nada en mililitros (mL); adem3s se obtuvo el peso del pez completo (g).

Los peces fueron descongelados a temperatura ambiente, luego se establecieron las medidas morfométricas externas e internas siguiendo los pasos esquematizados en la Figura 16.

b1. Disecci3n de los peces

Los espec3menes fueron disecados utilizando instrumentos tradicionales. La disecci3n se enfoc3 principalmente en verificar la presencia de conductos y estado de la vejiga natatoria. El procedimiento comenz3 con una incisi3n en la porci3n ventral, desde el ano hasta las branquias, para luego hacer 2 cortes desde el vientre hacia el lomo del pez, dejando al descubierto la cavidad tor3cica con los 3rganos internos. Inicialmente se despej3 la porci3n posterior para verificar la existencia de conexiones entre la vejiga y el ano, luego se analiz3 la regi3n anterior buscando conductos con el es3fago o cavidad far3ngea. La vejiga natatoria fue separada y medida, para luego extraer el est3mago y la g3nada para medir su volumen.



Figura 16. Esquema de la metodolog3a utilizada para determinar las características morfométricas internas y externas de las anchovetas en laboratorio.



Las mediciones de longitud (cm) se realizaron con un ictiómetro para pelágicos pequeños de 1 mm de precisión. Para obtener las mediciones de volumen (mL) y peso (g), se usó el método del volumen desplazado (Torres *et al.*, 1984) y una balanza digital científica calibrada, marca Sartorius, modelo Entris 623-1S, de 0.001 (g) de precisión, respectivamente.

#### b2.-Medición de los órganos de la anchoveta. Método del volumen desplazado

Mediante el método de volumen desplazado se calculó el volumen del estómago, vejiga gaseosa, pez completo, pez sin vejiga y de la gónada. Dependiendo del tamaño del objeto a medir se utilizaron probetas de distintos tamaños (100, 50, 25 y 10 ml) y se llenó con agua desde una bureta de 50 ml con sensibilidad de 0,05 ml (Figura 17). La diferencia entre el agua depositada (x mL) y la capacidad de la probeta (mL) es el volumen que ocupa el órgano medido, ya que el volumen de agua desplazada es igual al volumen del objeto que lo desplaza.



Figura 17.- Obtención de los estimados de volumen en laboratorio mediante el método de volumen desplazado.



#### 4.4.2. Medición de los órganos de la anchoveta. Método de imagenología

El segundo enfoque consideró la aplicación de técnicas de imagenología, lo que permitió obtener una adecuada y más precisa caracterización de la morfología de la vejiga natatoria de anchoveta en relación a los otros órganos incluidos en la cavidad abdominal. Para esto se exploraron dos tipos de técnicas radiológicas, Resonancia Magnética (RM) y Tomografía Axial Computarizada (TAC), ambas técnicas son comúnmente utilizadas en estudios por imágenes en medicina y se diferencian en que la RM utiliza un magneto y antenas o bobinas receptoras de la señal que el cuerpo emite, mientras que la TAC se basa en la utilización de rayos X que luego de pasar a través del cuerpo, son captados por los detectores para la generación de imágenes.

La RM se realizó con un equipo Magnetom Avanto Tim+Dot 1.5T, de la gama Siemens (Figura 18.a) en el centro radiológico Resonancia Magnética Concepción, mientras que las TAC se hicieron con un equipo Philips, modelo Brilliance de 16 canales (Figura 18.b) en la clínica veterinaria Neurovet de la ciudad de Santiago.

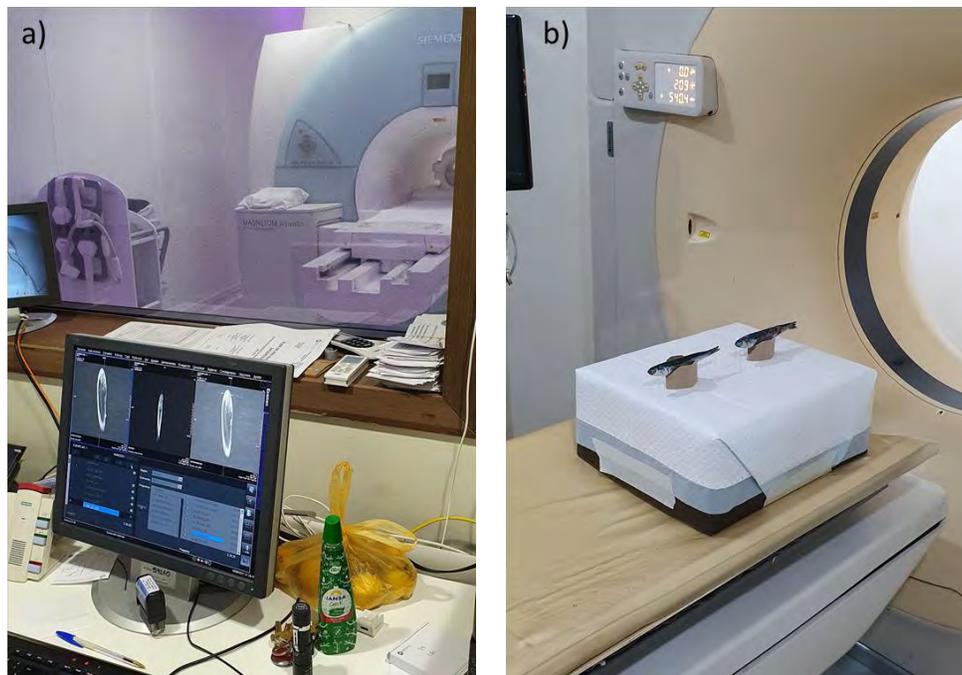


Figura 18- Equipos utilizados para la obtención de imágenes radiológicas.

Luego de analizar las imágenes y comparar los resultados de ambos tipos de exámenes se decidió utilizar las imágenes obtenidas por TAC, ya que entregaron una mejor resolución en los cortes transversales. El uso de esta técnica radiológica permitió obtener cortes transversales de las anchovetas de aproximadamente 0,5 mm de segmentación entre imágenes, generándose alrededor de 160 imágenes por pez examinado. A partir de estos cortes, con el uso del programa 3D Slicer (<https://www.slicer.org/>) se hicieron reconstrucciones en 3D de la vejiga natatoria y en algunos casos



del estómago de los peces escaneados, lo que permitió obtener entre otras cosas, el volumen, longitud y ángulo de inclinación de la vejiga respecto al eje longitudinal del pez.

Los especímenes escaneados fueron posteriormente disecados siguiendo la misma metodología descrita en el punto 4.4.1. En este caso la disección se focalizó principalmente realizar una correspondencia entre las imágenes obtenidas por TAC y la disposición de los órganos internos del pez (Niklitschek *et al.*, 2007a), además de obtener la medición del volumen de la vejiga para luego comparar los resultados obtenidos por las dos técnicas, a saber: Estimación del volumen de la vejiga por volumen desplazado o por reconstrucción en 3D de la misma anchoveta a partir de imágenes obtenidas por TAC.

Utilizando las imágenes de tomografía axial computarizada (vista sagital), se estimó el ángulo de inclinación de la vejiga natatoria con respecto al eje horizontal.

Es importante señalar el tremendo desafío que significó encontrar un lugar donde fuera posible hacer exámenes radiológicos a pescados congelados en tiempos de pandemia por covid19.

#### 4.4.3. Análisis del volumen estomacal y del espectro trófico de anchoveta

##### a.- Muestreo de ejemplares para el análisis de contenido estomacal

Las muestras de ejemplares de anchoveta fueron obtenidas de lances de pesca de identificación de registros acústicos de tres proyectos, a saber: RECLAN, efectuado a fines de noviembre de 2020, RECLAN 3-4 realizado en el periodo 24 febrero y 10 de marzo de 2021 y RECLAS del 4 enero hasta 4 febrero de 2021. Los individuos fueron clasificados por rango de tallas considerando ejemplares pre-reclutas ( $\leq 8,5$  cm LT), reclutas (8,5 – 12 cm LT) y adultos ( $>12$  cm LT) y zona de muestreo (norte, centro y sur).

En el laboratorio a cada espécimen se le determinó: la longitud total del pez (cm), ancho (cm) y vejiga natatoria (cm), así como el peso (g) del individuo completo e individuo eviscerado, y el volumen desplazado (mL) del organismo completo, organismo eviscerado, gónada y estómago. Los datos fueron registrados en una bitácora para su posterior análisis.

##### b.- Análisis del contenido estomacal

Después del muestreo biológico de los ejemplares recepcionados en Inpesca, a cada individuo se le removió el tracto digestivo para obtener solo el estómago. Mediante el método de volumen desplazado se calculó el volumen del estómago. Para su determinación, se introdujo los estómagos individuales en una probeta de 10 mL para posteriormente llenarla con agua desde una bureta de 50 ml con sensibilidad de 0,05 mL. La diferencia entre el agua depositada (x mL) y la capacidad de la probeta (10 mL) correspondió al volumen que ocupa el estómago (como volumen desplazado). Posteriormente, el estómago fue almacenado en vials de vidrio ámbar de 5 mL de capacidad con una solución de formaldehído en agua al 5% para su posterior análisis (Castillo *et al.*, 2003, Núñez *et al.*,



2014). Para el an3lisis cuantitativo de las presas, se procedi3 a descartar los intestinos de los organismos con el objeto de reducir el error debido a las diferentes tasas de digesti3n del alimento (Fisher 1967, Berg 1979, Hyslop, 1980). Cada est3mago fue clasificado seg3n el grado de llenado, seg3n lo rese3ado por Rojas de Mendiola (1989) (Tabla 11). Adem3s, se realiz3 el an3lisis que relaciona el volumen del est3mago versus el volumen corporal (expresado en porcentaje).

Tabla 11. Escala de cuantificaci3n del grado de llenado de los est3magos.

Estado	Definici3n	Porcentaje de Llenado
Lleno	Est3mago lleno o distendido	100%
Semi-lleno	Est3mago con m3s del 70% lleno	60%
Semi-vac3o	Est3mago con un 30% o solo restos	40%
Vac3o	Est3mago sin contenido	0%

La identificaci3n y cuantificaci3n de los componentes del zooplancton (como ítemes presa) se realiz3 bajo est3reo-microscopios Zeiss y Leica para magnificaciones de hasta 40x. Se analiz3 un total de 108 est3magos de la especie objetivo, para el conjunto de lances de pesca obtenidos en los monitoreos de peque3os pel3gicos.

#### c.- Determinaci3n del espectro tr3fico (zooplancton)

Para la determinaci3n del espectro de presas en los contenidos estomacales de los espec3menes de anchoveta, se analizaron las muestras completas, identificando los diferentes taxa y formas discriminadas a nivel de grupos mayores del zooplancton. A partir del an3lisis zooplanct3nico de los est3magos de las especies en el 3rea y per3odo de estudio, se generaron matrices de cuantificaci3n de presas.

El an3lisis del contenido estomacal se realiz3 principalmente sobre la base de la frecuencia de ocurrencia en porcentaje (%F) de los ítem-presas y el porcentaje num3rico (%N) (Hyslop, 1980), metodolog3a que permite calcular el porcentaje del ítem-presa en relaci3n al n3mero total de presas presentes en la muestra (total del espectro tr3fico), as3 como el porcentaje de est3magos que contienen un taxa particular en relaci3n al total de est3magos analizados. Se analiz3 la frecuencia de ocurrencia para los ejemplares recolectados en la regi3n norte, centro y sur de Chile; as3 como por estrato de tama3os (pre-reclutas, reclutas y adultos) con el objeto de analizar la dieta en funci3n de estas variables.

El Índice de Importancia Relativa (IIR%) de las presas, que incluye informaci3n de la abundancia num3rica y la frecuencia de ocurrencia de las presas, se calcul3 mediante la siguiente ecuaci3n:

$$IIR = (\% N + \% F)1/2$$



#### 4.4.4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco

Interacciones entre diversos factores han sido estudiadas en la literatura (Hazen y Horne, 2003; Kloser y Horne 2003; Ona 2003, 1990; McQuinn y Winger, 2003; Vabo *et al.*, 2002; ICES, 2001, 1999; Gorska y Ona, 2003; Foote 1980, 1991). Los factores que inciden en la estimación de fuerza de blanco se pueden clasificar como intrínsecos y extrínsecos.

Dentro de los factores intrínsecos se consideran:

- a) Longitud y peso, los cuales deben quedar definidos en cuanto a la metodología a emplear (por ejemplo, si se usara la medición de la longitud total o la longitud a la horquilla; si se pesara al pez estando vivo o sin vísceras etc.). La relación longitud-peso así como sus índices derivados tales como el factor de condición deben también ser determinados.
- b) Mecanismos de boyantes consistentes en glándulas gaseosas tales como vejigas natatorias, las cuales pueden ser abiertas al esófago (peces fisóstomos) o cerradas (peces fisoclistos), que son las que mejor se prestan para la medición de TS. Algunos peces mantienen su boyantes debido a su concentración de aceite, lípidos o ceras, pero estos mecanismos aportan menos efecto sobre el TS (Kloser *et al.* 1997).
- c) La composición bioquímica (que puede incluir el contenido de lípidos y aceite; índice hepático, contenido de agua) y el tamaño y distribución de estructuras duras (endo o exoesqueleto) pueden afectar el TS, no necesariamente por su propia dispersión, sino a través de cómo estos factores afectan la boyantes y el tamaño de la vejiga natatoria (Ona, 1990).
- d) Estadío de madurez sexual, y estado de la digestión (Ona, 1990).

Los factores extrínsecos de importancia específica son:

- a) La orientación del pez, especialmente su inclinación respecto al plano horizontal es la más grande fuente de variación del TS. El grado de variación que se puede alcanzar depende del tamaño del pez y de la forma de su vejiga natatoria; también depende de la frecuencia sonora utilizada.
- b) Muchos factores de comportamiento, tales como alimentación, grado de agregación, migración diurna y reacciones de evasión a los barcos, pueden afectar la orientación mencionada en el punto anterior.



- c) Algunas especies pueden moverse verticalmente a una razón tal que no les es posible compensar sincronizadamente el volumen de la vejiga natatoria, por lo cual la medición del TS no es estable (Blaxter y Tytler, 1978; Gutiérrez, 2002).
- d) Factores ambientales: varios factores medioambientales pueden afectar el TS y el comportamiento de los peces. Algunos ejemplos son: temperatura, salinidad, velocidad de corriente y profundidad. Siempre que sea posible, estos cambios ambientales deberían ser informados junto con los resultados de las mediciones de TS.

En grupos de trabajo europeos de fuerza de blanco en peces (ICES, 2001) se ha planteado una relación funcional general de la TS con factores tanto biológicos como ambientales:

TS = f(frecuencia, talla, profundidad, (Temp, Salinidad), orientación (ángulo de inclinación), actividad, contenido de lípidos, contenido estomacal, índice gonádico).

Sin embargo, el mismo grupo de trabajo redujo notablemente el número de factores que inciden en la TS (ICES, 2003), según:

TS = f(talla, frecuencia, profundidad).

Para estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la fuerza de blanco se calculó una razón adimensional para cada factor según el enfoque descrito por Hazen y Horne (2003), donde para comparar factores con distintas dimensiones y unidades (por ejemplo, longitud (cm), inclinación (grados), profundidad (m), frecuencia (kHz)) cada factor se transforma a métricas no dimensionales, esta relación adimensional permite comparar cantidades dispares porque los factores se convierten en una "moneda común" sin unidades. Se han utilizado proporciones adimensionales para comparar tasas (por ejemplo, frecuencia respiratoria / pulso) o eficiencias (por ejemplo, corazón de ratón en comparación con corazón de ballena) de cantidades dispares (Stahl, 1962). Este enfoque puede adaptarse para cuantificar y clasificar la influencia de los factores biológicos y físicos en la TS de los **peces. Como ejemplo, la métrica  $\% \Delta RSL / \% \Delta Fi$  se puede utilizar para caracterizar la desviación en longitud de dispersión reducida (reduced-scattering length, RSL), una medida no dimensional del cambio porcentual de intensidad de retrodispersión en cualquier factor biológico  $Fi$ .**

Para estimar la razón de cambio, la variación absoluta  $|\Delta RSL|$  y el cambio unitario absoluto de un factor  $|\Delta Fi|$  se convirtieron en un cambio porcentual absoluto  $|\% \Delta|$ . El cambio porcentual se calcula dividiendo la diferencia absoluta entre dos valores, como la longitud por el máximo de los dos ((longitud 1- longitud 2) / longitud máxima). El mayor valor de  $Fi$  se utiliza como denominador para garantizar que la relación sea independiente de la dirección. El siguiente paso es calcular una relación de cambios porcentuales por división (por ejemplo,  $\% \Delta RSL / \% \Delta Longitud$ ). Las proporciones sin unidades se pueden comparar directamente con tamaños de intervalo equivalentes. Luego se puede calcular una relación de comparación para comparar dos factores dividiendo la razón del factor A por la razón del factor B. La relación sin unidades resultante tiene tres interpretaciones posibles: si es mayor que 1,



entonces se espera que el factor en el numerador tenga una mayor influencia en la retrodispersi3n que el denominador; si es menor que 1, entonces el factor en el denominador tiene una mayor influencia; cuando la relaci3n de comparaci3n es igual a 1, se espera que los factores tengan la misma influencia.

Los factores que se consideraran en este estudio corresponden a los efectos del volumen corporal ( $\text{cm}^3$ ), volumen de la vejiga natatoria ( $\text{cm}^3$ ), volumen del est3mago ( $\text{cm}^3$ ), volumen de la g3nada ( $\text{cm}^3$ ) y 3ngulo de incidencia de la vejiga natatoria ( $^\circ$ ) respecto al eje longitudinal de la anchoveta.



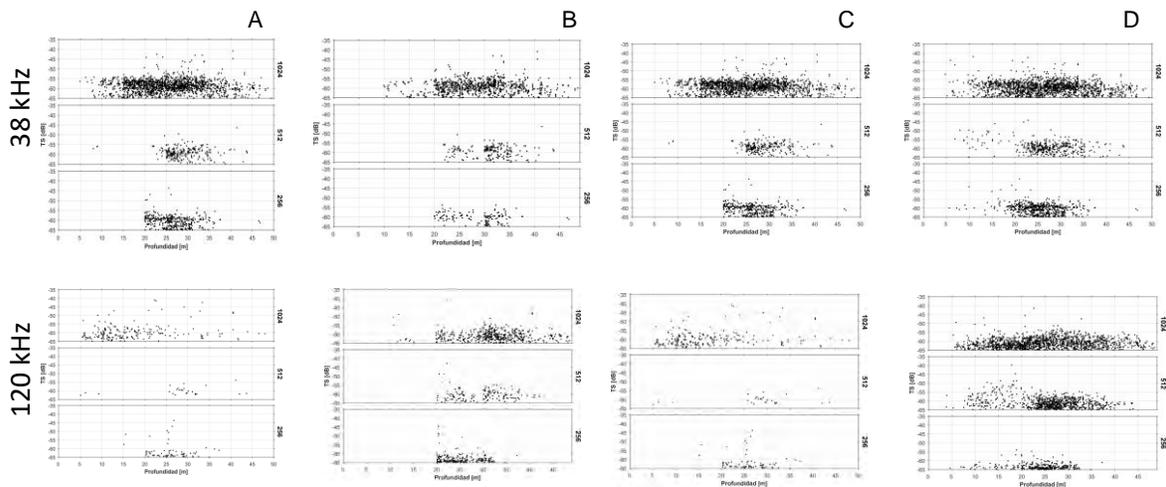
## 5. RESULTADOS POR OBJETIVO

5.1. Objetivo 1. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.

La metodología de recolección de los datos *in situ* y *ex situ* se describe en el punto 4.2.1

### 5.1.1 Resolución de grillado del filtro de blancos múltiples

Al utilizar la grilla de 5 x 25 m, se observó la ausencia de datos en los primeros 20 m de profundidad. De manera similar se apreció con el grillado de 10x100m. Con la resolución de 5x100 m, se empezaron a ver algunos datos en los primeros metros de la columna de agua. La menor resolución (1m x 10 ping) mostró datos desde la superficie hasta los 50 m de profundidad. **Figura 19.**



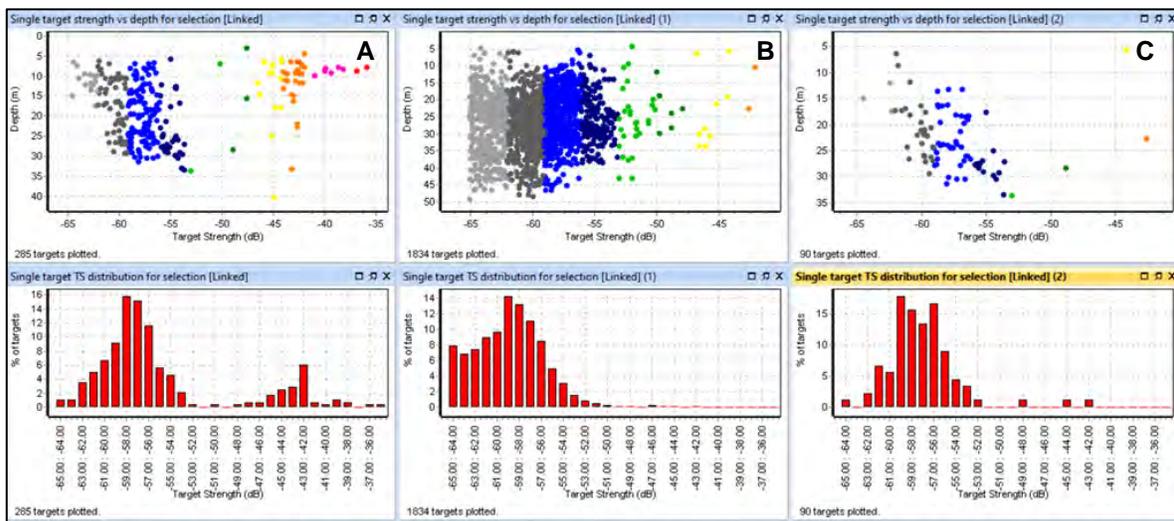
**Figura 19** Efecto de la resolución de la grilla en el filtro de blancos múltiples en 38 khz y 120 khz. A) 5 x 25 m B) 10 x100 m C) 5 x 100 m y D) 1 m por 10 ping

### 5.1.2 Blancos resueltos: Discriminación de peces y filtros de blancos múltiples

Para la determinación de los blancos resueltos de la anchoveta, se aplicaron los filtros de blancos múltiples y la técnica de bifrecuencia para discriminar los peces del macro zooplancton. Los resultados, muestran que, al aplicar solo el filtro de peces, se genera un grupo de datos con valores de TS elevados, siendo posibles ecos candidatos de blancos múltiples (**Figura 19a**). Luego, al aplicar solo el filtro de blancos múltiples, mejoró la

discriminación y un mayor número de datos, sin embargo, se observó una agrupación de datos con valores bajos de TS, indicadores de posibles organismos pequeños como el macrozooplancton (**Figura 19b**). Por último, en la **Figura 19c** los resultados de la aplicación de ambos filtros (filtro de blancos múltiples y el algoritmo bifrecuencia) mostraron una mejor calidad y precisión de los blancos resueltos.

En la **Figura 20** se muestran las diferencias de los resultados al aplicar los diferentes filtros de post procesamiento (blancos múltiples y el algoritmo bifrecuencia).



**Figura 20** Efectos de la aplicación de diferentes filtros para obtener blancos resueltos (38 kHz). Blancos resueltos: A) con el uso del filtro de peces (algoritmo bifrecuencia), B) filtro de blancos múltiples (Sawada et al., 1993) y C) con la aplicación de los filtros de blancos múltiples y el filtro de peces.

### 5.1.3 Efecto del cambio de los parámetros de la longitud mínima y máxima del pulso

La resolución de los blancos tiene una mejor visualización (equivalente a mayor número de datos o blancos) entre los valores de 0,1 y 0,4 del parámetro longitud mínima de pulso. Este efecto se observó en los ecogramas de los diferentes tamaños de duración del pulso (0,512, 0,256 y 1,024 ms). En cada caso, el parámetro de la longitud mínima del pulso y la longitud máxima del pulso, no mostraron diferencias.

En la **Figura 21**, se muestra el efecto del cambio de los parámetros de la longitud mínima y máxima del pulso, utilizando diferentes tamaños de duración de pulso.

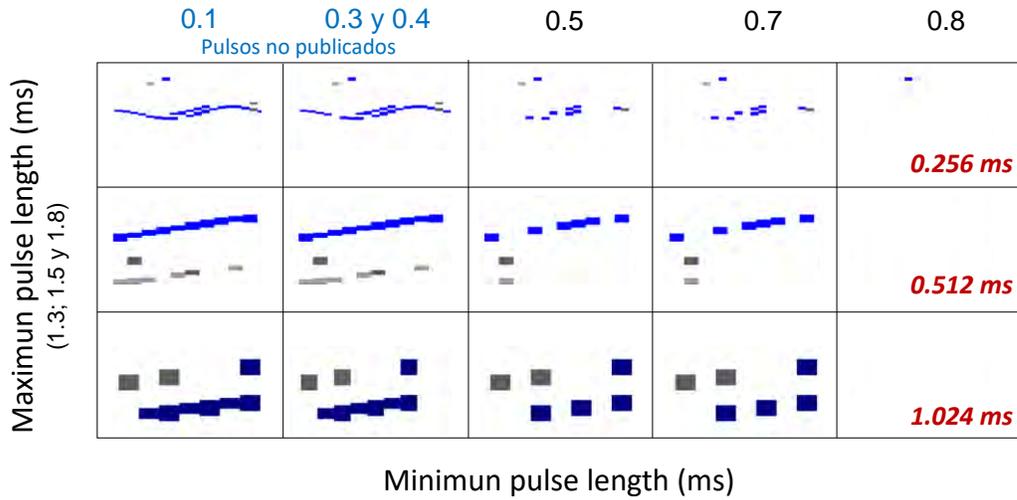


Figura 21 Efectos de la variación de los parámetros (longitud mínima y máximo del pulso) en la resolución de blancos en pulsos de 0,256; 0.512 y 1.024 ms (38 kHz)

En la Fig. 22, se muestra otro ejemplo en un ecograma de 38 kHz para una duración de pulso de 0,512 ms.

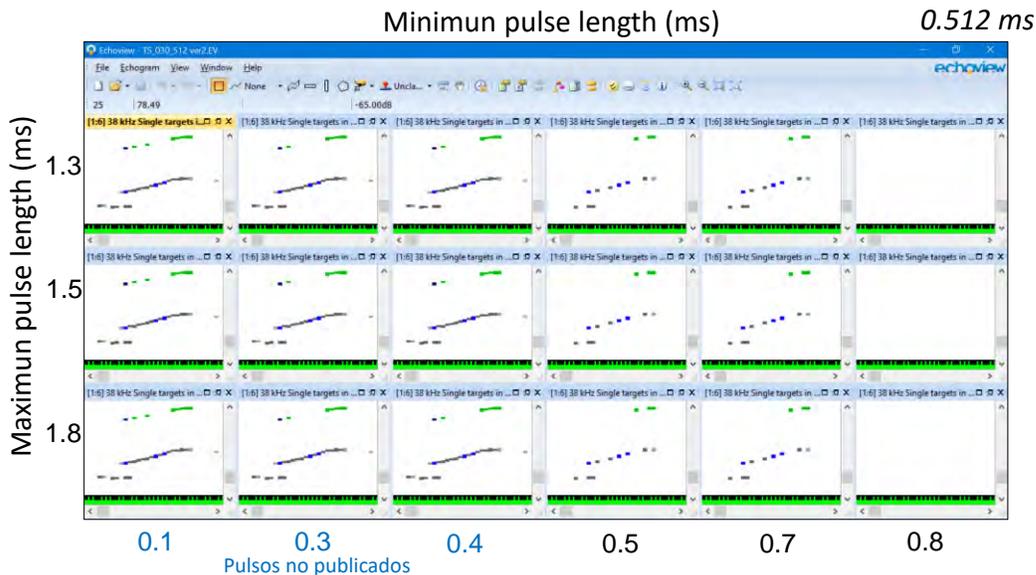


Figura 22 Efectos de los parámetros longitud mínima (Minimun pulse length) y máximo del pulso Maximun pulse length) en la resolución de blancos con un pulso de 0.512 ms.



Finalmente, y de acuerdo a los resultados de los análisis de los parámetros del software EV 7.1, los  $TS_{in situ}$  se procesaron según: Min pulse length 0.5; Maximun Pulse length = 1.5 y  $Nv = 0.2$

5.2. Objetivo 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero.

**5.2.1.** Estructuras de tallas y Estados de Madurez Sexual (EMS) de anchoveta en las mediciones in situ

Las mediciones del  $TS_{in situ}$  consideradas en el presente estudio se realizaron durante el periodo de reclutamiento de la anchoveta, en diciembre para los cruceros entre Arica-Parinacota y Antofagasta (UD norte); febrero para las regiones de Atacama-Coquimbo (UD Centro-norte) y enero-mayo para el sector Valparaíso-Los Ríos (UD Centro-sur). No obstante lo anterior, las muestras obtenidas en los lances de media agua, presentaron amplias estructuras de tallas, que en general variaron entre 6 y 18 cm. Al considerar las tallas de todos los lances agrupados en el año, en la zona norte se registraron rangos de tallas anuales estrechos en el 2009 y que junto a 2012 y 2013, fueron unimodales, en los demás casos las estructuras de tamaños fueron multimodales (Fig. 23).

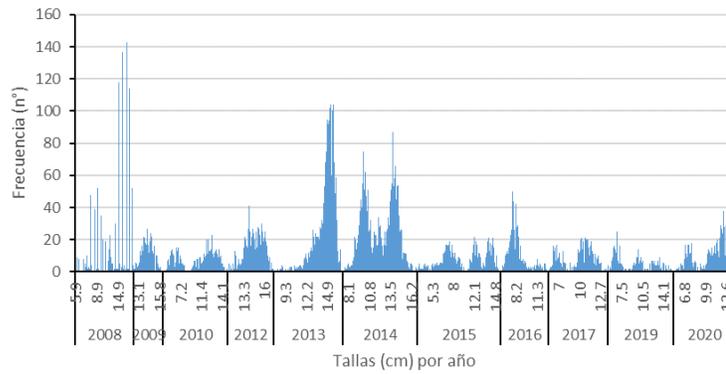
Sin embargo, al considerar las estructuras de cada lance se observan en general una mayor prevalencia de lances con estructura unimodal. En el caso de la zona norte, en que hubieron 37 lances en todo el periodo considerado (2008 a 2020) solo en 10 casos fueron multimodales, con 5 casos en el 2014 en que las tallas modales fueron entre 10-12,5 y 14-14,5; en el 2019 hubieron 2 casos (modas 6.5-7.5, 10-12.5 y 14,5 cm) y en los años 2008, 2013 y 2016 solo hubieron un caso por año con modas en 7,5 a 9 cm; 11,5 y 16- cm. En la zona centro-norte (RECLAN34), en que se consideraron 4 lances en total, solo en 1 hubo multimoda (9, 13 y 15 cm, lance 15\_17). En la zona centro-sur (RECLAS), con un total de 9 lances, en 4 fue multimodal , con modas entre 7 a 9 cm y 14.5 a 17,5 cm) En las Figuras 25 a 28 se presentan las estructuras de tallas por lance, la nomenclatura para identificar los lances fue aa\_III, donde aa denota el año y III el número de lance.

Los Estados de Madurez Sexual (Fig. 24), en los datos agrupados por año mostraron para la zona norte EMS hasta 5 en ejemplares mayores a 12,5 cm en los años 2012, 2013 y 2014, reduciéndose la frecuencia de los EMS mayores en años posteriores a 2016, en que las tallas mayores fueron mas escasas, en cualquier caso y en coherencia con el periodo de reclutamiento, las mayores frecuencias de los EMS estuvieron vinculados a los EMS 2. En la zona centro-norte (RECLAN34), se registraron hasta EMS 4, asociados a los ejemplares mayores a 15 cm, con una mayor

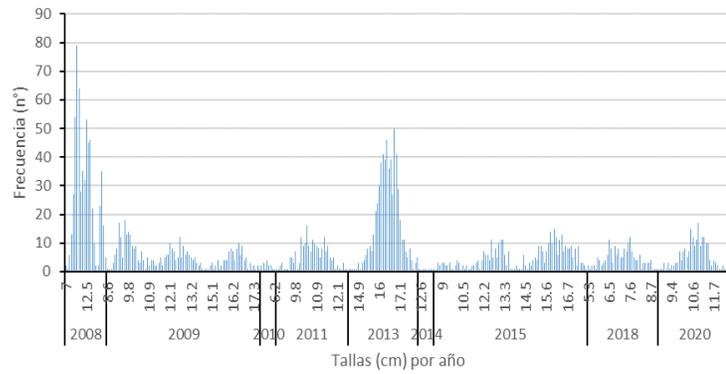


frecuencia de casos en EMS 2 (descanso reproductivo). En el caso del RECLAS dominaron los casos de EMS 2 en todos los años y tallas (Fig.24)

RECLAN 152



RECLAN34



RECLAS

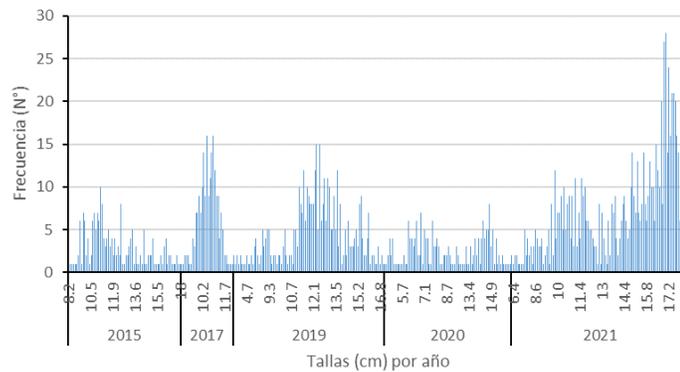


Figura 23. Frecuencia de tallas global muestreados en los cruceros RECLAN152 (UD Norte); RECLAN34 (UD Centro-norte) y RECLAS (UD Centro-sur)

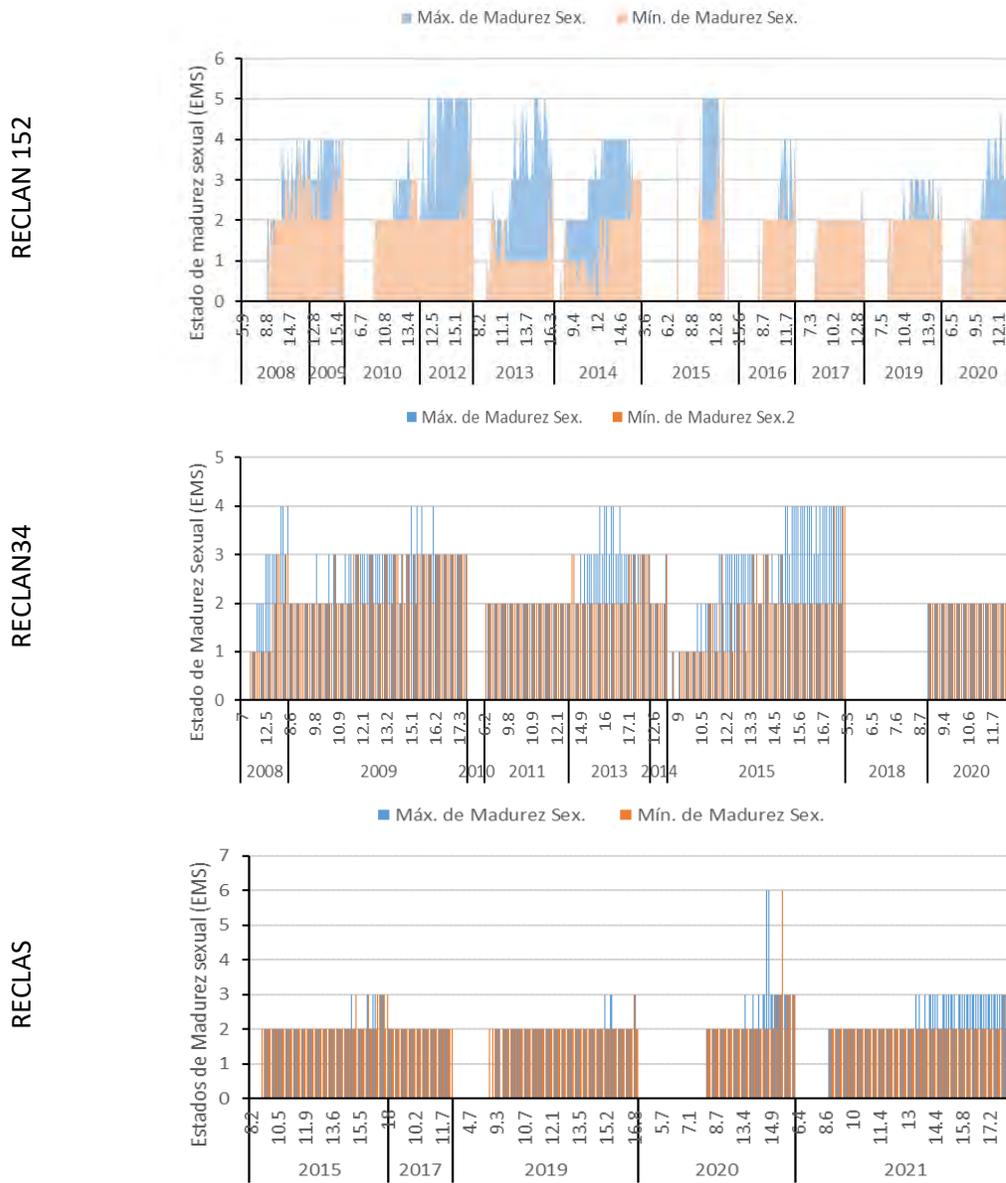


Figura 24. Estados de Madurez Sexual (EMS) de anchoveta muestreados en los cruceros RECLAN152 (UD Norte); RECLAN34 (UD Centro-norte) y RECLAS (UD Centro-sur)

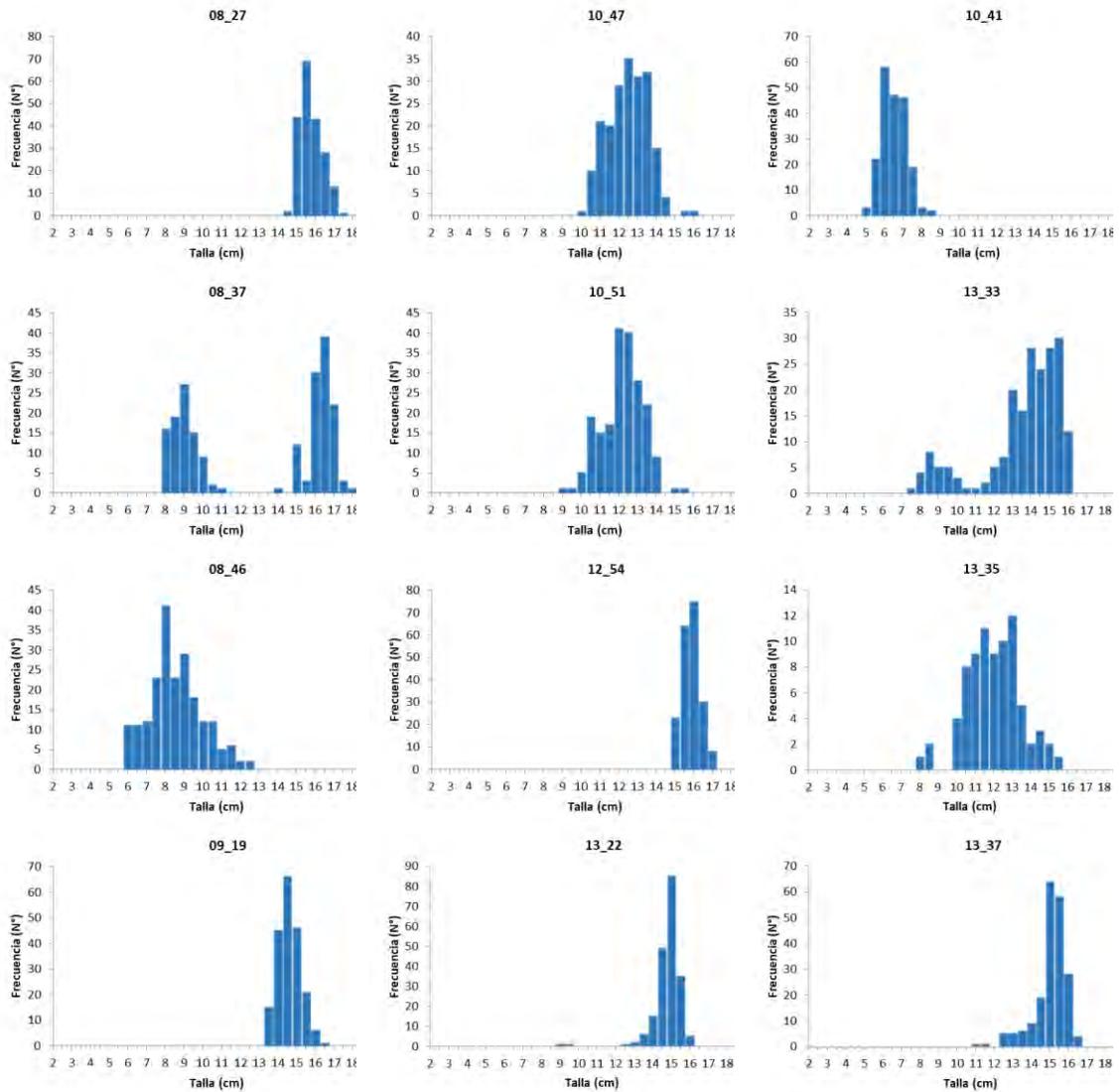


Figura 25. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2008 y 2013 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte)

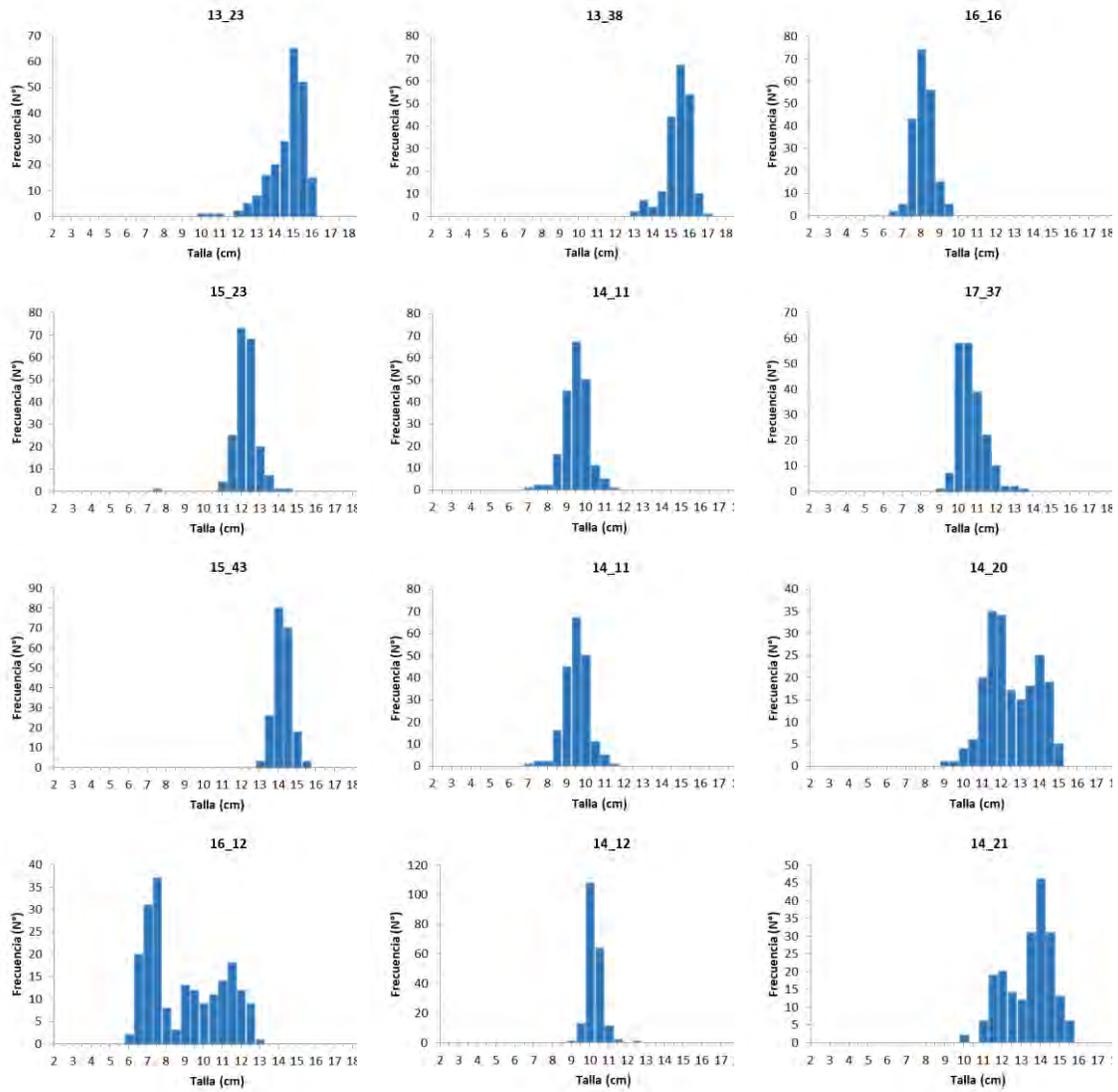


Figura 26. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2013 y 2016 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte)

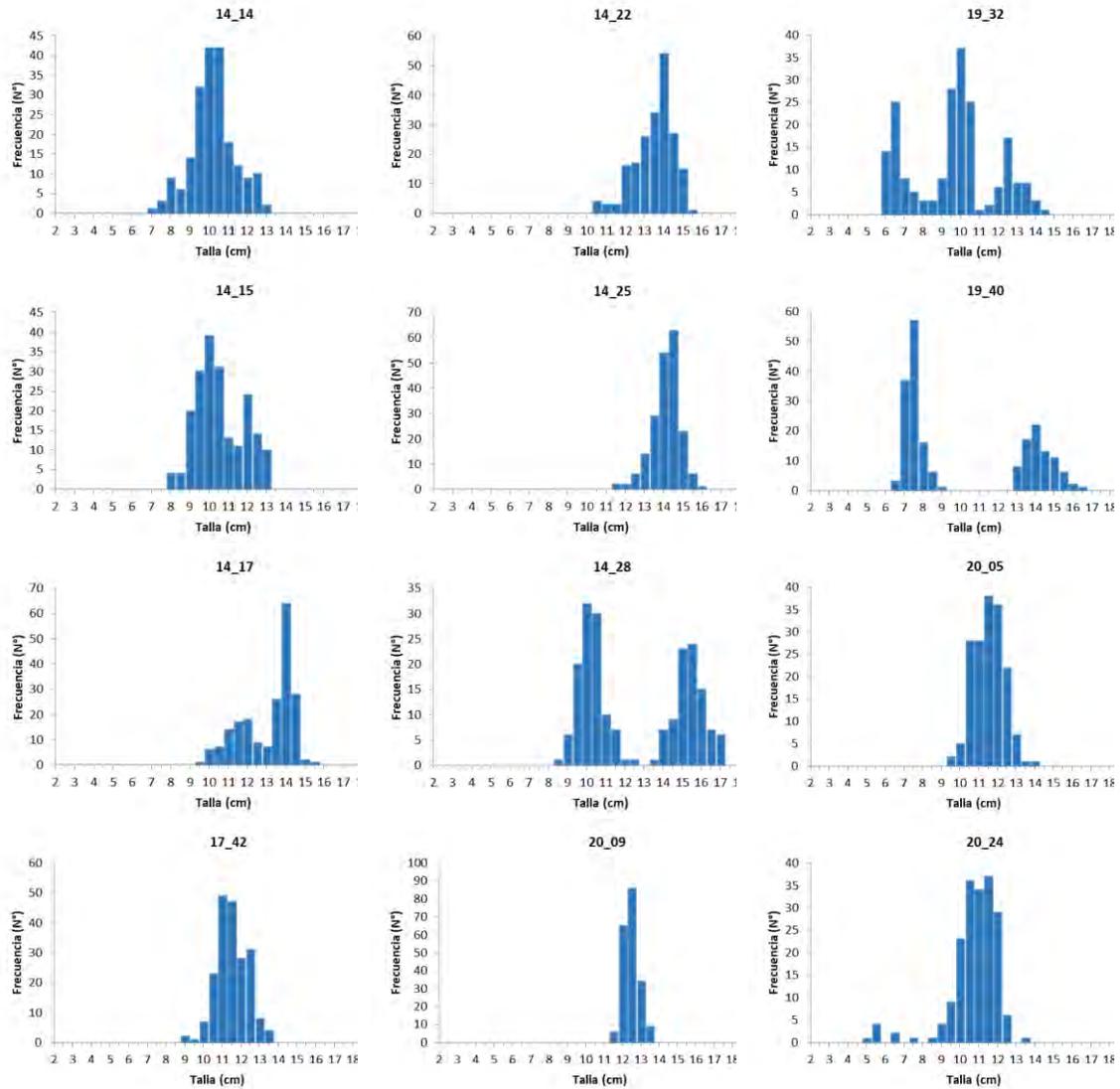
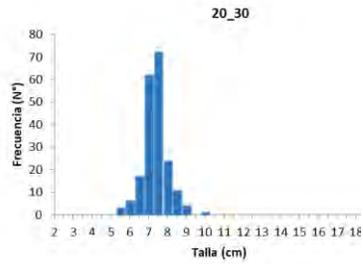


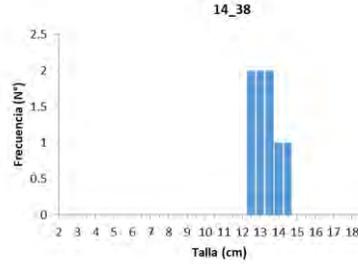
Figura 27. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2014 al 2020 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte)



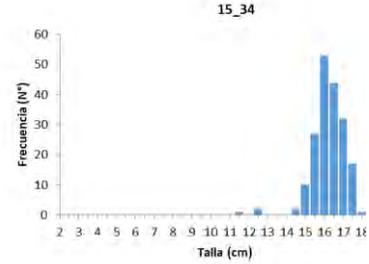
RECLAN152 (UD Norte)



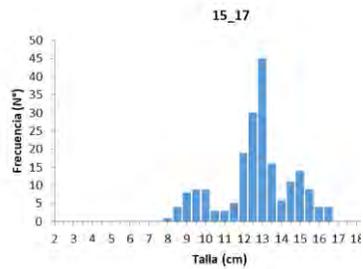
RECLAN 34 (UD Centro Norte)



RECLAN 34 (UD Centro Norte)



RECLAN 34 (UD Centro Norte)



RECLAN 34 (UD Centro Norte)

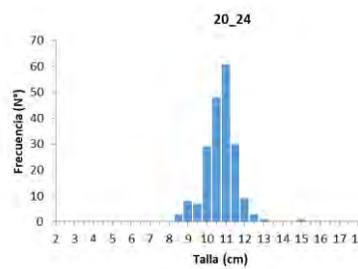


Figura 28. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ en el 2020 en los Cruceros RECLAN152 (UD Norte) y entre 2014 a 2020 en los cruceros RECLAN 34 (UD Centro Norte)

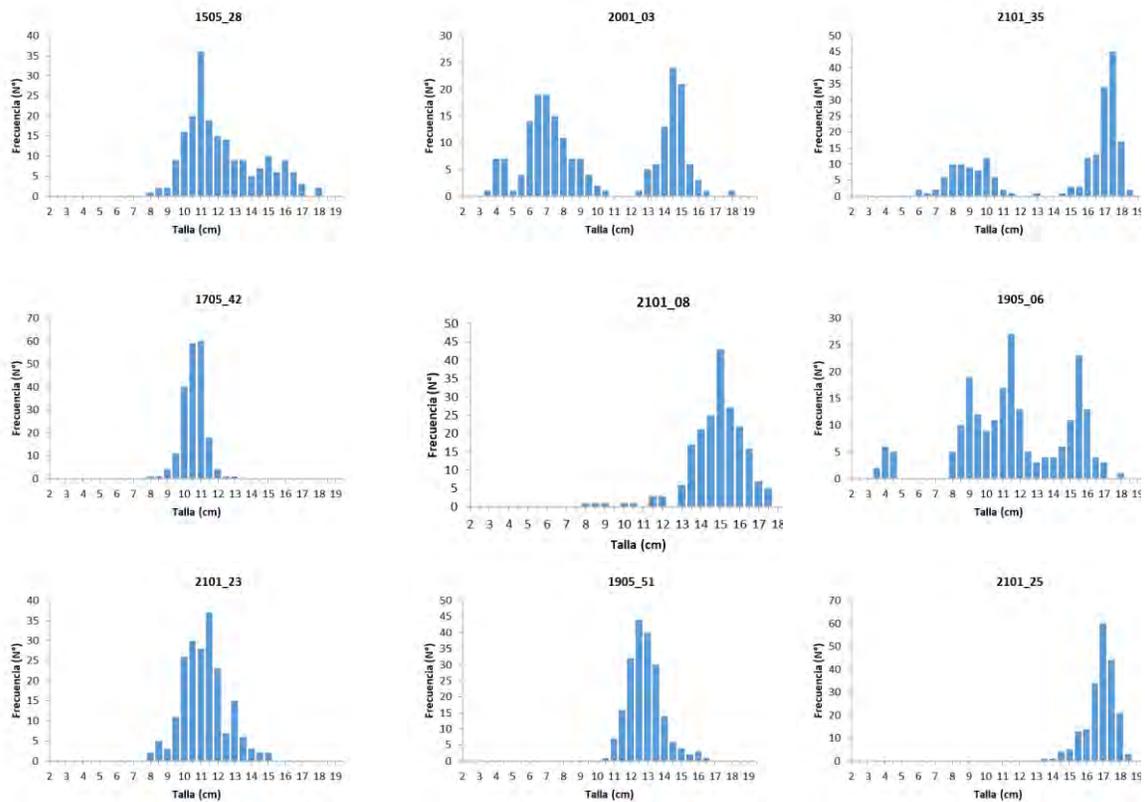


Figura 29. Histogramas de las tallas de anchoveta consideradas en las mediciones de la TS in situ entre el 2015 al 2021 en los Cruceros RECLAS (UD Centro-sur)

### 5.2.2. Intensidad de blanco (TS) de anchoveta por Unidad Demográfica- método in-situ

#### 5.2.2.1. Calibraciones de los ecosondas EK 60 y EK 80 a diferentes pulsos y frecuencias usados en las mediciones in situ y ex situ.

En las tablas 12 a 14 se presentan los resultados de las calibraciones del ecosonda SIMRAD EK 60 en 38 y 120 khz a diferentes pulsos en el periodo entre 2008 y 2021.



Tabla 12 Parámetros de la Calibración del ecosonda SIMRAD EK-60 version 2.2.0 del Buque Abate Molina. Transductor ES 38B de 38 khz . GPT 38 kHz 00907205c5f1

año	fecha	CRUCERO	pulso	Power (kw)	Gain (dB)	Sa Corr (dB)	RMS (dB)	2-Beam Angle (dB)	Athw. Angle Sens.	Along.Angle Sens.	Athw.Beam Angle (deg)	Along.Beam Ang(deg)	vel sonido (m/s)	Absorption Coeff.(dB/km)
2008	09/06/2008	RECLAN34	1.024	2000	26.59	-0.62	0.24	-20.6	21.9	21.9	6.83	6.85		
2010		RECLAN34	1.024	2000	26.56	-0.63	0.23	-20.5	22	22	6.66	6.89	1500.5	
2010	23/11/2010	RECLAN152	0.256	2000	24.35	-0.72	0.16	-20.5	22	22	6.99	7.09	1503	9.1
2010	24/11/2010	RECLAN152	0.512	2000	25.91	-0.8	0.54	-20.5	22	22	7.02	6.73	1503	9.1
2011	27/04/2011	RECLAN34	0.256	2000	25.84	-0.76	0.13	-20.6	21.9	21.9	7.15	7.21	1494.7	
2011	27/04/2011	RECLAN34	0.512	2000	26.13	-0.82	0.13	-20.6	21.9	21.9	6.86	6.88	1494.7	
2011	27/04/2011	RECLAN34	1.024	2000	26.58	-0.66	0.16	-20.6	21.9	21.9	6.86	6.88		
2012		RECLAN152	0.256	2000	24.31	-0.67	0.16	-20.6	21.9	21.9	7.07	7.08	1506.9	8.8
2012		RECLAN152	0.512	2000	26.07	-0.82	0.12	-20.6	21.9	21.9	6.87	6.95	1506.9	8.8
2012		RECLAN152	1.024	2000	26.63	-0.58	0.14	-20.6	21.9	21.9	6.83	6.82	1506.9	8.8
2013	18/07/2013	RECLAN152	1.024	2000	26.52	-0.62	0.1	-20.6	21.9	21.9	7.02	7.08	1498.6	9.4
2014	11/02/2014	RECLAN34	1.024	2000	26.52	-0.61	0.12	-20.6	21.9	21.9	6.99	7.06	1502	9.2
2014	02/01/2014	RECLAS_14-01	0.512	2000	26.13	-0.71	0.14	-20.6	21.9	21.9	7.02	7.06	1500.2	9.3
2014	02/01/2014	RECLAS_14-01	1.024	2000	26.53	-0.61	0.1	-20.6	21.9	21.9	6.97	7	1500.2	9.3
2014	30/04/2014	RECLAS_14-05	1.024	2000	26.51	-0.59	0.15	-20.6	21.9	21.9	6.91	6.99	1503.3	9.1
2014	27/11/2014	RECLAN152	0.256	2000	24.53	-0.76	0.29	-20.6	21.9	21.9	6.9	6.9	1501.3	9.2
2014	27/11/2014	RECLAN152	0.512	2000	26.1	-0.73	0.14	-20.6	21.9	21.9	6.93	7.04	1501.3	9.2
2014	27/11/2014	RECLAN152	1.024	2000	26.53	-0.6	0.18	-20.6	21.9	21.9	6.97	7.01	1498.2	9.4
2015	05/02/2015	RECLAN34	0.256	2000	24.47	-0.7	0.17	-20.6	21.9	21.9	6.91	6.97	1504.1	9
2015	27/11/2014	RECLAS_15-01	0.256	2000	24.53	-0.76	0.29	-20.6	21.9	21.9	6.93	7.04	1501.3	9.2
2015	27/11/2014	RECLAS_15-01	0.512	2000	26.1	-0.73	0.14	-20.6	21.9	21.9	6.97	7.01	1501.3	9.2
2015	27/11/2014	RECLAS_15-01	1.024	2000	26.53	-0.6	0.18	-20.6	21.9	21.9	7.02	7.13	1498.2	9.4
2015	29/4/2015	RECLAS_15-05	0.512	2000	26.51	-0.79	0.18	-20.6	21.9	21.9	6.96	7	1504.3	9
2015	29/4/2015	RECLAS_15-05	1.024	2000	26.54	-0.63	0.32	-20.6	21.9	21.9	7	7.05	1504.3	9
2015	05/02/2015	RECLAN34	0.512	2000	25.83	-0.68	0.13	-20.6	21.9	21.9	7.07	7.1	1504.1	9
2015	05/02/2015	RECLAN34	1.024	2000	26.18	-0.64	0.14	-20.6	21.9	21.9	7.08	7.15	1504.1	9
2015	23/11/2015	RECLAN152	0.256	2000	24.58	-0.82	0.19	-20.6	21.9	21.9	6.81	6.88	1501.5	9.2



Tabla 12(cont ...) Parámetros de la Calibración del ecosonda SIMRAD EK-60 version 2.2.0 del Buque Abate Molina. Transductor ES 38B de 38 khz .  
GPT 38 kHz 00907205c5f1

año	fecha	CRUCERO	pulso	Power (kw)	Gain (dB)	Sa Corr (dB)	RMS (dB)	2-Beam Angle (dB)	Athw. Angle Sens.	Along.Angle Sens.	Athw.Beam Angle (deg)	Along.Beam Angl(deg)	vel sonido (m/s)	Absorption Coeff.(dB/km)
2015	23/11/2015	RECLAN152	0.512	2000	26.14	-0.87	0.15	-20.6	21.9	21.9	6.84	6.92	1501.5	9.2
2015	23/11/2015	RECLAN152	1.024	2000	26.52	-0.65	0.11	-20.6	21.9	21.9			1501.5	9.2
2016	23/11/2016	RECLAN152	1.024	2000	26.2	-0.68	0.19	-20.6	21.9	21.9	6.91	6.94	1502	9.1
2015	23/11/2015	RECLAS_16-01	0.256	2000	24.58	-0.82	0.19	-20.6	21.9	21.9	6.81	6.88	1501.5	9.2
2015	23/11/2015	RECLAS_16-01	0.512	2000	26.14	-0.87	0.15	-20.6	21.9	21.9	6.84	6.92	1501.5	9.2
2015	23/11/2015	RECLAS_16-01	1.024	2000	26.52	-0.65	0.11	-20.6	21.9	21.9	6.9	6.97	1501.5	9.2
2016	28/04/2016	RECLAS_16-05	0.512	2000	26.04	-0.84	0.11	-20.6	21.9	21.9	7.04	7.08	1504	8.9
2016	28/04/2016	RECLAS_16-05	1.024	2000	26.3	-0.66	0.11	-20.6	21.9	21.9	6.97	7.05	1504	8.9
2017	21/7/2017	MERCOM	1.024	2000	26.39	-0.59	0.2	-20.6	21.9	21.9	7.09	7.12	1497	9.1
2016	26/12/2016	RECLAS_17-01	1.024	2000	26.21	-0.57		-20.6	21.9	21.9	7.15	7	1506	8.76
2017	14/03/2017	RECLAS_17-05	0.512	2000	26.12	-0.8	0.23	-20.6	21.9	21.9	6.98	7.04	1510.1	8.6
2017	14/03/2017	RECLAS_17-05	1.024	2000	26.46	-0.67	0.19	-20.6	21.9	21.9	6.95	7.06	1507.4	8.8
2018	09/02/2018	RECLAN34	1.024	2000	26.38	-0.64	0.29	-20.6	21.9	21.9	6.93	6.96	1505.2	8.9
2017	21/11/2017	RECLAS_18-01	1.024	2000	26.39	-0.6		-20.6	21.9	21.9	7.13	7.04	1497	9.34
2018	18/03/2018	RECLAS_18-05	1.024	2000	26.33	-0.62		-20.6	21.9	21.9	7.1	6.94	1494	9.25
2019	11/11/2019	RECLAN152	1.024	2000	26.19	-0.64	0.19	-20.6	21.9	21.9	7	7.13	1506.2	8.9
2018	20/11/2018	RECLAS_19-01	0.256	2000	24.75	-0.91	0.2	-20.6	21.9	21.9	6.96	7.02	1501.9	9.2
2018	20/11/2018	RECLAS_19-01	0.512	2000	26.09	-0.79	0.15	-20.6	21.9	21.9	6.96	7.02	1501.9	9.2
2018	20/11/2018	RECLAS_19-01	1.024	2000	26.35	-0.56	0.21	-20.6	21.9	21.9	7.01	7.03	1501.9	9.2
2019	15/03/2019	RECLAS_19-05	1.024	2000	26.01	0.67	0.15	-20.6	21.9	21.9	7.09	7.14	1502	9.12
2020	09-02-2020	RECLAN34	1.024	2000	26.18	-0.57	0.23	-20.6	21.9	21.9	7.1	7.17	1508.6	8.9
2019	11/11/2019	RECLAS_20-01	1.024	2000	26.19	-0.64	0.19	-20.6	21.9	21.9	7	7.13	1506.2	8.9
2020	10/03/2020	RECLAS_20-05	1.024	2000	26.29	-0.63	0.19	-20.6	21.9	21.9	7.02	6.94	1501	9.22
2020	19-11-2020	RECLAN152	1.024	2000	26.31	-0.6	0.12	-20.6	21.9	21.9	6.96	6.98	1503.7	9
2020	30/12/2020	RECLAS_18-01	1.024	2000	26.05	-0.63	0.16	-20.6	21.9	21.9	6.98	6.9	1505	9.06
2021	15/03/2021	RECLAS_18-05	1.024	2000	26.24	-0.62	0.15	-20.6	21.9	21.9	6.98	6.93	1499	9.3



Tabla 13 Parámetros de la Calibración del ecosonda SIMRAD EK-60 version 2.2.0 del Buque Abate Molina. Transductor ES 120 y ES 120-7c de 120 khz . GPT 120 kHz 00907205c61d 2-1 ES120 (antes del año 2011) y GPT 120 kHz 00907205c61d 2-1 ES120-7C (año 2011), versión de la calibración 2.1.0.12

año	fecha	CRUCERO	pulso	Power (kw)	Gain (dB)	Sa Corr (dB)	RMS (dB)	2-Beam Angle (dB)	Athw. Angle Sens.	Along.Angle Sens.	Athw.Beam Angle (deg)	Along.Beam Angl( deg)	vel sonido (m/s)	Absorption Coeff.(dB/km)
2008	26/12/2008	RECLAN152	1.024	500	21.65	-0.4	0.17	-18.5	17	17	8.96	8.63	1510.2	43
2008	30/12/2008	RECLAN152	0.512	500	22.44	-0.56	0.21	-18.5	17	17	8.8	8.6	1510.2	43
2008	30/12/2008	RECLAN152	1.024	500	22.38	-0.43	0.4	-18.5	17	17	8.82	8.5	1510.2	43
2009	29/04/2009	RECLAS	0.512	500	20.64	-0.59	0.87	-18.5	17	17	10.46	9.77	1501.5	39.7
2009	29/04/2009	RECLAS	1.024	500	20.84	-0.4	0.8	-18.5	17	17	9.43	9.49	1501.5	39.7
2010	05/01/2010	RECLAS	1.024	500	19.83	-0.42	0.82	-18.5	17	17	9.74	9.43	1507.3	41.7
2010	24/11/2010	RECLAN152	0.256	500	19.12	-0.59	1.08	-18.5	17	17	8.28	8.45	1503	40.2
2010	24/11/2010	RECLAN152	0.512	500	19.80	-0.58	0.99	-18.5	17	17	8.24	8.66	1503	40.2
2010	24/11/2010	RECLAN152	1.024	500	19.57	-0.41	1.17	-18.5	17	17	7.85	8.58	1503	40.2
2011	28/04/2011	RECLAS	0.512	500	28.78	-0.5	0.19	-21	23	23	6.53	6.49	1494.7	36.5
2011	28/04/2011	RECLAS	1.024	500	28.7	-0.37	0.23	-21	23	23	6.42	6.43	1494.7	36.5
2013	18/07/2013	MERCOM	1.024	500	28.89	-0.35	0.16	-21	23	23	6.61	6.61	1498.6	38.7
2014	11/02/2014	RECLAN34	1.024	500	28.87	-0.36	0.45	-21	23	23	6.55	6.62	1502	39.9
2014	02/01/2014	RECLAS	0.512	500	28.91	-0.46	0.21	-21	23	23	6.58	6.59	1500.2	39.2
2014	02/01/2014	RECLAS	1.024	500	28.77	-0.36	0.4	-21	23	23	6.63	6.56	1500.2	39.2
2014	27/11/2014	RECLAN152	0.512	500	29.25	0.02	0.15	-21	23	23	6.38	6.43	1501.3	39.6
2014	27/11/2014	RECLAN152	1.024	500	28.37	-0.45	0.74	-21	23	23	6.06	6.89	1501.3	39.6
2015	05/02/2015	RECLAN34	0.256	500	28.21	-0.68	0.88	-21	23	23	6.76	6.54	1504.1	40.4
2014	27/11/2014	RECLAN152	0.512	500	29.25	0.02	0.15	-21	23	23	6.38	6.23	1501.3	39.6
2014	27/11/2014	RECLAN152	1.024	500	29.01	-0.36	0.16	-21	23	23	6.38	6.23	1498.2	38.6
2015	29/4/2015	RECLAS	1.024	500	28.61	-0.35	0.59	-21	23	23	6.57	6.53	1504.3	40.4
2015	05/02/2015	RECLAN34	0.512	500	28.85	-0.43	0.21	-21	23	23	6.58	6.63	1504.1	40.4
2015	05/02/2015	RECLAN34	1.024	500	28.8	-0.32	0.22	-21	23	23	6.55	6.71	1504.1	40.4
2015	23/11/2015	RECLAN152	1.024	250	29.09	-0.36	0.27	-21	23	23	6.53	6.57	1501.5	39.6
2015	23/11/2015	RECLAN152	1.024	250	29.09	-0.36	0.27	-21	23	23	6.53	6.57	1501.5	39.6
2016	28/04/2016	RECLAN34	1.024	500	28.88	-0.35	0.17	-21	23	23	6.55	6.6	1504	40.2
2017	21/7/2017	MERCOM	1.024	500	27.2	-0.33	0.2	-21	23	23	6.5	6.62	1497	39.2
2016	26/12/2016	RECLAN152	1.024	500	29.18	-0.35		-21	23	23	6.58	6.63	1506	40.83



Tabla 13 (cont ...) Parámetros de la Calibración del ecosonda SIMRAD EK-60 version 2.2.0 del Buque Abate Molina. Transductor ES 120 y ES 120-7c de 120 khz . GPT 120 kHz 00907205c61d 2-1 ES120 (antes del año 2011) y GPT 120 kHz 00907205c61d 2-1 ES120-7C (año 2011), versión de la calibración 2.1.0.12

año	fecha	CRUCERO	pulso	Power (kw)	Gain (dB)	Sa Corr (dB)	RMS (dB)	2-Beam Angle (dB)	Athw. Angle Sens.	Along.Angle Sens.	Athw.Beam Angle (deg)	Along.Beam Angl( deg)	vel sonido (m/s)	Absorption Coeff.(dB/km)
2017	14/03/2017	RECLAS	0.512	300	27.45	-0.4	0.22	-21	23	23	6.53	6.63	1510.1	42.1
2017	14/03/2017	RECLAS	1.024	300	27.47	-0.38	0.23	-21	23	23	6.61	6.62	1507.4	41.4
2018	09/02/2018	RECLAN34	1.024	500	26.47	-0.33	0.24	-21	23	23	6.65	6.65	1505.2	40.6
2017	21/11/2017	RECLAN152	1.024	500	27.24	-0.34		-21	23	23	6.53	6.51	1497	39.42
2018	18/03/2018	RECLAS	1.024	500	26.47	-0.33		-21	23	23	6.56	6.54	1494	39.75
2019	11/11/2019	RECLAN152	1.024	250	26.93	-0.37	0.14	-21	23	23	6.65	6.6	1506.2	41.1
2018	21/11/2018	RECLAN152	1.024	250	27.52	-0.34	0.32	-21	23	23	6.43	6.39	1501.9	27.52
2019	15/03/2019	RECLAS	1.024	500	26.8	0.3		-21	23	23	6.29	6.37	1502	39.75
2020	09-02-2020	RECLAN34	1.024	250	26.92	-0.32	0.25	-21	23	23	6.61	6.55	1508.6	42.1
2019	11/11/2019	RECLAN152	1.024	250	26.93	-0.37	0.14	-21	23	23	6.65	6.6	1506.2	41.1
2020	10/03/2020	RECLAS	1.024	500	26.92	-0.32		-21	23	23	6.55	6.61	1501	39.41
2020	25-07-2020	MERCOM	1.024	250	25.49	-0.32	0.28	-21	23	23	6.4	6.43		
2020	30/12/2020	RECLAN152	1.024	500	26.01	-0.42		-21	23	23	6.49	6.5	1505	40.98
2021	15/03/2021	RECLAS	1.024	500	25.98	-0.33		-21	23	23	6.51	6.49	1499	38.98

Tabla 13 (cont ...) Parámetros de calibración del ecosonda SIMRAD EK-80 utilizado en la LM Pilfican IV en las mediciones del TS de anchoveta en jaula

LM	fecha	Mod ecosonda	Frecuency	Transd Mod	Transd Serial	WBT N°	pulse length	gain	sa correction	Beam				TSRmsError	Impedance	T°	S	Blanco
										Alongship	artship	Alongship	Athwartship					
Huracán I	11.04.2021	EK-80	120000	ES120-7C	829	582236	256	27.34	-0.038	6.6	6.36	0.15	-0.01	0.1983	75	11.9	32.5 TG 38.1	
Huracán I	11.04.2021	EK-80	120000	ES120-7C	829	582236	512	27.56	-0.1891	6.33	6.51	0.26	0.14	0.2113	75	11.9	32.5 TG 38.1	
Huracán I	11.04.2021	EK-80	120000	ES120-7C	829	582236	1024	27.66	-0.2271	6.58	6.5	-0.05	-0.01	0.0427	75	11.9	32.5 TG 38.1	
Huracán I	11.04.2021	EK-80	38000	ES38-7	135 - Narrow	582177	256	26.64	-0.1752	6.54	6.62	-0.01	0.07	0.0541	75	11.9	32.5 TG 38.1	
Huracán I	11.04.2021	EK-80	38000	ES38-7	135 - Narrow	582177	512	26.56	0.0156	6.33	6.39	-0.05	0.06	0.0603	75	11.9	32.5 TG 38.1	
Huracán I	11.04.2021	EK-80	38000	ES38-7	135 - Narrow	582177	1024	26.78	-0.0564	6.38	6.45	-0.06	0.06	0.0718	75	11.9	32.5 TG 38.1	



Los resultados de las calibraciones de los transductores de 38 khz (ES 38B) y 120 khz (ES 120 y ES 120-7c) que operaron con el ecosonda EK 60 presentan ganancias con alta estabilidad en todo el periodo, destacándose el cambio de los valores en el 120 khz el a1o 2011 en que se reemplaz3 el transductor ES 120 por el ES 120-7c (Fig. 30).

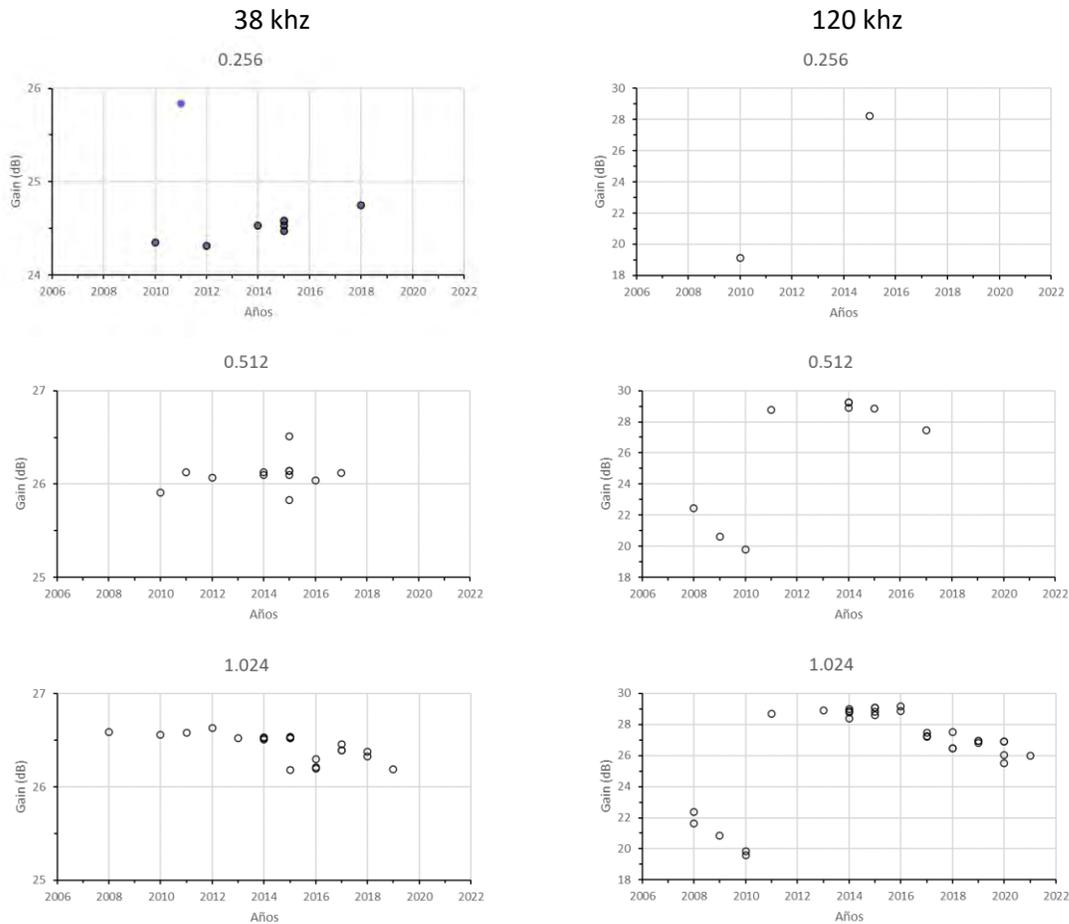


Figura 30. Valores de las ganancias calibradas en los transductores usados con el ecosonda cientifico SIMRAD EK 60 por pulso y frecuencia en el periodo 2008-2021. En la frecuencia 120 khz se cambi3 el transductor en el 2011.

### 5.2.2.2. Histogramas de TS in situ

Se procesaron los  $TS_{in situ}$ , por pulso de acuerdo a las definiciones metodol3gicas y a los par3metros del software Echoview version 7.1 determinados para el procesamiento de los TS, descritas en el



objetivo 1. En el caso de la frecuencia 120 khz (Fig. 31) , en el RECLAN 152 se obtuvieron datos de TS para los pulsos 0.256 y 1.024 ms, estos valores variaron entre -63 y -47.5 dB para 0.256, con modas en -54 dB y entre -63 a -47 dB con moda -53.5 dB para 1.024 ms. En el RECLAN34 también se registraron TS en 0.256 y 1.024, con valores entre -60 a -48 dB y moda entre 55.5 a -49 dB en el pulso 0.256 y entre -60 a -48 dB con grupo modal en -50,5 dB en el pulso 1.024 ms. En el RECLAS solo se consideraron los TS con el pulso 0.256, los que variaron entre -63.5 a -46.5 dB y moda en -55 dB.

En el caso de la frecuencia 38 khz (Fig. 32) en el crucero RECLAN 152, los TS extremos estuvieron entre -60 y -47 dB, con distribuciones bi modales en el pulso 0.256, con modas en -58 dB y entre -54 a -50 dB; en el pulso 0.512 el rango fluctuó entre -60 y -49 dB, con moda en -52.5 dB, mientras que con 1.024 ms el rango estuvo entre -62.5 y -47 dB, con moda en -53 dB. En RECLAN34, solo se registraron TS en 0.256 y 0.512 ms; en 0.256 el rango varió entre -61 y -47.5 dB con dos grupos centrados en -58.5 y -48.5 dB, mientras que con 0.512 ms el rango estuvo entre -60.5 dB y -47.5 dB, en este caso también se visualizan dos grupos de TS centrados en -58.5 a -59 dB y -53.5 dB.

En el RECLAS (Fig. 33), se registraron TS con los pulsos 0.256 y 0.512 ms. En el primer caso (0.256 ms) el rango varió entre -61 dB y -46 dB, con una distribución bimodal centradas en -59 dB y -52 dB. Los datos en el pulso 0.512 variaron entre -60.5 dB y -46.5 dB con un grupo centrado entre -52 a -49.5 dB.

En general se registraron más valores de TS con la frecuencia de 120 khz, los que variaron entre 775 para el pulso 1.024 en el RECLAN 34 y 36052 en el pulso 0.256 en RECLAS. Con la frecuencia de 38 khz, se registraron menores números de TS variando entre 78 con el pulso 0.256 en el RECLAN34 y 421 en el pulso 1.024 en el RECLAN152.

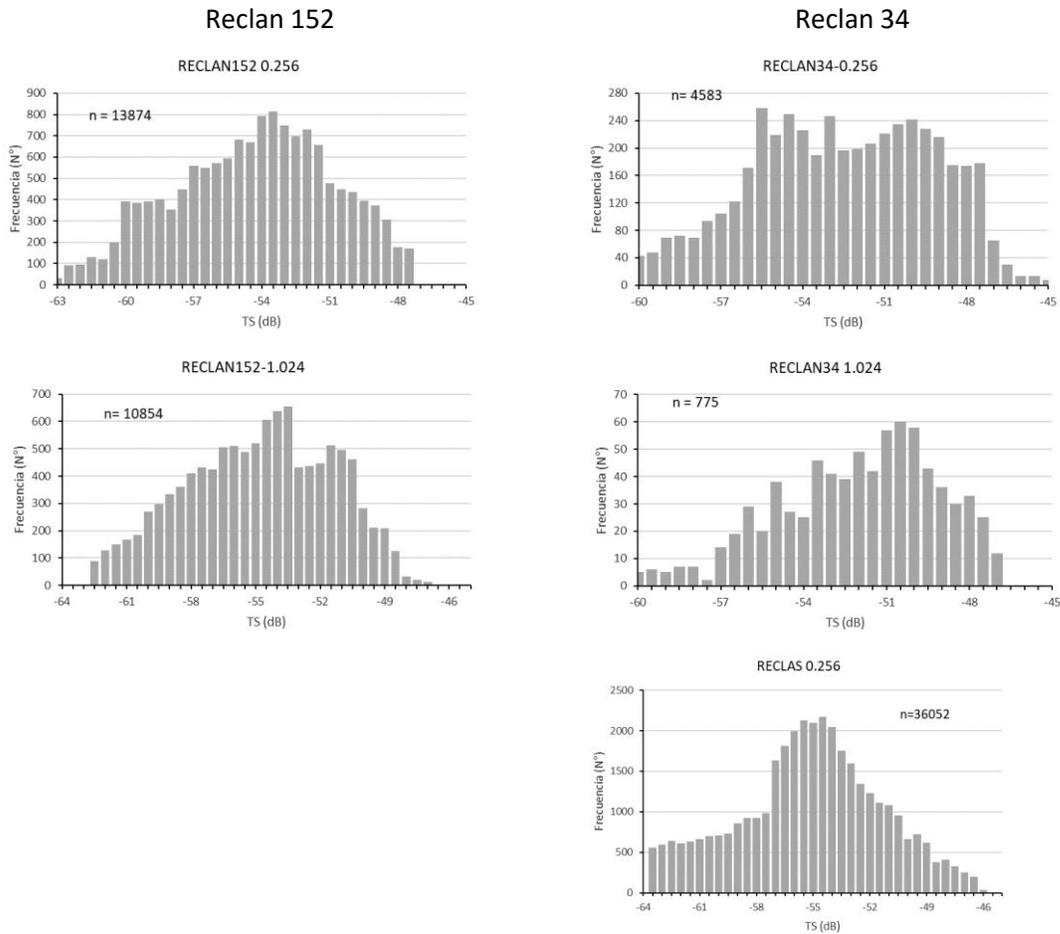


Figura 31. Histograma global de TS *in situ* por pulso de anchoveta, frecuencia 120 khz.. Cruceros RECLAN 152 (UD Norte); RECLAN34 (UD Centro-norte) y RECLAS (UD Centro-sur)

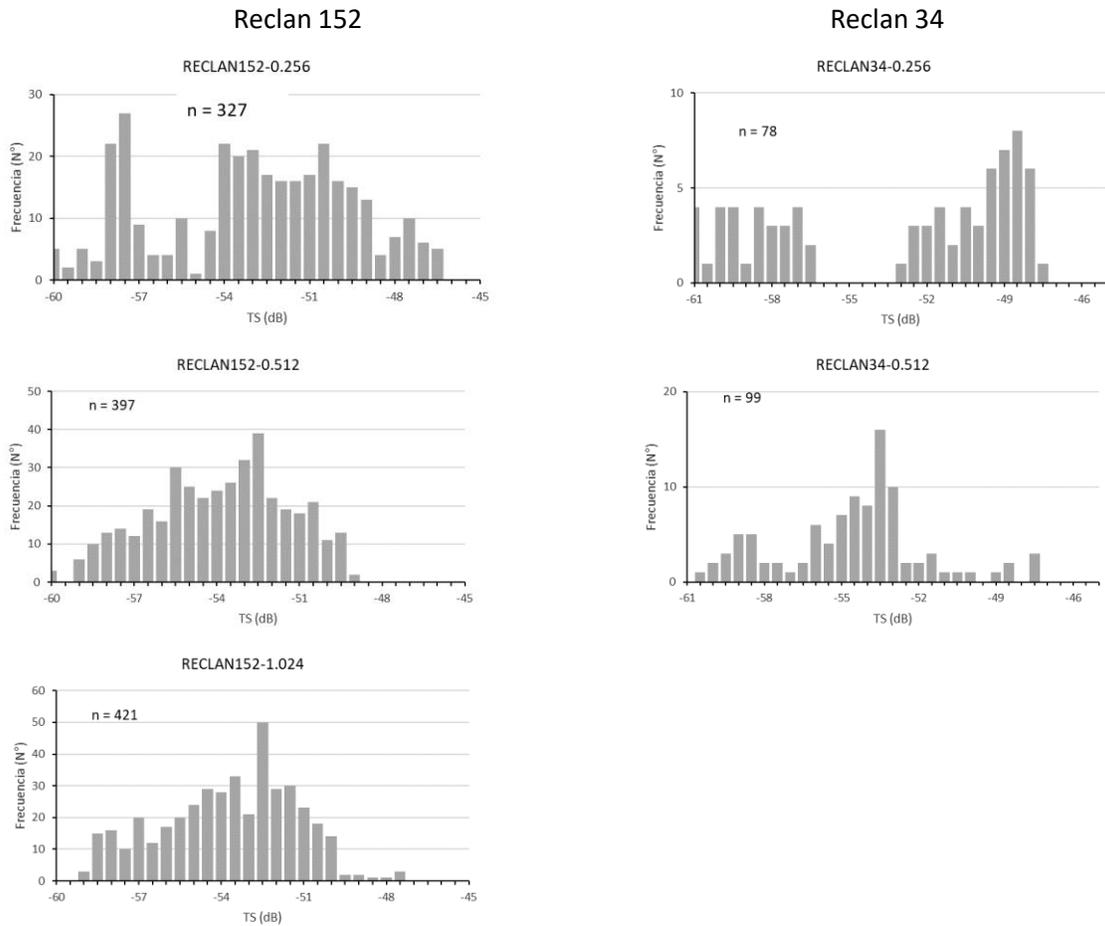


Figura 32. Histograma global de TS *in situ* por pulso de anchoveta frecuencia 38 khz.. Cruceros RECLAN 152 (UD Norte) y Cruceros RECLAN 34 (UD Centro Norte)

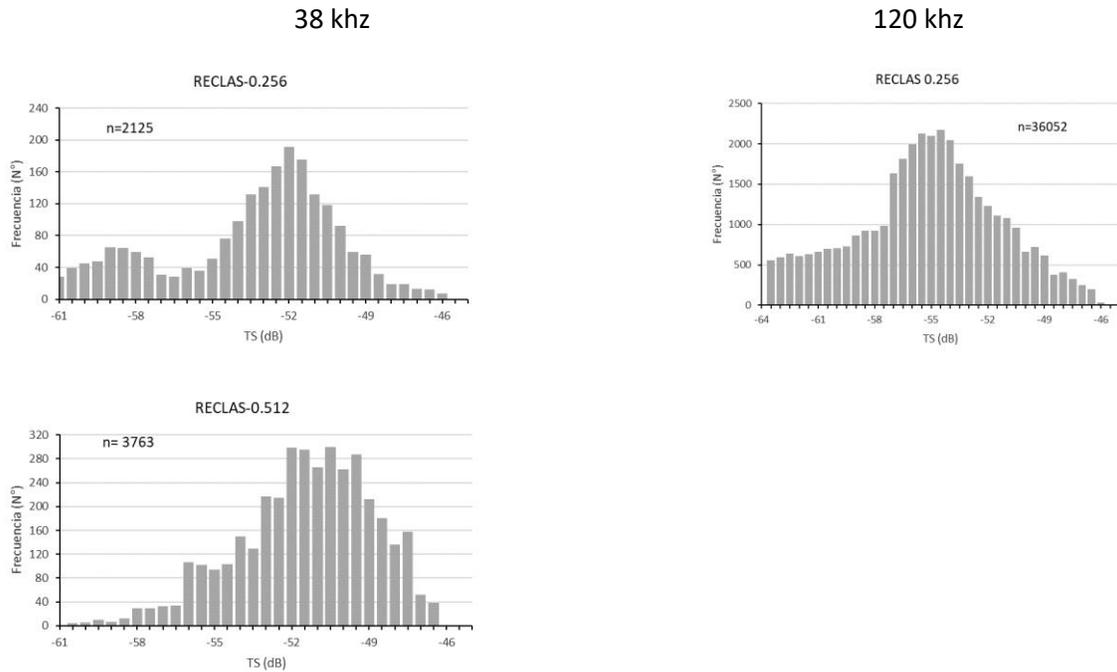


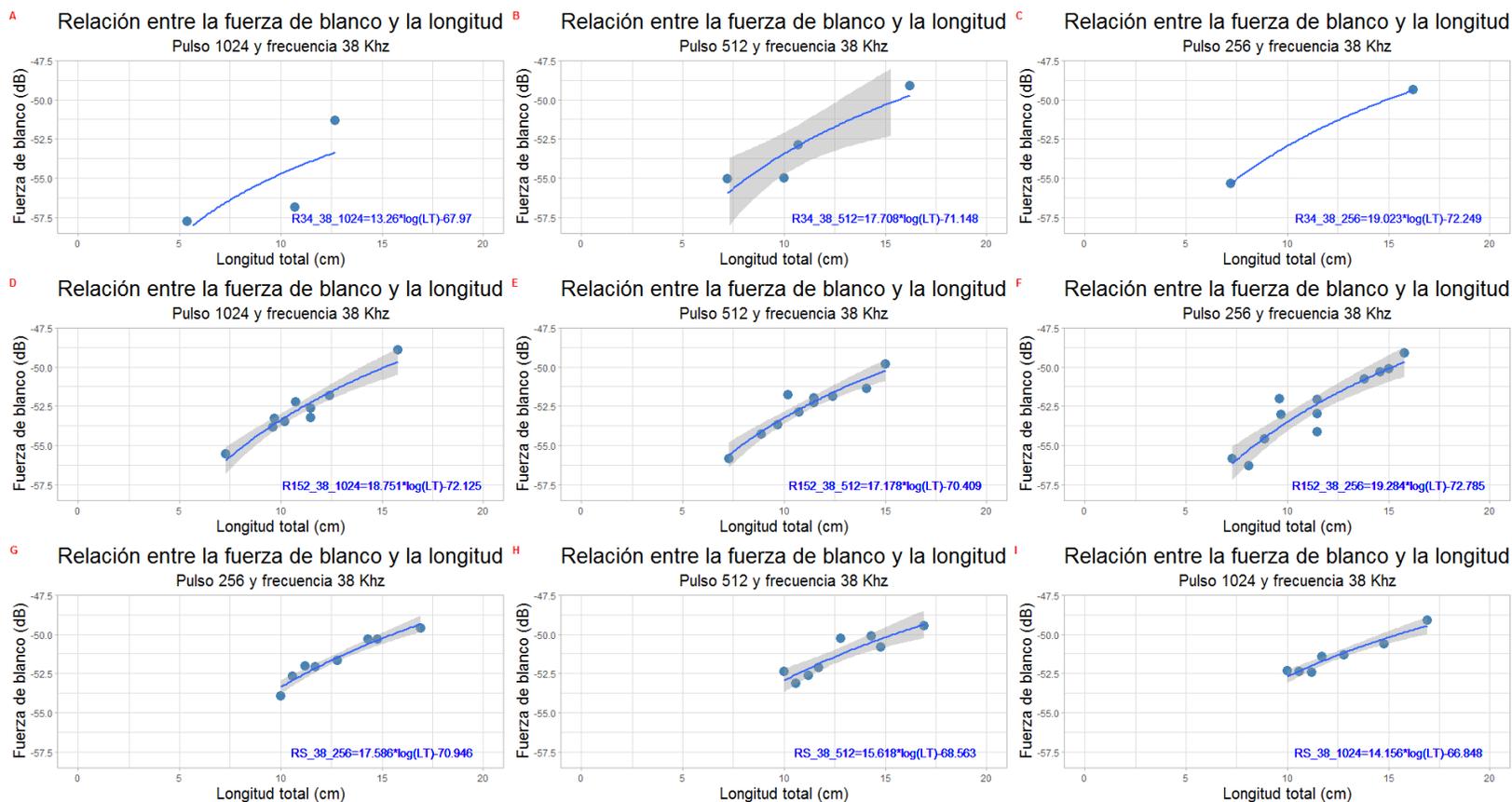
Figura 33. Histograma global de TS <sub>in situ</sub> por pulso de anchoveta frecuencia 38 khz.. Cruceros RECLAS (UD Centro Sur).

### 5.2.2.3. Ecuaci3n de TS<sub>in situ</sub> -talla de anchoveta para las unidades demogr3ficas (UD)

#### a. TS<sub>in situ</sub> -L con frecuencia de 38 khz

En la Fig 34 se presentan los TS-L por pulso en frecuencia 38 KHz para cada Unidad Demogr3fica y las correspondientes ecuaciones ajustadas.

Las pruebas de hip3tesis de la comparaci3n de las pendientes de las relaciones TS-L por pulso en cada UD (Tabla 14) permiti3 establecer, con un 95% de confianza, que los pares de datos con 1.024 ms provenientes de los cruceros RECLAN34 y RECLAS, fueron diferentes a los otros ajustes, lo que se visualiza claramente en las gr3ficas correspondientes (Fig. 34.), raz3n por la cual fueron extra3dos del set de datos global. El an3lisis del set de datos sin los datos mencionados de RECLAN34 y RECLAS, confirma que todos los sets de datos aceptan la hip3tesis de igualdad de pendientes (Tabla 15).



**Figura 34.** Ecuaciones TS-L de anchoveta por pulso en cada UD, en frecuencia 38 KHz. Se muestran sus bandas de confianza al 95%.



**Tabla 34.** Test de pendiente t student para el análisis por pulsos y UD en frecuencia 38 Khz (Ho=igualdad de pendientes).

Contraste	estimado	SE	gl	t.ratio	p.value	Observación
R152_38_1024 - R152_38_256	-0.534	4.01	46	-0.133	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - R152_38_512	1.573	4.47	46	0.352	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - R34_38_1024	5.495	4.47	46	1.229	0.9456	Rechaza Ho
R152_38_1024 - R34_38_256	-0.272	4.07	46	-0.067	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - R34_38_512	1.043	4.7	46	0.222	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - RS_38_1024	4.595	5.34	46	0.86	0.994	Acepta Ho
R152_38_1024 - RS_38_256	1.165	5.21	46	0.224	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - RS_38_512	3.133	5.21	46	0.601	0.9995	Acepta Ho
R152_38_256 - R152_38_512	2.106	3.82	46	0.551	0.9997	Acepta Ho
R152_38_256 - R34_38_1024	6.029	3.83	46	1.575	0.8128	Rechaza Ho
R152_38_256 - R34_38_256	0.261	3.35	46	0.078	1	Acepta Ho
R152_38_256 - R34_38_512	1.577	4.1	46	0.385	1	Acepta Ho
R152_38_256 - RS_38_1024	5.129	4.82	46	1.065	0.9765	Rechaza Ho
R152_38_256 - RS_38_256	1.698	4.67	46	0.364	1	Acepta Ho
R152_38_256 - RS_38_512	3.667	4.67	46	0.785	0.9968	Acepta Ho
R152_38_512 - R34_38_1024	3.923	4.3	46	0.912	0.9912	Acepta Ho
R152_38_512 - R34_38_256	-1.845	3.88	46	-0.475	0.9999	Acepta Ho
R152_38_512 - R34_38_512	-0.529	4.54	46	-0.117	1	Acepta Ho
R152_38_512 - RS_38_1024	3.023	5.2	46	0.581	0.9996	Acepta Ho
R152_38_512 - RS_38_256	-0.408	5.06	46	-0.081	1	Acepta Ho
R152_38_512 - RS_38_512	1.56	5.06	46	0.308	1	Acepta Ho
R34_38_1024 - R34_38_256	-5.768	3.89	46	-1.484	0.8571	Rechaza Ho
R34_38_1024 - R34_38_512	-4.452	4.54	46	-0.98	0.986	Acepta Ho
R34_38_1024 - RS_38_1024	-0.9	5.2	46	-0.173	1	Acepta Ho
R34_38_1024 - RS_38_256	-4.331	5.07	46	-0.855	0.9943	Acepta Ho
R34_38_1024 - RS_38_512	-2.362	5.07	46	-0.466	0.9999	Acepta Ho
R34_38_256 - R34_38_512	1.315	4.15	46	0.317	1	Acepta Ho
R34_38_256 - RS_38_1024	4.867	4.87	46	1	0.984	Rechaza Ho
R34_38_256 - RS_38_256	1.437	4.72	46	0.305	1	Acepta Ho
R34_38_256 - RS_38_512	3.405	4.72	46	0.722	0.9982	Acepta Ho
R34_38_512 - RS_38_1024	3.552	5.41	46	0.657	0.9991	Acepta Ho
R34_38_512 - RS_38_256	0.121	5.27	46	0.023	1	Acepta Ho
R34_38_512 - RS_38_512	2.09	5.27	46	0.396	1	Acepta Ho
RS_38_1024 - RS_38_256	-3.431	5.85	46	-0.586	0.9996	Acepta Ho
RS_38_1024 - RS_38_512	-1.462	5.85	46	-0.25	1	Acepta Ho
RS_38_256 - RS_38_512	1.968	5.73	46	0.343	1	Acepta Ho



**Tabla 15.** Test de pendiente t student para el análisis de las relaciones TS-L de anchoveta por pulso y UD en frecuencia 38 Khz con la sustracción de los sets **R34\_38\_1024** y el **RS\_38\_1024** (Ho=igualdad de pendientes).

Contraste	estimado	SE	df	t.ratio	p.value	Observación
R152_38_1024 - R152_38_256	-0.534	3.5	40	-0.153	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - R152_38_512	1.573	3.89	40	0.404	0.9996	Acepta Ho
R152_38_1024 - R34_38_256	-0.272	3.55	40	-0.077	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - R34_38_512	1.043	4.1	40	0.255	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - RS_38_256	1.165	4.54	40	0.257	1	Acepta Ho
R152_38_1024 - RS_38_512	3.133	4.54	40	0.69	0.9924	Acepta Ho
R152_38_256 - R152_38_512	2.106	3.33	40	0.632	0.9953	Acepta Ho
R152_38_256 - R34_38_256	0.261	2.92	40	0.09	1	Acepta Ho
R152_38_256 - R34_38_512	1.577	3.57	40	0.442	0.9994	Acepta Ho
R152_38_256 - RS_38_256	1.698	4.07	40	0.418	0.9995	Acepta Ho
R152_38_256 - RS_38_512	3.667	4.07	40	0.901	0.9702	Acepta Ho
R152_38_512 - R34_38_256	-1.845	3.38	40	-0.545	0.9979	Acepta Ho
R152_38_512 - R34_38_512	-0.529	3.96	40	-0.134	1	Acepta Ho
R152_38_512 - RS_38_256	-0.408	4.41	40	-0.092	1	Acepta Ho
R152_38_512 - RS_38_512	1.56	4.41	40	0.354	0.9998	Acepta Ho
R34_38_256 - R34_38_512	1.315	3.62	40	0.364	0.9998	Acepta Ho
R34_38_256 - RS_38_256	1.437	4.11	40	0.35	0.9998	Acepta Ho
R34_38_256 - RS_38_512	3.405	4.11	40	0.828	0.9805	Acepta Ho
R34_38_512 - RS_38_256	0.121	4.59	40	0.026	1	Acepta Ho
R34_38_512 - RS_38_512	2.09	4.59	40	0.455	0.9992	Acepta Ho
RS_38_256 - RS_38_512	1.968	4.99	40	0.394	0.9997	Acepta Ho

En la Fig. 35 se presentan la relación TS-L de anchoveta por unidad demográfica, con las correspondientes ecuaciones normalizadas al b20, considerando las tallas promedio de cada set de datos, según L(RECLAN152)= 11,5 cm; L(RECLAN34)= 12.6 cm y L(RECLAS)= 11.7 cm.

Dados los resultados indicados en la Tabla 15, en que las ecuaciones de TS-L de las tres UD aceptan la hipótesis nula de igualdad de pendientes al 95%, se procedió a ajustar una relación TS-L única que representa a las tres Unidades Demográficas, el análisis de varianza de ese ajuste indica que la ecuación obtenida representa adecuadamente a los datos (Fig. 35, Tabla 16). La ecuación TS-L de TS38Khz, ajustada para el set de datos completos en las tres Unidades demográficas, fue:

La ecuación global  $TS_{in\ situ} - L$  para las tres UD fue:



$$TS = 18.134 \text{ Log } (l) - 71.352$$

$$R^2 = 0,9286 \quad (\rho < 0.001)$$

El promedio global de L fue 11,6 cm, por lo tanto la ecuación normalizada fue:

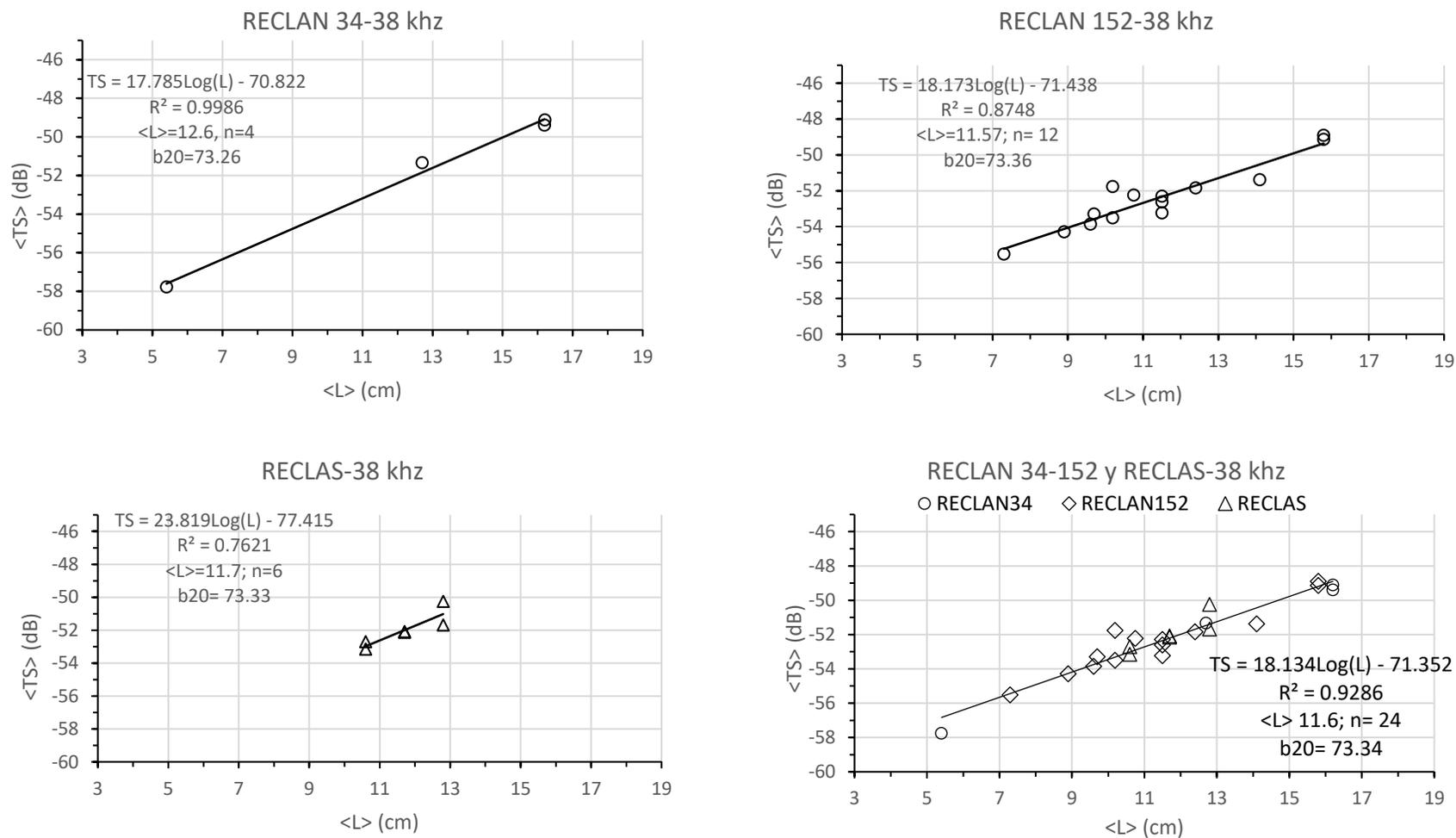
$$TS = 20 \text{ Log } (L) - 73,34$$

**Tabla 16.** Análisis de varianza para el modelo  $TS_{15} = 18.134 \text{ LOG}(L) - 71.352$ ,  $R^2 = 0.9286$ ;  $n = 24$  para anchoveta, en frecuencia 38 Khz

	<i>GL</i>	<i>Suma de cuadrados</i>	<i>Promedio de los cuadrados</i>	<i>F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	1	90.83802414	90.83802414	286.0730	4.2851E-14	
Residuos	22	6.985756358	0.31753438			
Total	23	97.8237805				

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>t</i>	<i>Prob.</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior</i>
Intercepto	-71.3518	1.1365	-62.7841	2.5957E-26	-73.7086	-68.9949
LOG (L)	18.1343	1.0722	16.9137	4.2851E-14	15.9107	20.3578
R <sup>2</sup>	0.9286					
n	24					



**Figura 35.** Relaci3n TS<sub>in situ</sub>-L de anchoveta por Unidad Demogr3fica, frecuencia 38 khz



b.  $TS_{in-stu}$  -L con frecuencia de 120 khz

En la Fig. 36 se presentan las relaciones TS-L por cada pulso y unidad demogr3fica en la frecuencia 120 khz

Los contrastes de la prueba de hip3tesis de las ecuaciones de TS-L por pulso y Unidad Demogr3fica (Tabla 17) permite confirmar con un 95% de confianza aquellos grupos de datos divergentes, que rechazaron la hip3tesis de igualdad de pendientes y que respald3 la exclusi3n del an3lisis global. Los sets de datos excluidos fueron: R34\_120\_512 (RECLAN34), R152\_120\_512 (RECLAN152), RS\_120\_512 (RECLAS), RS\_120\_1024 (RECLAS), por rechazar la hip3tesis de igualdad de pendientes y que son evidentes en la Fig. 36. De igual modo se acepta la hip3tesis de igualdad de las ecuaciones de TS-L entre las Unidades demogr3ficas. De este modo, una vez excluidos los datos divergentes, se realiz3 nuevamente el an3lisis de pendiente que se presenta en la Tabla 18, donde con una confianza del 95% se puede obtener un set de datos con pendiente significativamente similares (Fig. 37).

Finalmente, la ecuaci3n para 120 Khz representativa de las tres UD (Fig. 37) y el correspondiente an3lisis de varianza (Tabla 19) confirma que la ecuaci3n ajustada representa significativamente los datos, siendo:

$$TS_{120khz} = 18.5431 \text{ Log } (L) - 72.3883, N= 71; R^2= 0.87; p<0.001; F=453.7 (>F^*=4.6-32)$$

La ecuaci3n de TS/L normalizada, con un  $\langle L \rangle = 11.8$  cm fue:

$$TS = 20 \text{ Log } (L) - 73.95$$

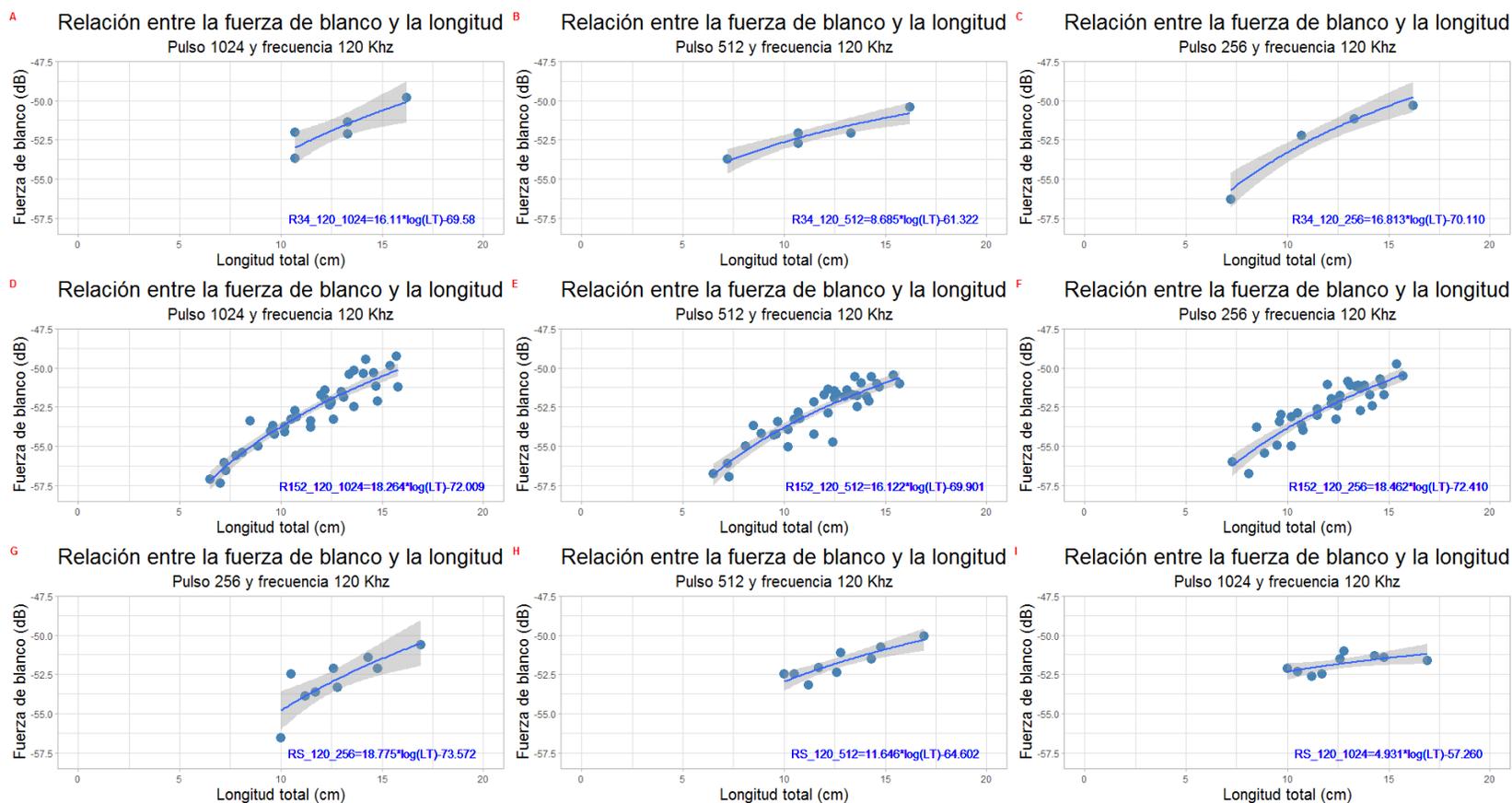


Figura 36. Ecuaciones TS-L de anchoveta por pulso en cada UD, en frecuencia 120 KHz. Se muestran sus bandas de confianza al 95%..



Tabla 17. Test de pendiente t student para el análisis por pulsos y UD en frecuencia 120 Khz (Ho=igualdad de pendientes).

Contraste	estimado	SE	df	t.ratio	p.value	Observaciones
R152_120_1024 - R152_120_256	-0.198	1.8	135	-0.11	1	Acepta Ho
R152_120_1024 - R152_120_512	2.142	1.74	135	1.234	0.9476	Acepta Ho
R152_120_1024 - R34_120_1024	2.158	5.11	135	0.422	1	Acepta Ho
R152_120_1024 - R34_120_256	1.45	3.1	135	0.467	0.9999	Acepta Ho
R152_120_1024 - R34_120_512	9.579	3.1	135	3.086	0.0601	Rechaza Ho
R152_120_1024 - RS_120_1024	13.333	3.78	135	3.531	0.0161	Rechaza Ho
R152_120_1024 - RS_120_256	-0.512	3.78	135	-0.136	1	Acepta Ho
R152_120_1024 - RS_120_512	6.618	3.78	135	1.753	0.7128	Rechaza Ho
R152_120_256 - R152_120_512	2.34	1.88	135	1.242	0.9455	Rechaza Ho
R152_120_256 - R34_120_1024	2.356	5.16	135	0.456	0.9999	Acepta Ho
R152_120_256 - R34_120_256	1.648	3.19	135	0.517	0.9999	Acepta Ho
R152_120_256 - R34_120_512	9.777	3.19	135	3.066	0.0635	Rechaza Ho
R152_120_256 - RS_120_1024	13.531	3.85	135	3.518	0.0167	Rechaza Ho
R152_120_256 - RS_120_256	-0.314	3.85	135	-0.082	1	Acepta Ho
R152_120_256 - RS_120_512	6.816	3.85	135	1.772	0.7002	Rechaza Ho
R152_120_512 - R34_120_1024	0.016	5.14	135	0.003	1	Acepta Ho
R152_120_512 - R34_120_256	-0.692	3.15	135	-0.219	1	Acepta Ho
R152_120_512 - R34_120_512	7.437	3.15	135	2.357	0.3163	Rechaza Ho
R152_120_512 - RS_120_1024	11.191	3.82	135	2.931	0.0905	Rechaza Ho
R152_120_512 - RS_120_256	-2.654	3.82	135	-0.695	0.9988	Acepta Ho
R152_120_512 - RS_120_512	4.476	3.82	135	1.172	0.9609	Rechaza Ho
R34_120_1024 - R34_120_256	-0.708	5.75	135	-0.123	1	Acepta Ho
R34_120_1024 - R34_120_512	7.421	5.75	135	1.291	0.9324	Rechaza Ho
R34_120_1024 - RS_120_1024	11.175	6.14	135	1.821	0.6683	Rechaza Ho
R34_120_1024 - RS_120_256	-2.67	6.14	135	-0.435	1	Acepta Ho
R34_120_1024 - RS_120_512	4.46	6.14	135	0.727	0.9983	Acepta Ho
R34_120_256 - R34_120_512	8.129	4.07	135	1.997	0.5484	Rechaza Ho
R34_120_256 - RS_120_1024	11.883	4.6	135	2.581	0.2045	Rechaza Ho
R34_120_256 - RS_120_256	-1.962	4.6	135	-0.426	1	Acepta Ho
R34_120_256 - RS_120_512	5.168	4.6	135	1.122	0.9699	Rechaza Ho
R34_120_512 - RS_120_1024	3.754	4.6	135	0.815	0.9962	Acepta Ho
R34_120_512 - RS_120_256	-10.09	4.6	135	-2.192	0.4171	Rechaza Ho
R34_120_512 - RS_120_512	-2.961	4.6	135	-0.643	0.9993	Rechaza Ho
RS_120_1024 - RS_120_256	-13.845	5.08	135	-2.725	0.1491	Rechaza Ho
RS_120_1024 - RS_120_512	-6.715	5.08	135	-1.322	0.9232	Rechaza Ho
RS_120_256 - RS_120_512	7.129	5.08	135	1.403	0.8949	Rechaza Ho



Tabla 18. Test de pendiente t student para el análisis de las relaciones TS-L de anchoveta por pulso y UD en frecuencia 120 Khz con la sustracción de los set R34\_120\_512, R152\_120\_512 , RS\_120\_512, RS\_120\_1024 (Ho=igualdad de pendientes).

Contraste	estimado	SE	df	t.ratio	p.value	Observaciones
R152_120_1024 - R152_120_256	-0.198	1.91	81	-0.104	1	Acepta Ho
R152_120_1024 - R34_120_1024	2.158	5.42	81	0.398	0.9946	Acepta Ho
R152_120_1024 - R34_120_256	1.448	3.45	81	0.42	0.9934	Acepta Ho
R152_120_1024 - RS_120_256	-0.512	4.01	81	-0.128	0.9999	Acepta Ho
R152_120_256 - R34_120_1024	2.356	5.47	81	0.43	0.9927	Acepta Ho
R152_120_256 - R34_120_256	1.646	3.53	81	0.466	0.9901	Acepta Ho
R152_120_256 - RS_120_256	-0.314	4.08	81	-0.077	1	Acepta Ho
R34_120_1024 - R34_120_256	-0.71	6.18	81	-0.115	1	Acepta Ho
R34_120_1024 - RS_120_256	-2.67	6.51	81	-0.41	0.994	Acepta Ho
R34_120_256 - RS_120_256	-1.959	4.99	81	-0.393	0.9949	Acepta Ho

Tabla 19. Análisis de varianza para el modelo  $TS_{is}=18.5431 \text{ LOG}(L)-72.3883$ ;  $R^2=0.87$ ,  $n= 71$  para anchoveta, en frecuencia 120 Khz

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	236.450176	236.450176	453.69082	4.6947E-32
Residuos	69	35.9607499	0.52117029		
Total	70	272.410925			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-72.388335	0.92879066	-77.938267	5.2915E-69	-74.241221	-70.535448
LOG (L)	18.5431724	0.87057069	21.3000192	4.6947E-32	16.8064314	20.2799134
R <sup>2</sup>	0.86799079					
N	71					

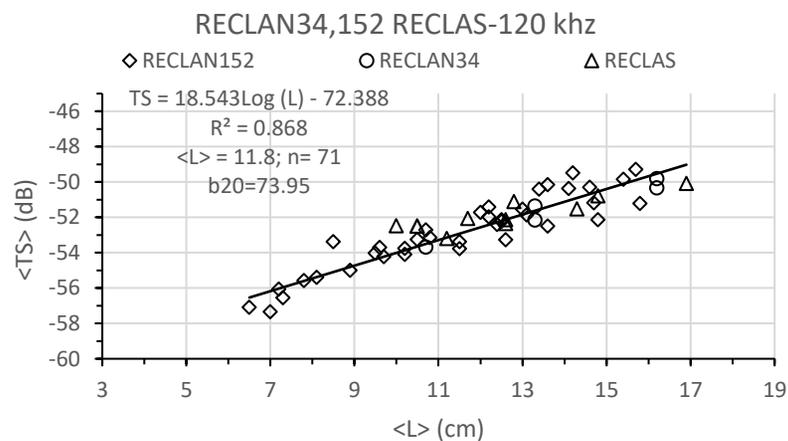
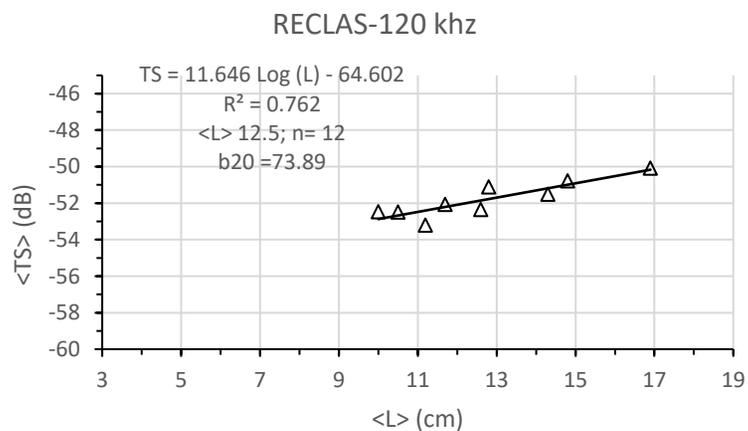
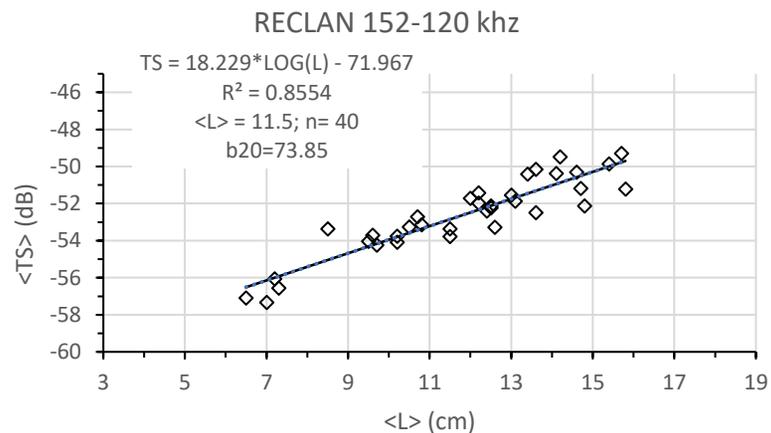
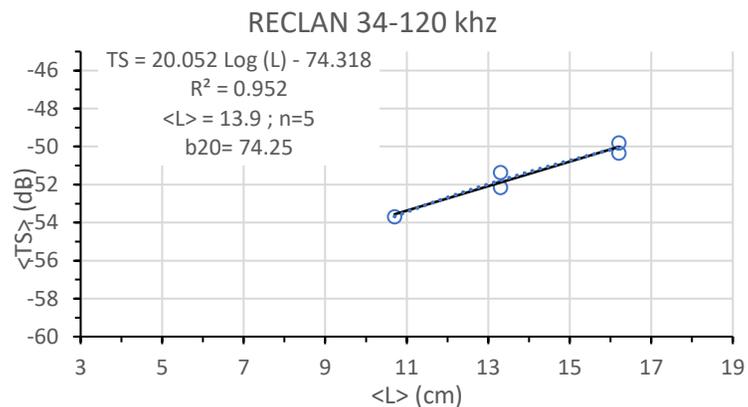


Figura 37 Relaci3n  $TS_{in\ situ}$  -L de anchoveta por Unidad demogr3fica, frecuencia 120 Khz



### 5.2.3. Ecuación de $TS_{\text{ex situ}}$ -talla de anchoveta- método ex situ

Las anchovetas capturadas en el lance 3 para la medición del TS en jaula variaron entre 10 y 18 cm de longitud total, centradas en 14 cm (Fig. 38).

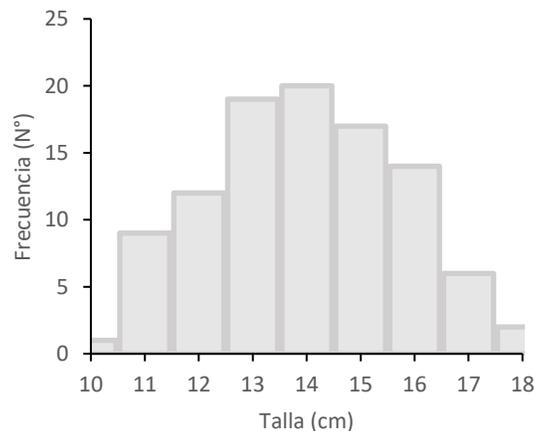


Figura 38. Estructura de tallas de las anchovetas usadas en las mediciones de  $TS_{\text{ex situ}}$

Las mediciones del TS del ejemplar confinado en la jaula duraron entre 12 y 15 min, habiendo casos escasos en que la medición se extendió hasta 20 minutos esperando que el ejemplar asumiera un comportamiento más adecuado. Una vez completado el tiempo por pulso, se cambió el tamaño de pulso y se repitió la medición por otros 15 min. En total, la medición por cada ejemplar varió entre 36 y 45 min, pudiendo extenderse, de manera extraordinaria a 1 hora. En total se realizaron 22 mediciones con 38 khz y 42 con 120 khz, de los cuales se descartaron 8 (36%) con 38 khz y 26 (61,9%) para 120 khz, por comportamiento anómalo del pez.

En las Figs. 39 y 40 se presentan los histogramas de los TS a diferentes pulsos para la frecuencia 38 y 120 khz, respectivamente, en cada gráfico se indican los TS promedio ( $\langle TS \rangle$ ) después de restarle la jaula vacía, también se informan los valores modales del TS ( $TS_{\text{mo}}$ ), así como el número de ecos considerados y la talla del ejemplar insonificado. En el caso de 38 khz, (Fig. 39) en la mayoría de los casos los histogramas presentaron una distribución unimodal. En aquellos casos que se registró mas de una moda en el histograma, se atribuyó a comportamiento anómalo de la anchoveta dentro de la jaula, con posiciones vertical u oblicua hacia arriba o hacia abajo en los bordes o vértices de la jaula (Fig. 41).



En el caso de la frecuencia 120 khz, se registró una mayor variabilidad en los TS, habiendo casos en que se registraron modas inferiores a -55 dB (19.TS15\_256\_120.target), valores que fueron considerados muy por debajo de lo esperado dada la talla de la anchoveta, por lo que ese grupo se descartó. En esta frecuencia también se observó con frecuencia que el eco de la anchoveta se encontraba en el mismo rango de la medición con jaula vacía, lo que obligó a repetir las mediciones de la jaula vacía entre los experimentos.

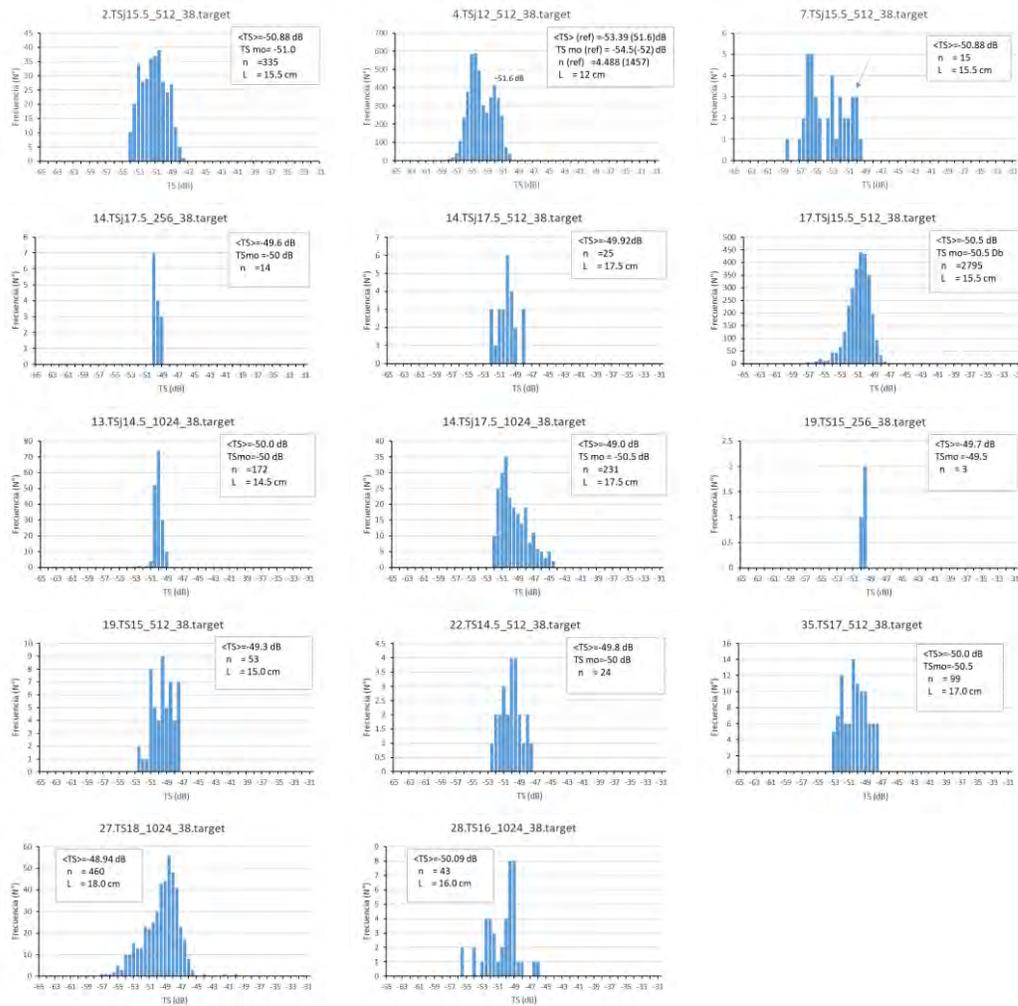


Figura 39 Histogramas de TSj de anchoveta a diferentes pulsos en la frecuencia de 38 khz, la nomenclatura de cada caso consiste en un numero correlativo, TSLL\_pppp\_ff (TS talla\_pulso\_frecuencia)



INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO / DIVISIÓN INVESTIGACIÓN PESQUERA

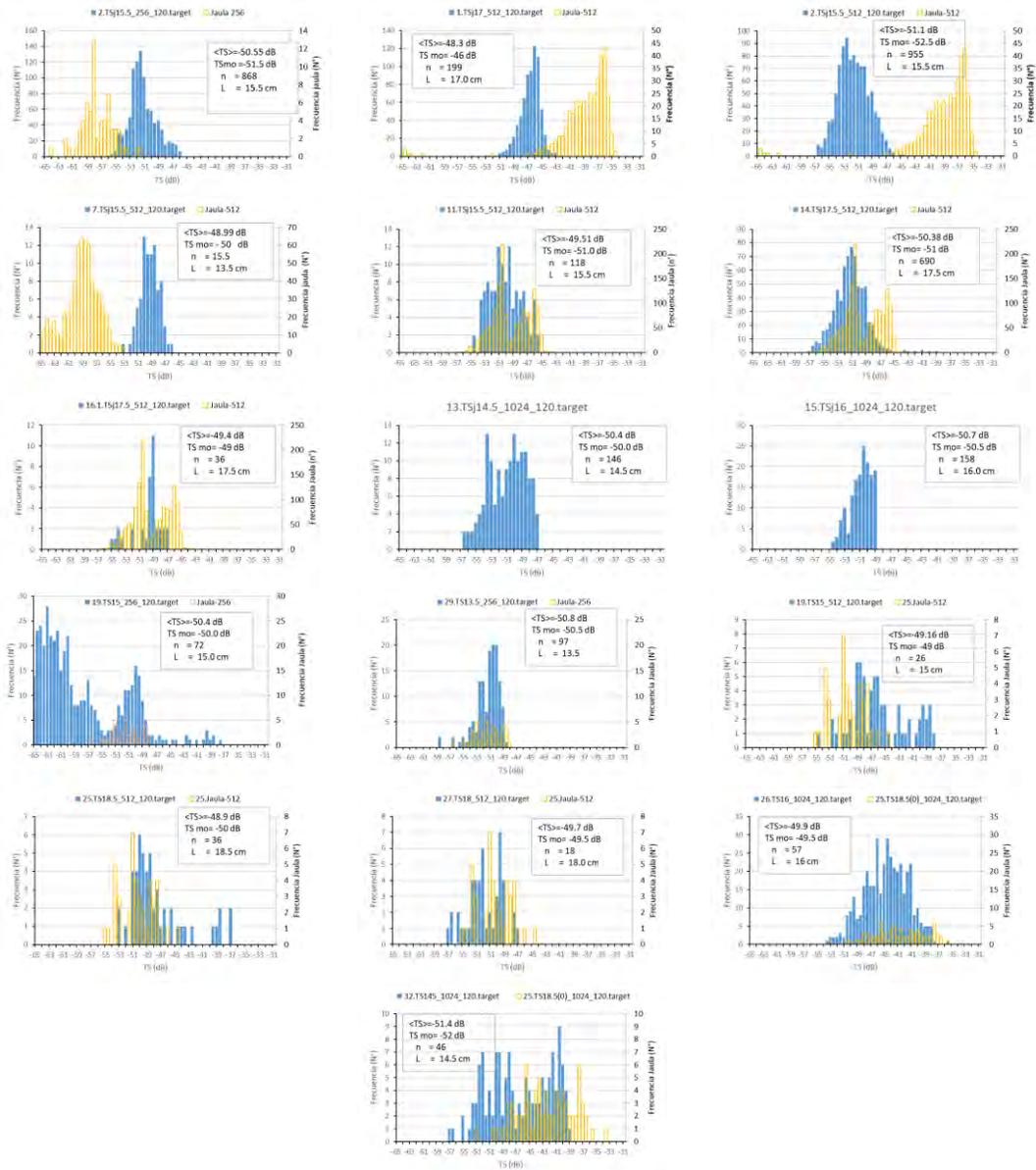


Figura 40. Histogramas de TS jaula de anchoveta por pulso, frecuencia 120 khz, se indica el histograma de la jaula vacía, en el caso del pulso 1.024, la jaula vacía no emitió eco. La nomenclatura de cada caso consiste en un numero correlativo, TSLL\_pppp\_ff (TS talla\_pulso\_frecuencia)



Figura 41. Posici3n an3mala de la anchoveta dentro de la jaula. En el c3rculo se indica la posici3n diagonal en el v3rtice superior de la jaula

Para efectos del ajuste de la regresi3n, se descartaron aquellos datos que estuvieron evidentemente fuera de la tendencia general, especialmente los que registraron TS muy bajos respecto a los esperados para la talla. Finalmente, para el ajuste de la regresi3n se consideraron 12 datos en la frecuencia de 38 khz y 16 en 120 khz, ambas ecuaciones fueron significativas con el 95% de confianza.

La ecuaci3n ajustada para 38 khz fue (Fig. 42):

$$TS_{jaula(38)} = 11.507 \text{ Log}(L) - 63.831; R^2 = 0.4858, n= 12, p<0.05 \text{ (Tabla 20)}$$

y para 120 khz fue (Fig. 42) :

$$TS_{jaula(120)} = 11.802 \text{ Log}(L) - 64.148, R^2 = 0.2638, p<0.05 \text{ (Tabla 21)}$$

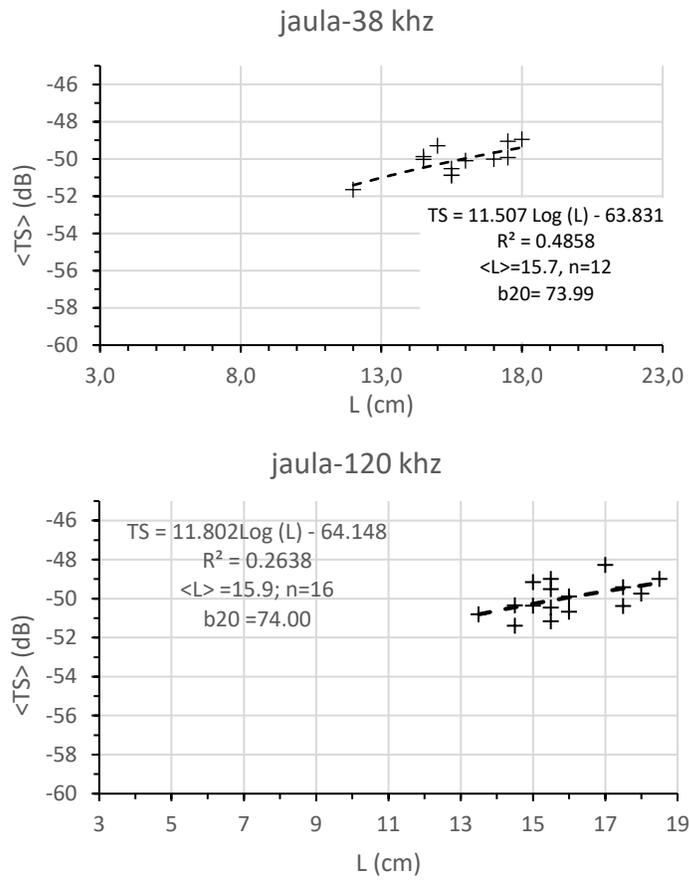


Fig. 42, Relación  $TS_{\text{exsitu}}-L$  de anchoveta para las frecuencias 38 y 120 Khz.



Tabla 20 Análisis de varianza de la ecuación T<sub>sex-situ</sub> de anchoveta (TS=11.51 Log (L) -63.831; R<sup>2</sup>=0.48, n=12) con 38 khz

	GL	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	de los F	Valor crítico de F	
Regresión	1	3.39856348	3.39856348	9.448775	0.01176263	
Residuos	10	3.59682973	0.35968297			
Total	11	6.99539321				
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Prob.	Inf. 95%	Supr. 95%
Intercepto	-63.831024	4.47198	-14.27354	5.6283E-08	-73.79522	-53.86682
LOG(L)	11.50670	3.74337	3.07388	0.01176	3.16594	19.84747
R <sup>2</sup>	0.4858288					
N	12					

Tabla 21 Análisis de varianza de la ecuación T<sub>sex-situ</sub> de anchoveta (TS=11.80 Log (L) -64.148; R<sup>2</sup>=0.26; n= 16) con 120 khz

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	de los F	Valor crítico de F	
Regresión	1	3.0053908	3.0053908	5.01745361	0.04183747	
Residuos	14	8.38582167	0.59898726			
Total	15	11.3912125				
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Prob.	Inf. 95%	Supr. 95%
Intercepto	-64.14832	6.33019	-10.13371	7.9223E-08	-77.72523	-50.5714
LOG (L)	11.80218	5.26891	2.239967	0.04183	0.50149	23.10287
R <sup>2</sup>	0.26383					
N	16					

#### 5.2.4. Ecuación global de T<sub>sex-situ</sub> + T<sub>in-situ</sub> -talla de anchoveta

Las calibraciones con jaula se realizaron en tallas entre 12 y 18 cm para 38 khz y entre 13.5 a 18.5 para 120 khz, este estrecho rango en las tallas determinó pendientes menores que las mediciones in situ, sin embargo, sus TS fluctuaron en rangos similares a los observados en las mediciones in situ para las dos frecuencias. Se analizaron las pendientes de las ecuaciones de TS-L ajustadas para la global in situ de cada frecuencia respecto a las correspondientes mediciones con jaula, rechazándose la hipótesis de igualdad de pendientes (p-value >0.08, para 38 khz y p-value >0.1



para 120 khz). Este rechazo se debió principalmente a que los rangos de tallas incluidos en los experimentos ex situ se encontraban entre los mayores del set de datos y además los TS se ubicaron en el sector de la asíntota de la ecuación logarítmica, determinando que la pendiente fuera mejor que las mediciones in situ. Sin embargo al incluir los dos set de datos en un solo gráfico se visualiza una continuidad de los TS hacia valores mayores y además variando dentro del mismo rango. De este modo, para cada frecuencias se ajustó una regresión conjunta in situ+ex situ (Tabla 21 y 22) las que resultaron en altamente significativas.

Las ecuaciones globales in situ+ex situ ajustadas son:

38 khz: (Tabla 22; Fig. 43))

$$TS_{38 \text{ global}} (\text{exsitu+in situ}) = 16.8093 \log_{10}(L) - 70.0234; R^2 = 0.91411 \quad N = 36 \quad p=0.00$$

120 khz (Tabla 23, Fig. 43)

$$TS_{120 \text{ global}} (\text{exsitu+in situ}) = 18.664 \log_{10}(L) - 72.4941; R^2 = 0.88 \quad N = 87; p < 0.001$$

**Tabla 21 Análisis de varianza de la ecuación global  $TS_{\text{ex-situ}} + TS_{\text{in situ}}$  de anchoveta ( $TS=16.809\log(L) - 70.0233$ ;  $R^2=0.91$ ;  $n= 36$ ) con 38 khz**

	<i>Grados de libertad</i>	<i>de Suma de cuadrados</i>	<i>de Promedio de cuadrados</i>	<i>de los F</i>	<i>Valor crítico de F</i>	
Regresión	1	129.112043	129.112043	361.89553	1.0657E-19	
Residuos	34	12.1300461	0.35676606			
Total	35	141.242089				

	<i>Coefficientes</i>	<i>Error típico</i>	<i>Estadístico t</i>	<i>Probabilidad</i>	<i>Inferior 95%</i>	<i>Superior 95%</i>
Intercepto	-70.02337	0.97786	-71.60807	1.1272E-38	-72.0106	-68.0361
LOG(L)	16.80931	0.88360	19.02355	1.0657E-19	15.01361	18.6050
R2	0.91411					
N	36					

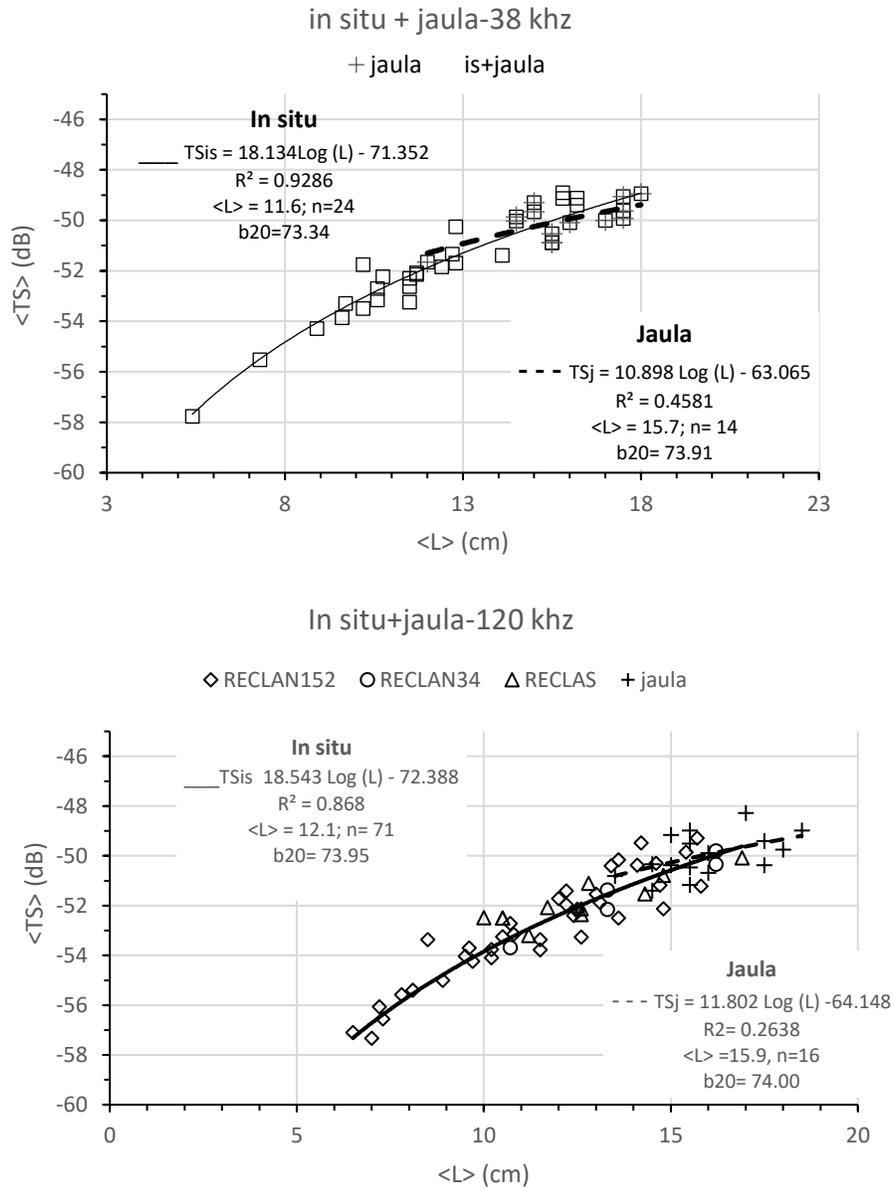


Figura 43. Relación del TS global de anchoveta in situ+ex situ para 38 y 120 khz.



Tabla 23 Análisis de varianza de la ecuación global  $TS_{\text{ex-situ}} + TS_{\text{in situ}}$  de anchoveta con 120 khz (TS=18.6649 Log (L) -72.4941;  $R^2=0.88$ ; n= 87); b20=

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de cuadrados	de los F	Valor crítico de F	
Regresión	1	334.385815	334.385815	623.479498	6.6746E-41	
Residuos	85	45.587376	0.53632207			
Total	86	379.973191				

	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepto	-72.494124	0.81692377	-88.740378	1.4128E-85	-74.118387	-70.869861
LOG(L)	18.6649396	0.74750741	24.9695714	6.6746E-41	17.1786946	20.1511846
R2	0.88002					
N	87					

### 5.2.5. Efecto de la profundidad en la fuerza de blanco (TS) de anchoveta

El efecto de la profundidad en la fuerza de blanco de la anchoveta se calculó siguiendo la metodología propuesta por Ona (2003), aplicada por Zhao (2008). Dichos autores consideran que la profundidad afecta al pez siguiendo la Ley General de los Gases (Boyle), por lo cual es necesario determinar el factor de compresión que proviene de una relación funcional de tipo potencial según:

$$\sigma_z = \sigma_0 \left(1 + \frac{z}{10}\right)^{-\gamma}$$

donde  $\sigma_z$  corresponde a la sección dispersante del pez ( $m^2$ ) que a su vez se deriva de la TS; z la profundidad (m);  $\sigma_0$  la sección dispersante del pez referida a la superficie y,  $\gamma$  representa el factor de compresión.

Los datos utilizados corresponden a un sub grupo de datos de cada frecuencia del ecosonda por Unidad Demográfica usados para determinar el TS in situ (Tabla 24), los que fueron corregidos por la profundidad del calado del buque y luego agrupados en estratos de 5 m.

En la Fig. 44 se presenta la relación funcional de las variables  $\sigma_z$  y  $(1+z/10)$  para 38 y 120 khz en las tres UD. No obstante que, en el caso de 38 khz, las pruebas de hipótesis de comparación de pendientes entre las UD rechazaron la hipótesis nula de igualdad de pendientes, de igual modo se ajustó una regresión común con todos los datos. En el caso de 120 khz, las hipótesis de igualdad de pendientes de las ecuaciones ajustadas para cada UD fueron aceptada, por lo cual la



evaluación global de las ecuaciones del factor de compresión se realizó para la unidad poblacional con sustento estadístico robusto.

En las Tabla 25 y 26 se entregan los análisis de varianza y los estadísticos de las regresiones ajustadas. Estos resultados demuestran que en el caso de 38 khz, la regresión ajustada para los datos globales es significativa al 95% de confianza, obteniendo un coeficiente de determinación de 83,38%, esto es el 83% de la variación del TS de anchoveta fue explicado por el efecto de la profundidad. El parámetro de contracción para esta frecuencia fue  $\gamma_{38} = -0,4199$ , su intervalo de confianza va entre -0,5727 y -0,2671, y un error estándar de 0,066 y su probabilidad significativa al 95%. De acuerdo a lo anterior la sección de retrodispersión en la superficie para anchoveta es  $\sigma_0 = 0,0974 \text{ cm}^2$ , ( $\sigma_z = 0,0974 (1 + z/10)^{-0,42}$ )

**Al incorporar la corrección por la profundidad en la relación del TS, para 38Khz se ajustó la siguiente ecuación:**

$$TS_{38Khz}(L, \gamma, z) = 20 \log_{10}(L) - 4,2 \log_{10}(1 + z/10) - 71,38$$

Para la frecuencia 120 Khz, la regresión entre el  $\sigma_z$  vs  $(1+z/10)$  es significativa al 95% ( $p = 0,0015$ ) de confianza, obteniendo un coeficiente de determinación de 78,17%, esto es el 78% de la variación del TS de anchoveta fue explicado por el efecto de la profundidad. El parámetro de contracción para esta frecuencia fue  $\gamma_{120} = -0,4274$ , su intervalo de confianza va entre -0,6292 y -0,2255, y un error estándar de 0,085 y su probabilidad significativa al 95% ( $p=0,0015$ ), así la sección de retrodispersión en la superficie para anchoveta es  $\sigma_0 = 0,0957 \text{ cm}^2$  ( $\sigma_z = 0,0957(1 + z/10)^{-0,427}$ )

La ecuación del TS considerando la profundidad para 120 khz quedaría de la siguiente manera:

$$TS_{120Khz}(L, \gamma, z) = 20 \log_{10}(L) - 4,3 \log_{10}(1 + z/10) - 71,67$$



Tabla 4. Resumen de los grupos de datos para calcular el factor de compresión de la anchoveta

ZONA	FRECUENCIA (Khz)	ESTRATO (m)	$\overline{\sigma_{bs}}$ (m <sup>2</sup> )	z (+3, m)	$\overline{\sigma_{bs}}$ (cm <sup>2</sup> )	$\overline{TS}$ (dB)
RECLAN152	38	20-25	0,005814	21,975	0,05814	-52,356
RECLAN152	38	25-30	0,006265	27,848	0,06265	-52,031
RECLAN152	38	30-35	0,005076	32,288	0,05076	-52,945
RECLAN152	38	35-40	0,005524	37,346	0,05524	-52,577
RECLAN152	38	40-45	0,004595	41,798	0,04595	-53,378
RECLAN152	38	45-50	0,004525	47,438	0,04525	-53,444
RECLAN34	38	15-20	0,005829	16,989	0,05829	-52,344
RECLAS	38	5-10	0,007342	9,124	0,07342	-51,342
RECLAS	38	10-15	0,006949	12,949	0,06949	-51,581
RECLAS	38	15-20	0,006803	17,371	0,06803	-51,673
RECLAN34	120	5-10	0,00755	8,479	0,0755	-51,221
RECLAN34	120	15-20	0,005647	17,281	0,05647	-52,482
RECLAN34	120	30-35	0,005171	32,467	0,05171	-52,864
RECLAS	120	10-15	0,00629	12,765	0,0629	-52,013
RECLAS	120	15-20	0,006681	17,462	0,06681	-51,752
RECLAS	120	20-25	0,00605	22,462	0,0605	-52,183
RECLAS	120	25-30	0,005985	27,554	0,05985	-52,229
RECLAS	120	30-35	0,005304	31,886	0,05304	-52,754
RECLAS	120	35-40	0,004484	37,37	0,04484	-53,483



Tabla 25. Análisis de varianza de la relación lineal  $\log_{10}(\sigma_z) = -0,4199 \log_{10}(1 + z/10) - 1,0112$  para frecuencia 38 Khz.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,0402	0,0402	40,1568	0,0002
Residuos	8	0,0080	0,0010		
Total	9	0,0482			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
$\log_{10}(\sigma_{z,38})$	-1,0112	0,0370	-27,3631	0,0000	-1,0965	-0,9260
$\gamma_{38}$	-0,4199	0,0663	-6,3369	0,0002	-0,5727	-0,2671
R <sup>2</sup>	0,8131					
N	10					

Tabla 26. Análisis de varianza de la relación lineal  $\log_{10}(\sigma_z) = -0,4274 \log_{10}(1 + z/10) - 1,0189$  para frecuencia 120 Khz.

	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F
Regresión	1	0,0275	0,0275	25,0772	0,0016
Residuos	7	0,0077	0,0011		
Total	8	0,0352			

	Coefficientes	Error típico	Estadístico t	Probabilidad	Inferior 95%	Superior 95%
Intercepción	-1,0189	0,0442	-23,0674	0,0000	-1,1234	-0,9145
Log (1+z/10)	-0,4274	0,0853	-5,0077	0,0016	-0,6292	-0,2256
R <sup>2</sup>	0,7506					
N	9					

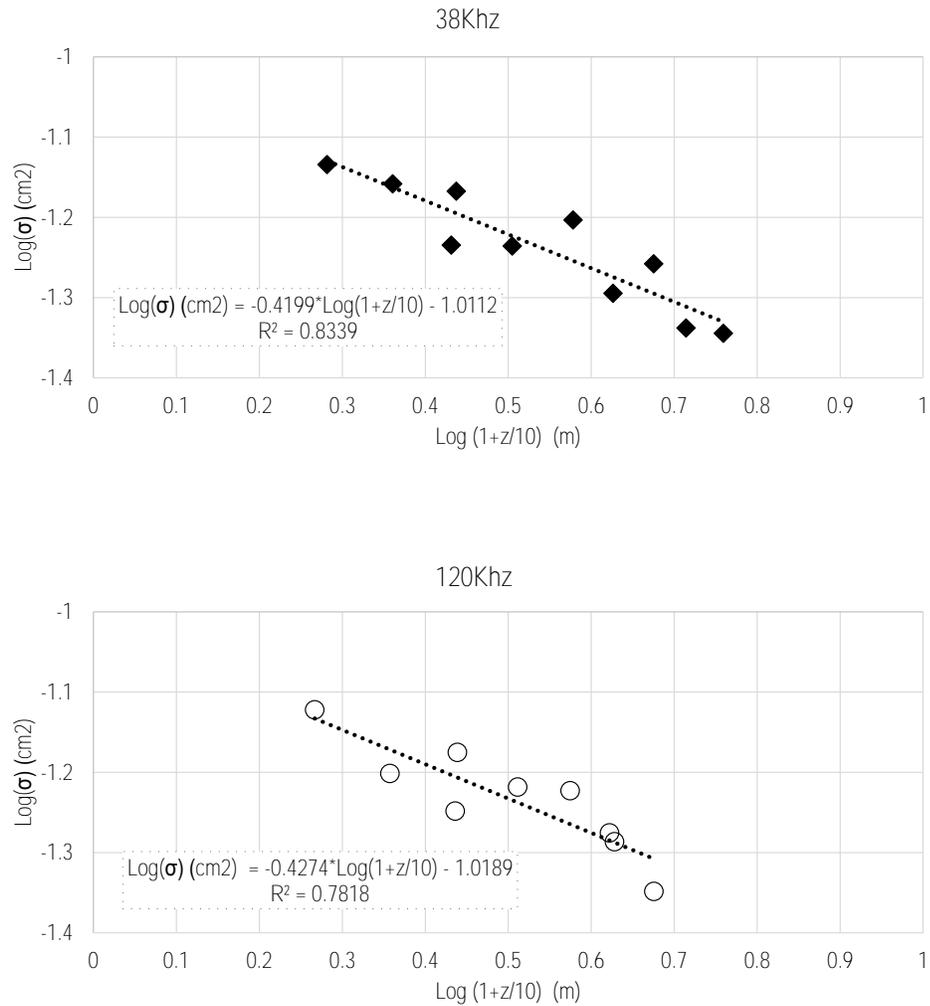


Figura 44 Relaci3n funcional entre el 1rea dispersante ( $\sigma_z$ ) y la profundidad ( $z$ ) para las frecuencias de 38 y 120 khz.



### 5.3. Objetivo 3. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones

#### 5.3.1 Resultados agregaciones anchoveta

Dada la condición dispersa que se necesita del recurso para poder efectuar experimentos de TS, requisito que se cumple en ambiente nocturno, la totalidad de las 35 agregaciones detectadas de anchoveta fueron en condición nocturna.

La georeferenciación y posterior separación en zonas dio cuenta de 20 detecciones en zona norte (proyectos Reclan12), 8 agregaciones en centro-norte (proyectos Reclan34) y 7 detecciones en zona centro-sur (proyectos Reclas).

Las Tablas 27, 28 y 29 entregan los valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $s_A$ ) de las agregaciones de anchoveta en que se realizaron los experimentos de TS, en las zonas norte, centro-norte y centro-sur, respectivamente.

Tabla 27. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $s_A$ ) de las agregaciones de anchoveta de Proyectos RECLAN12.

Variable	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
Largo (m)	2.519,0	6.461,2	106,2	1.693,2	0,67	20
Alto (m)	4,8	8,8	2,2	1,8	0,38	20
Elongación	546,5	1.798,1	19,2	387,4	0,71	20
Perímetro (m)	12.302,5	33.199,8	266,2	9.019,3	0,73	20
Area (m <sup>2</sup> )	12.388,1	32.752,1	524,8	10.183,3	0,82	20
Dim. Fractal	1,70	1,83	1,34	0,12	0,07	20
Prof. Card (m)	9,5	13,9	4,9	2,4	0,25	20
Prof. Fondo (m)	247,2	1.800,0	57,7	406,9	1,65	20
Indice altura (%)	90,9	99,5	81,2	5,5	0,06	20
Dist. Costa (mn)	4,4	13,9	0,9	4,0	0,92	20
$s_A$ (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	7.464,5	47.508,5	372,4	11.034,5	1,48	20
Densidad <sub>A</sub> ( $s_A$ /m <sup>2</sup> )	0,7	2,2	0,0	0,6	0,85	20



Tabla 28. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $s_A$ ) de las agregaciones de anchoveta de Proyectos RECLAN34.

Variable	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
Largo (m)	2.604,4	6.445,9	247,6	2.059,8	0,79	8
Alto (m)	6,3	12,5	1,6	3,2	0,51	8
Elongación	465,3	872,9	43,2	320,6	0,69	8
Perímetro (m)	14.301,0	38.979,8	1.408,3	12.769,5	0,89	8
Area (m <sup>2</sup> )	17.333,4	45.425,0	1.220,5	16.370,0	0,94	8
Dim. Fractal	1,70	1,86	1,53	0,10	0,06	8
Prof. Card (m)	11,0	18,8	5,0	4,3	0,39	8
Prof. Fondo (m)	121,9	210,8	66,0	51,2	0,42	8
Índice altura (%)	89,7	97,3	81,5	5,2	0,06	8
Dist. Costa (mn)	3,3	7,2	1,4	1,9	0,57	8
$s_A$ (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	14.731,1	76.120,2	958,7	25.529,5	1,73	8
Densidad <sub>A</sub> ( $s_A$ /m <sup>2</sup> )	1,0	2,7	0,0	0,9	0,93	8

Tabla 29. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores morfológicos, batimétricos y de energía retrodispersada ( $s_A$ ) de las agregaciones de anchoveta de Proyectos RECLAS.

Variable	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
Largo (m)	2.633,4	4.756,2	867,3	1.446,7	0,55	7
Alto (m)	6,9	16,6	2,6	4,7	0,68	7
Elongación	446,7	756,8	109,6	220,6	0,49	7
Perímetro (m)	16.787,7	44.088,4	3.556,3	14.608,0	0,87	7
Area (m <sup>2</sup> )	18.139,6	33.345,3	2.014,2	12.118,7	0,67	7
Dim. Fractal	1,70	1,84	1,33	0,17	0,10	7
Prof. Card (m)	13,9	23,3	5,8	6,2	0,44	7
Prof. Fondo (m)	67,3	123,2	26,2	35,5	0,53	7
Índice altura (%)	75,1	91,4	47,7	14,7	0,20	7
Dist. Costa (mn)	4,1	9,1	1,8	2,3	0,57	7
$s_A$ (m <sup>2</sup> /mn <sup>2</sup> )	2.766,2	6.353,5	1.148,3	1.900,8	0,69	7
Densidad <sub>A</sub> ( $s_A$ /m <sup>2</sup> )	0,3	0,8	0,0	0,3	1,03	7

### Descriptores morfológicos

Los valores promedio de todos los descriptores morfológicos de las agregaciones, no presentaron diferencias significativas entre las zonas o proyectos en que fueron registrados (Tabla 30), revelando estructuras similares en ambiente nocturno para esta especie, independiente de la unidad de stock analizada.



Tabla 30. Valores sigma y F, calculados para Andeva de un factor para comparaci3n de valores medios de los descriptores por proyectos (Reclan12, Reclan34 y Reclas).

Variable	Suma cuadrática		G.L.	Media	F	Sigma
Largo	Inter-grupos	86966,5	2	43483,2	0,014	0,986
	Intra-grupos	96727972,0	32	3022749,1		
	Total	96814938,4	34			
Alto	Inter-grupos	27,7	2	13,8	1,646	0,209
	Intra-grupos	269,3	32	8,4		
	Total	297,0	34			
Elonga	Inter-grupos	70515,2	2	35257,6	0,292	0,749
	Intra-grupos	3862529,3	32	120704,0		
	Total	3933044,4	34			
Perime	Inter-grupos	108623589,2	2	54311794,6	0,438	0,649
	Intra-grupos	3967404556,6	32	123981392,4		
	Total	4076028145,8	34			
Area	Inter-grupos	245152193,2	2	122576096,6	0,83	0,445
	Intra-grupos	4727306457,7	32	147728326,8		
	Total	4972458650,9	34			
Dim_Frac	Inter-grupos	0,0	2	0,0	0,009	0,991
	Intra-grupos	0,5	32	0,0		
	Total	0,5	34			
Prof_Car	Inter-grupos	98,8	2	49,4	3,408	0,046
	Intra-grupos	463,9	32	14,5		
	Total	562,7	34			
Fondo	Inter-grupos	206007,1	2	103003,5	1,039	0,365
	Intra-grupos	3172062,5	32	99127,0		
	Total	3378069,6	34			
Ind_Alt	Inter-grupos	1355,6	2	677,8	10,557	0,000
	Intra-grupos	2054,6	32	64,2		
	Total	3410,2	34			
DistCosta	Inter-grupos	6,0	2	3,0	0,263	0,770
	Intra-grupos	366,2	32	11,4		
	Total	372,2	34			
sA	Inter-grupos	558737355,3	2	279368677,7	1,296	0,288
	Intra-grupos	6897390832,4	32	215543463,5		
	Total	7456128187,7	34			
Densidad	Inter-grupos	1,6	2	0,8	1,875	0,170
	Intra-grupos	13,3	32	0,4		
	Total	14,9	34			

Los valores promedio del largo de agregaciones fluctuaron entre 2.519 y 2.633 m en las diferentes zonas, mientras que los valores promedio del alto oscilaron entre 4,8 y 6,9 m, lo anterior gener3 valores promedio de la elongaci3n (largo/alto) entre 446 y 546, reflejando la tendencia nocturna de generar agregaciones alargadas con valores altos en su relaci3n de aspecto (Fig. 45).

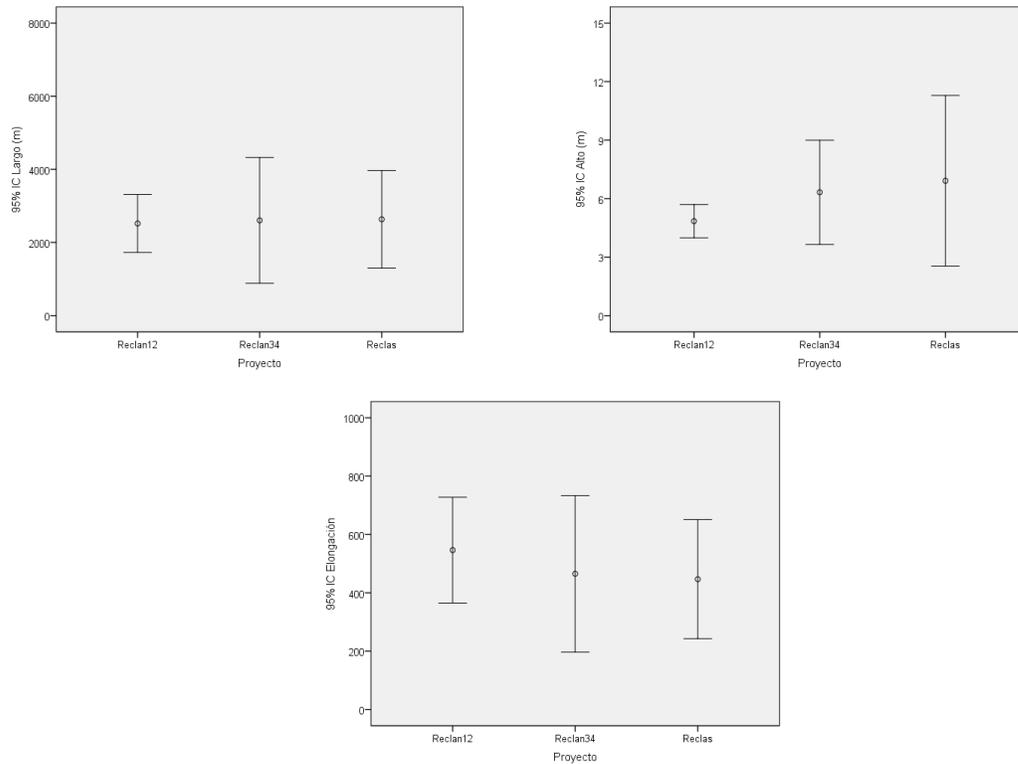


Figura 45. Valores promedio e Intervalo de confianza del largo, área y elongación de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

Los valores promedio del área de agregaciones oscilaron entre 12.388 y 18.140 m<sup>2</sup>, mientras que los registros del perímetro promedio variaron entre 12.302 y 16.788 m en las tres diferentes zonas (Fig. 46). El descriptor dimensión fractal, descriptor adimensional empleado para caracterizar la irregularidad del contorno de la agregación, donde el valor 1 representa agregaciones muy compactas y el valor 2 más dispersas, alcanzó un similar valor promedio de 1,70 en las tres zonas (Fig. 46).

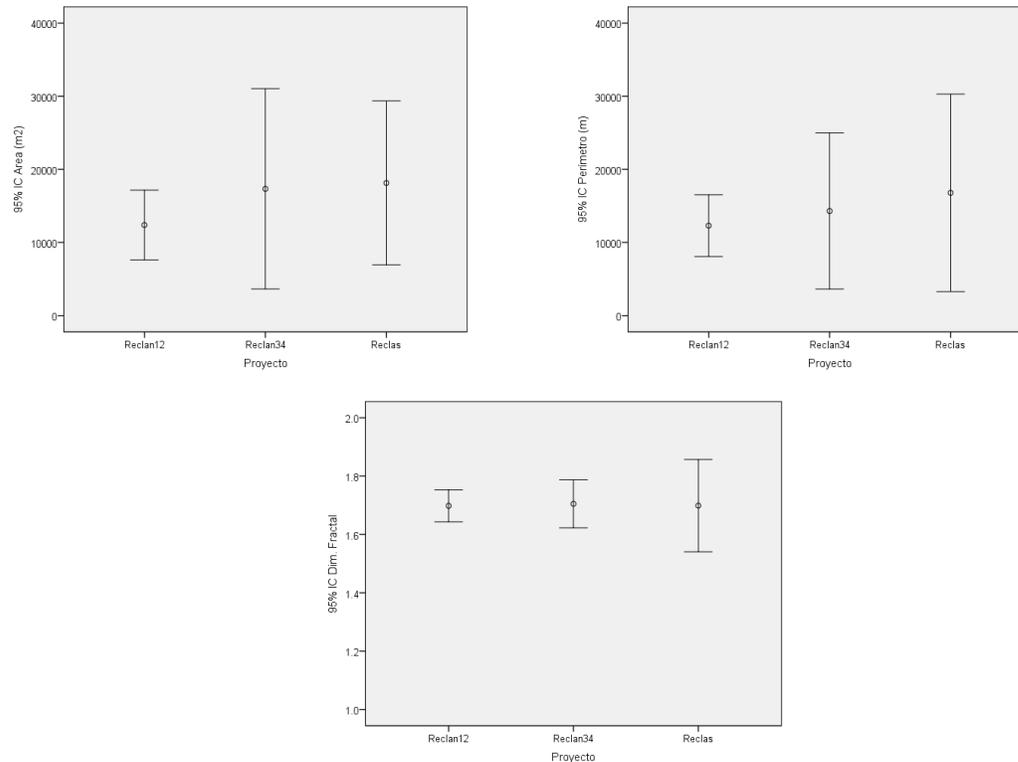


Figura 46 Valores promedio e Intervalo de confianza del perímetro, área y dimensión fractal de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

### Descriptores batimétricos

Las profundidades promedio de las agregaciones de anchoveta no presentaron diferencias significativas entre zonas (Tabla 30), aun cuando se observó una tendencia a presentar valores más profundos hacia la zona sur, registrando 9,5 m ( $\pm 2,4$ ) de profundidad en zona norte, 11 m ( $\pm 4,3$ ) en zona centro norte y 14 m ( $\pm 6,2$ ) de profundidad en la zona centro-sur, mientras que la profundidad del fondo promedio, si bien no presenta diferencias significativas (dado el alto intervalo de confianza observado en la zona norte), presenta una tendencia clara a presentar mayores profundidades en la zona norte con 247 m para disminuir su valor hacia la zona centro sur, con 67 m valor promedio (Fig. 47), generado lo anterior por la extensión de la plataforma continental hacia el sur del país, provocando que el descriptor índice de altura que refleja la posición relativa



de las agregaciones con respecto al fondo, presente diferencias significativas entre zonas con los valores más bajos en los registros de la zona centro-sur (Reclas).

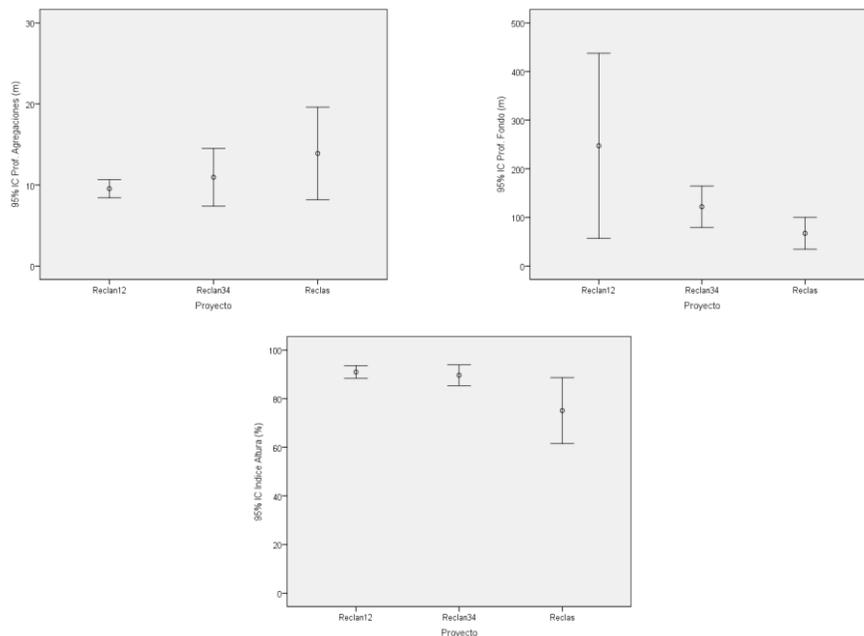


Figura 47. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de agregaciones, profundidad de fondo e índice de altura de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

#### Distancia a la costa.

La distancia a la costa promedio donde se detectaron las agregaciones en que se realizaron los experimentos no presentó diferencias significativas entre zonas, resultando en promedio a 4,4 mn ( $\pm 4,0$ ) en la zona norte, 3,3 mn ( $\pm 1,9$ ) en la zona centro norte y 4,1 mn ( $\pm 2,3$ ) en la zona centro sur (Fig. 48). Los rangos fluctuaron entre 1 y 14 mn de costa, con el rango más amplio en la zona norte.

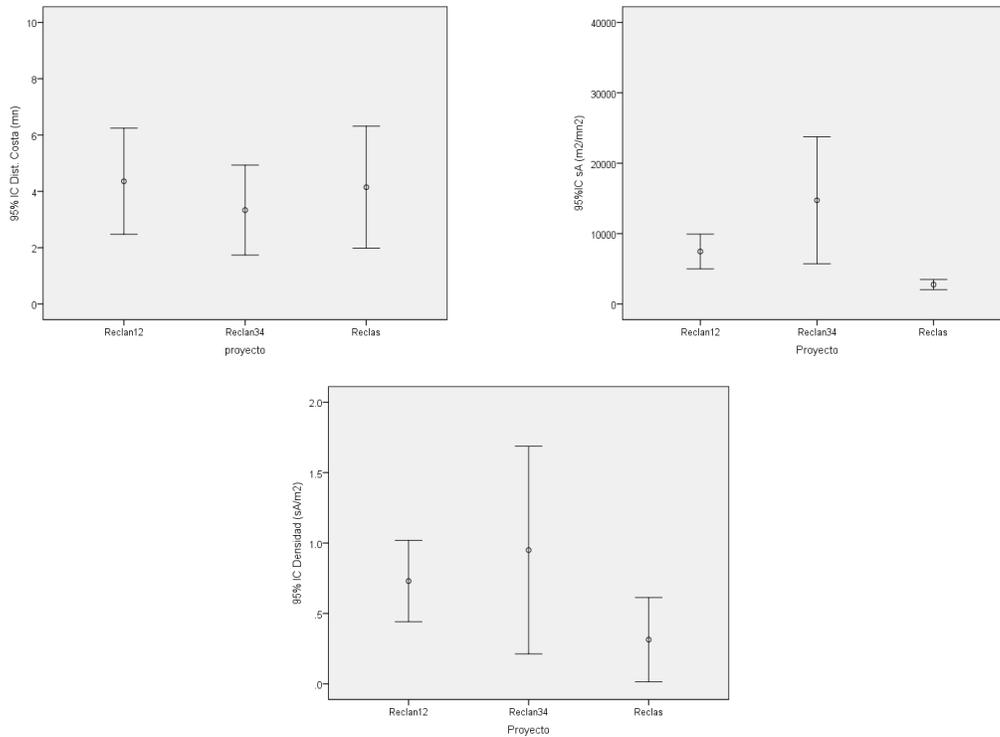


Figura 48. Valores promedio e Intervalo de confianza de la distancia a la costa, energía retrodispersada ( $s_A$ ) y densidad acústica de agregaciones de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

### Descriptores de energía y densidad

Si bien los valores promedio de la energía retrodispersada y densidad acústica estandarizada ( $Densidad_A$ ) no presentaron diferencias significativas entre las zonas, el mayor valor de energía y  $Densidad_A$  se registró en la zona centro norte con 14.731  $s_A$  ( $\pm 25.529$ ) y 1,0  $s_A/m^2$  ( $\pm 0,9$ ) seguido de la zona norte con 7.464  $s_A$  ( $\pm 11.034$ ) y 0,7  $s_A/m^2$  ( $\pm 0,6$ ) y la zona centro sur con 2.766  $s_A$  ( $\pm 1.901$ ) y 0,3  $s_A/m^2$  ( $\pm 0,3$ ), respectivamente (Fig 48).



### 5.3.3 Caracterización de ecotrazos de anchoveta

La georeferenciación y posterior separación en zonas dio cuenta de 97 detecciones individuales en zona norte (proyectos Reclan12), 75 registros en zona centro-norte (proyectos Reclan34) y 217 detecciones en zona centro-sur (proyectos Reclas).

Los valores promedio, máximos, mínimos y desviación estándar de los descriptores de los ecotrazos de anchoveta se presentan en las Tablas 31, 32 y 33 para las zonas norte (Reclan12), centro-norte (Reclan34) y centro-sur (Reclas).

Tabla 31. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores para las marcas individuales de anchoveta de Proyectos RECLAN12.

Variable	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
TS (dB)	-55,2	-49,5	-60,0	-	0,71	97
Profundidad Pez (m)	23,7	38,8	3,9	8,1	0,34	97
Velocidad (m/s)	1,4	4,3	0,2	0,7	0,52	97
Dirección Vertical (°)	-1,3	29,4	-88,9	18,3	-13,89	97
Talla media (cm)	10,5	15,4	7,0	2,0	0,19	97

Tabla 32. Valores promedio, máximos y mínimos de los descriptores para las marcas individuales de anchoveta de Proyectos RECLAN34.

Variable	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
TS (dB)	-53,8	-48,1	-59,4	-	0,73	75
Profundidad Pez (m)	21,7	39,0	5,1	9,5	0,44	75
Velocidad (m/s)	1,3	2,5	0,3	0,6	0,46	75
Dirección Vertical (°)	4,9	74,6	-80,5	20,6	4,24	75
Talla media (cm)	12,4	16,5	9,5	1,5	0,12	75



Tabla 33. Valores promedio, m3ximos y m3nimos de los descriptores para las marcas individuales de anchoveta de Proyectos RECLAS.

Variable	Promedio	Max	Min	Desvest	CV	Nº obs
TS (dB)	-53,3	-48,1	-59,9	-	0,72	217
Profundidad Pez (m)	18,4	39,8	3,3	7,8	0,42	217
Velocidad (m/s)	1,7	4,9	0,2	1,1	0,67	217
Direcci3n Vertical (°)	1,7	83,9	-79,3	20,6	12,46	217
Talla media (cm)	12,6	16,9	7,8	2,5	0,20	217

## TS promedio de ecotrazos anchoveta

Anchoveta present3 valores promedio de TS que reflejaron un aumento de norte a sur, con -55,2 dB, -53,8 dB y -53,3 dB para la zona norte, centro-norte y centro-sur, respectivamente. Aumento asociado seguramente a los valores promedio de las longitudes de los ejemplares insonificados en cada zona, los que presentan la misma tendencia de aumento norte-sur (10,5 cm, 12,4 cm y 12,6 cm, respectivamente). Se debe considerar que estos valores (TS) no reflejan la moda de la distribuci3n de frecuencia de este descriptor, s3lo una media aritm3tica.

## Velocidad media anchoveta.

Los valores de la velocidad de anchoveta considerando toda la base de datos variaron, entre 0,2 y 4,9 m/s, al considerar los rangos por zona se observa que el rango m3s estrecho de velocidad fue en la zona centro-norte con valores entre 0,3 y 2,5 m/s, mientras que en el resto de las zonas el rango fue m3s amplio. El mayor valor promedio de velocidad por zona se obtuvo en la zona centro-sur con 1,7 m/s ( $\pm 1,3$ ) seguido de la zona norte con 1,4 m/s ( $\pm 0,7$ ) y la zona centro-norte con 1,3 m/s ( $\pm 0,6$ ) (Fig. 49).

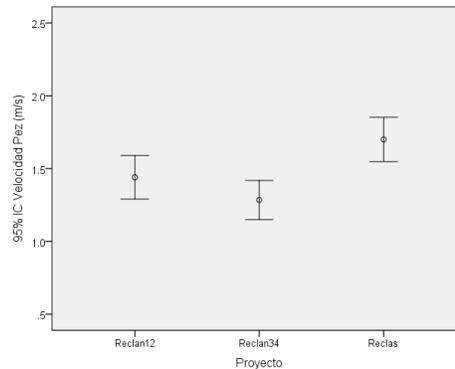


Figura 49. Valores promedio e Intervalo de confianza de la velocidad de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

### Dirección Vertical

La dirección vertical, considerando toda la base de datos, fluctuó entre  $83,9^\circ$  y  $-88,9^\circ$ , reflejando que anchoveta presenta un amplio rango de movilidad en la verticalidad de nado, los rangos difieren al separar por zonas, siendo en la zona norte el rango más limitado en los valores positivos (desplazamiento hacia arriba), con valores entre  $29,4^\circ$  y  $-88,9^\circ$ , mientras que en la zona centro-norte se obtuvo un rango intermedio entre  $74,6^\circ$  y  $-80,5^\circ$  al igual que la zona centro-sur, con rango entre  $83,9^\circ$  y  $-79,3^\circ$ . Producto de lo anterior, el cálculo de la dirección vertical promedio de los ecotrazos de anchoveta, registró valores de  $-1,3^\circ (\pm 18,3)$  para la zona norte,  $4,9^\circ (\pm 20,6)$  para la zona centro-norte y de  $1,7^\circ (\pm 20,6)$  para la zona centro-sur (Fig. 50), reflejando la leve tendencia de la menor verticalidad en el nado hacia arriba en la zona norte respecto a las otras zonas.

Al considerar toda la base de datos y contrastar la dirección vertical con la velocidad del pez, se observa que las mayores velocidades son obtenidas cuando anchoveta nada en sentido horizontal y las menores en sentido vertical, ya sea cuando se sumerge o nada hacia arriba (Fig. 51). Al separar por zonas se observa y confirma que en la zona norte los ecotrazos observados no presentan inclinaciones muy elevadas en dirección hacia arriba, mientras que en las otras dos zonas el rango de verticalidad es más amplio. También se observa el menor rango de velocidad detectada en los ecotrazos de anchoveta de la zona centro norte respecto al resto (Fig. 52)

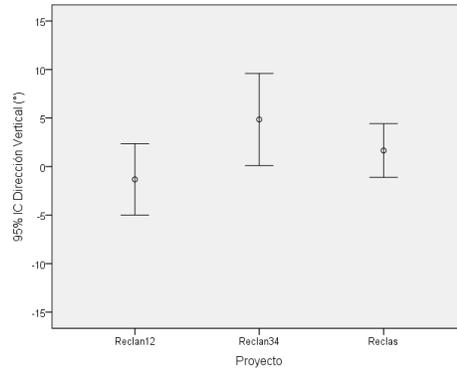


Figura 50. Valores promedio e Intervalo de confianza de Dirección Vertical de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

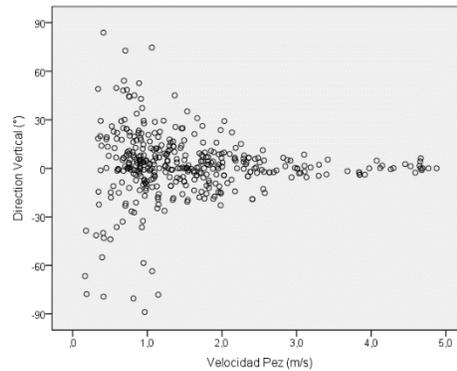


Figura 51. Valores de la dirección vertical de natación v/s velocidad del pez, se considera toda la base de datos

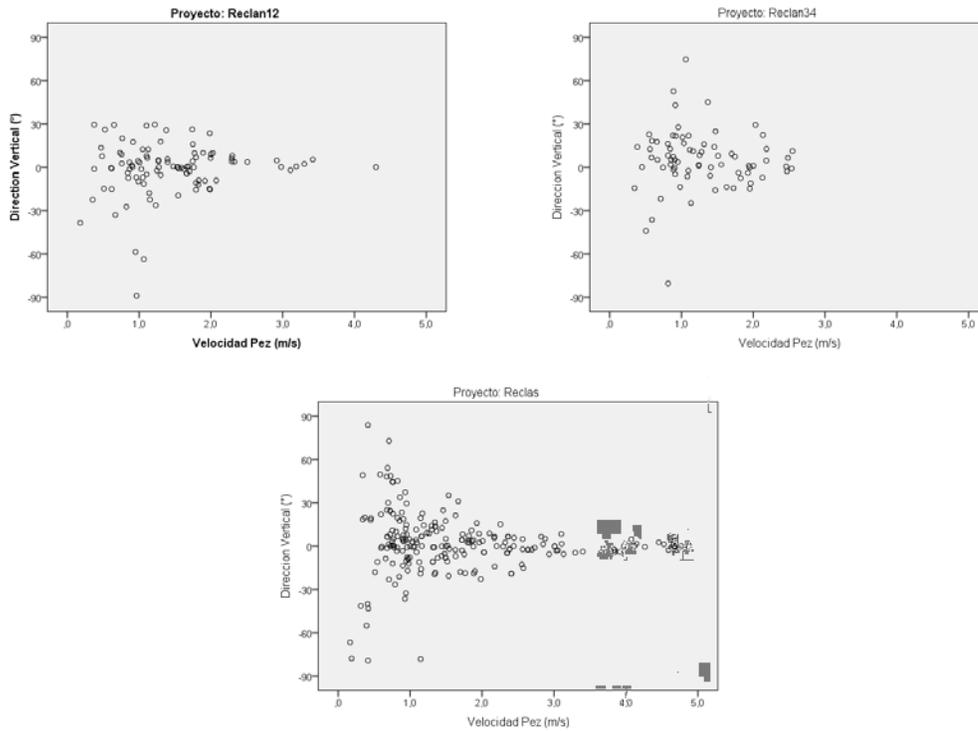


Figura 52. Valores de la dirección vertical de natación v/s velocidad del pez, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas.

### Profundidad ecotrazos de anchoveta

La profundidad de los registros de anchoveta considerando toda el área de estudio, fluctuaron entre 3,3 y 39,8 m. Los valores promedios registrados por zona, fueron de 23,7 m ( $\pm 8,1$ ) en la zona norte, 21,7 m ( $\pm 9,5$ ) en la zona centro-norte y de 18,4 m ( $\pm 7,8$ ) en la zona centro sur, observándose una tendencia de una mayor profundización hacia el norte del área (Fig. 53). Se debe considerar que todos los registros fueron en condición nocturna.

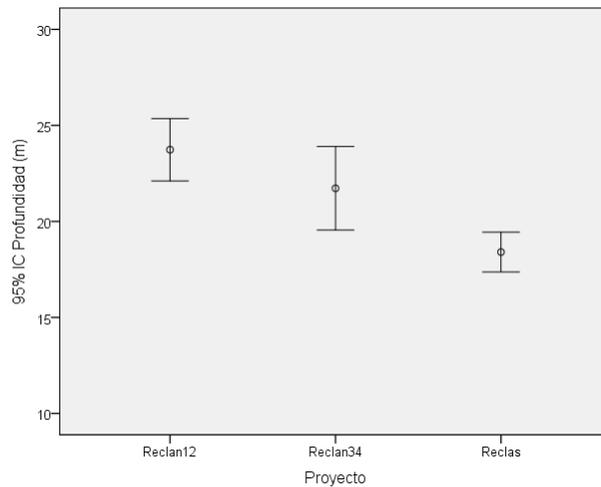


Figura 53. Valores promedio e Intervalo de confianza de la profundidad de anchoveta, proyectos Reclan12, Reclan34 y Reclas

#### 5.4. Objetivo 4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco

##### 5.4.1. Caracterización de la vejiga natatoria de anchoveta

###### 5.4.1.1.- Obtención y número de muestras

Se obtuvo un total de 773 anchovetas, provenientes de 7 fuentes de muestreo o estudio, a saber:

1. Crucero del estudio MPDH, realizado entre fines de septiembre y principios de octubre de 2020 en la zona centro sur de Chile (UD 3).
2. Crucero del estudio RECLAN, realizado entre el 20 de noviembre y el 23 de diciembre de 2020 en la zona norte del Chile (UD 1).
3. Crucero del estudio RECLAN 3-4 (sesgo de orilla), realizado entre el 24 de febrero y el 10 de marzo de 2021 en la zona centro norte (UD 2).
4. Crucero del estudio RECLAS, realizado entre el 4 de enero y el 4 de febrero de 2021 en la zona centro sur de Chile (UD 3).
5. Crucero del estudio RECLAS (sesgo de orilla), realizado entre el 4 de enero y el 4 de febrero de 2021 en la zona centro sur de Chile (UD 3).
6. Experimento de fuerza de blanco (TS) ex situ, realizado entre el 6 y 13 de julio de 2021 en la zona sur de Chile (UD 3).



7. Muestras flota pesquera norte (facilitadas por CIAM), colectadas el 22 de mayo de 2021 en la zona norte de Chile (UD 1).

El detalle del número de ejemplares colectados por estudio, además del estado ontogénico y tipo de análisis al que fueron destinados se presenta en la Tabla 34.

Tabla 34. Ejemplares de anchoveta colectados para el presente estudio.

ESTUDIO	Estado ontogénico	UD	Tipo de análisis	N°
MPDH 2020	Adulto (IGS>6)	3	imagenología	135
RECLAN 2021	Prereclutas, reclutas y adultos	1	morfométrico	210
RECLAN 3-4 Sesgo orilla 2021	Prereclutas, reclutas y adultos	2	Imagenología morfometría	y 40
RECLAS 2021	Prereclutas, reclutas y adultos	3	morfométrico	165
RECLAS Sesgo orilla 2021	Prereclutas, reclutas y adultos	3	imagenología	40
Muestras experimento TS	Reclutas y adultos	3	Imagenología morfometría	y 97
Muestras CIAM	Prereclutas, reclutas y adultos	1	Imagenología morfometría	y 86
TOTAL				773

Del total colectado se escogió una muestra de 200 ejemplares en cada unidad demográfica, excepto en la UD 2, donde complicaciones surgidas por el efecto covid19, solo permitieron un muestreo de 40 individuos, los cuales de igual manera fueron suficientes ya que inicialmente se proyectó un tamaño de muestra menor a 40 individuos en total para las actividades a realizar en el presente objetivo.

En el laboratorio, de los 200 especímenes escogidos inicialmente en cada UD, se seleccionó una submuestra de ejemplares en su mejor estado de conservación para cada UD, los cuales fueron agrupados según su talla y destinados a las diferentes actividades detalladas en la tabla 3. Para obtener los parámetros anatómicos de la vejiga natatoria, de la muestra congelada se realizaron exámenes de imagenología a 17 anchovetas, 4 de la UD XV-II, 3 de la UD III-IV y 10 de la UD V-X. Se tuvo especial consideración en escoger los especímenes que presentaran las mejores condiciones generales luego de ser capturados y seleccionados en el laboratorio (Tabla 35).



Para determinar el estado de repleción y digestión estomacal, el peso del contenido estomacal y su relación con el peso total del pez (índice de Contenido Estomacal), y el espectro trófico de anchoveta en las tres unidades poblacionales a lo largo de Chile, se consideró una sub-muestra de 36 ejemplares en cada UD (Tabla 3). Considerando la diferencia en el estado de desarrollo gonadal de machos y hembras de anchoveta, el muestreo de especímenes de la especie consideró separadamente tanto el sexo como la talla, resaltando en esta última la obtención de ejemplares pre-reclutas, reclutas, adultos.

Tabla 35. Tamaño de muestra utilizado para cada actividad por unidad demográfica.

Actividad		UD XV-II	UD III-IV	UD V-X
N seleccionado		200	200	200
Parámetros anatómicos mediante TAC	N1	4	3	10
Caracterización morfométrica de anchovetas en laboratorio	N2	38	33	43
Estado de repleción y digestión ICE	N3	36	36	36

#### 5.4.1.2.- Análisis en laboratorio de las características morfométricas internas y externas de las anchovetas

Se analizó un total de 114 ejemplares de anchoveta, incluidos 5 ejemplares colectados durante el experimento de TS ex situ. El rango de tallas de los peces analizados de la UD XV-II se encontró entre 6,8 y 13 cm, en la UD III-IV entre 8.4 y 11.4 cm y en la UD V-X entre 8.5 y 17.5 cm. Además, los peces colectados durante el experimento (EXP) de TS tuvieron un rango entre 11.4 y 17.3 cm (Figura 54).

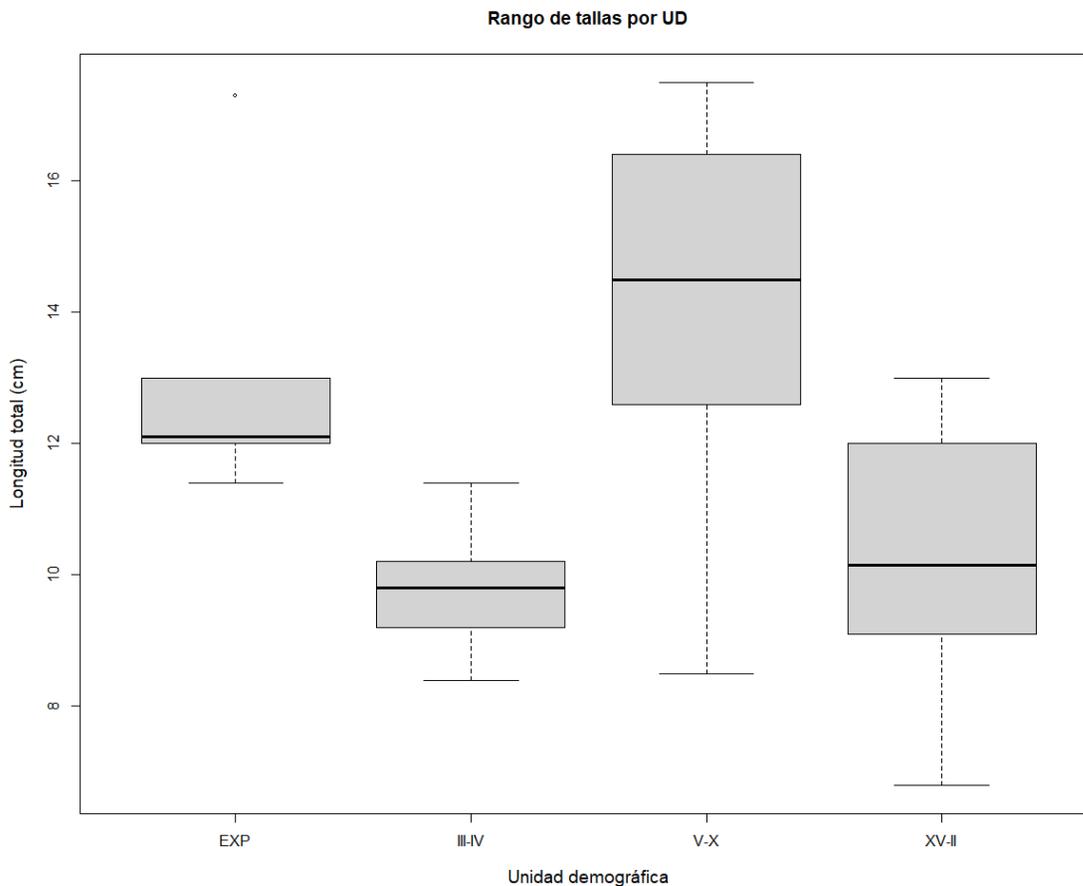


Figura 54.- Rango de talla de las anchovetas analizadas en laboratorio.

En la Figura 55 se presenta la imagen de una anchoveta disecada que muestra la posición que ocupa la vejiga natatoria respecto a los otros órganos interno. La vejiga se ubica en la porción superior de la cavidad abdominal, encontrándose pegada a la espina dorsal, extendiéndose desde la cabeza hasta la cloaca. Bajo la vejiga se observa la gónada, la cual ocupa aproximadamente 2/3 de la cavidad abdominal, partiendo desde la cloaca hacia la cabeza. Luego, en la zona ventral anterior se encuentra el hígado y los ciegos pilóricos, que rodean el estómago y los intestinos.

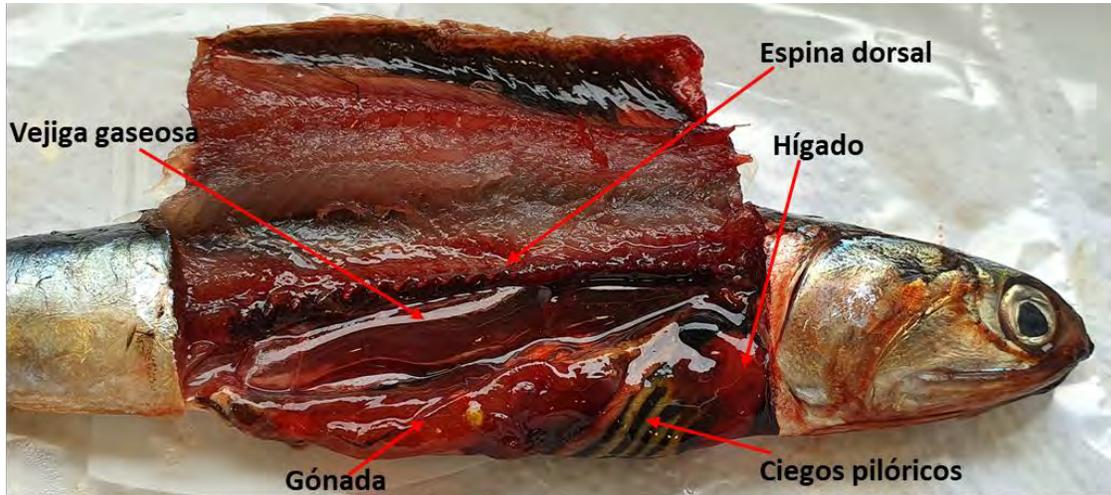


Figura 55.- Morfología interna de una anchoveta.

Al remover la vejiga natatoria con mucho cuidado, tratando de que pierda la menor cantidad de aire posible, se puede apreciar que esta presenta una especie de membrana (esfínter) que la divide en dos, lo que hace suponer una bicameralidad de la vejiga, sin embargo, al presionar una de las cámaras a la vez, el aire se traslada de un lado hacia el otro, lo que indica que existiría un intercambio gaseoso entre ambas cámaras (Figura 56).



Figura 56.- Vejiga natatoria de anchoveta.

En la Figura 57 se muestra la relación entre la longitud de la vejiga natatoria respecto a la longitud total de las anchovetas analizadas, provenientes de cada unidad demográfica, más algunas anchovetas colectadas durante el experimento de TS realizado en la Región de Los Lagos, en ella se puede apreciar que existe una relación lineal en las cuatro zonas evaluadas, con coeficientes de determinación altos y significativos (XV-II  $R^2= 0,94$ ; III-IV  $R^2= 0,83$ ; V-X  $R^2=0,94$  y experimento



$R^2= 0,99$ ). Se estimó que la longitud de la vejiga natatoria representa un 34,17 % ( $\pm 2,05$ ) respecto al largo total de la anchoveta, lo que significa que el largo de la vejiga natatoria de la anchoveta es de aproximadamente 1/3 del largo total.

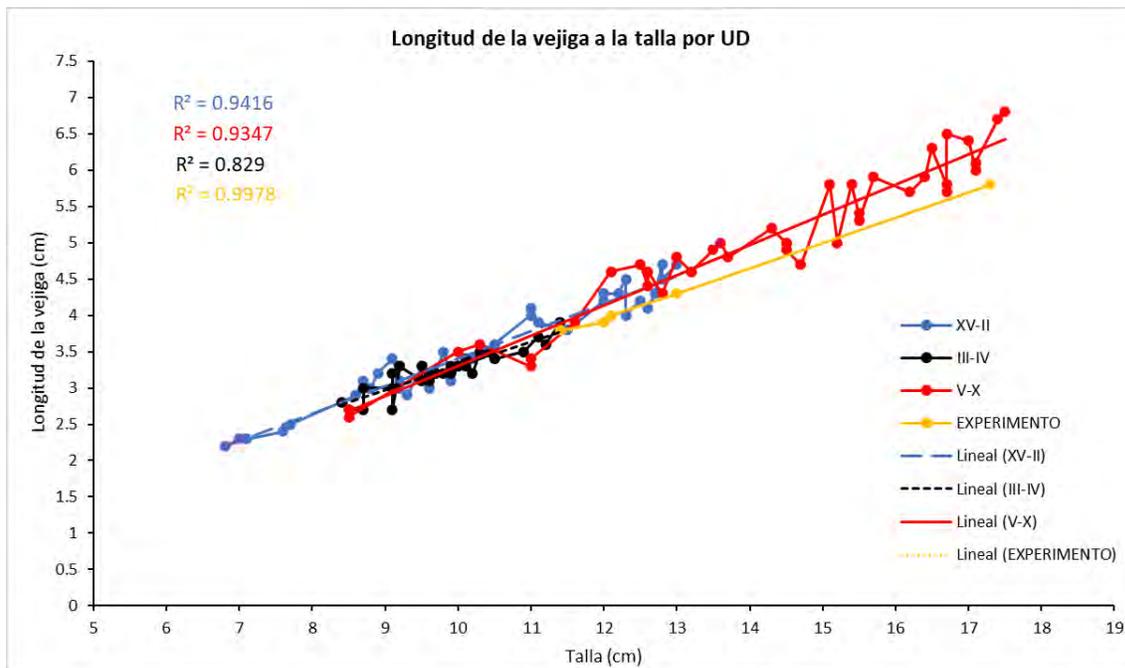


Figura 57. Longitud de la vejiga natatoria de anchoveta respecto a la longitud total (talla) para cada UD.

El volumen corporal (ml) de las anchovetas analizadas en laboratorio se relacionó positivamente con la longitud total de las mismas (Figura 58), entregando un valor de  $R^2= 0,98$ . Además, al analizar por separado cada UD (Figura 59) se aprecia una relación potencial con coeficientes de determinación altos (XV-II  $R^2= 0,96$ ; III-IV  $R^2= 0,85$ ; V-X  $R^2=0,98$  y experimento  $R^2= 0,99$ ), sin encontrar diferencias significativas entre UD en la relación volumen corporal versus longitud total de anchoveta.

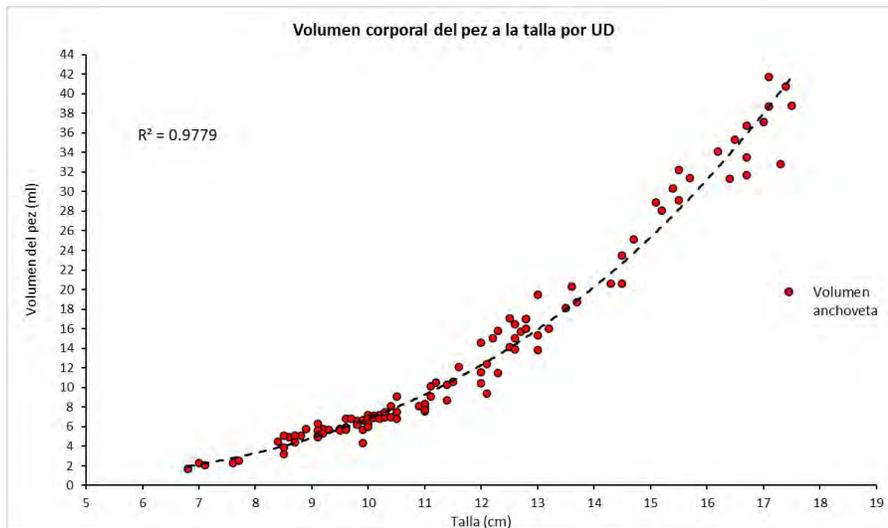


Figura 58- Relación entre el volumen corporal de anchoveta y su longitud total.

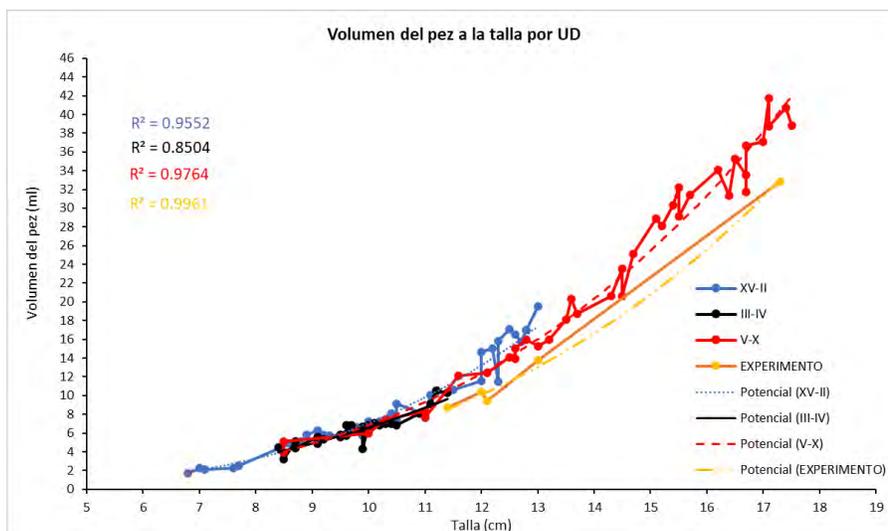


Figura 59.- Relación entre el volumen corporal de anchoveta y su longitud total por unidad demográfica.

En la Figura 60 se presenta la relación entre el volumen corporal y volumen de la gónada de anchoveta, respecto a la longitud total. Se observa una relación lineal positiva entre el volumen de la gónada respecto a la talla en las unidades demográficas XV-II y V-X, con coeficientes de determinación de 0,681 y 0,436 respectivamente, lo que indica una dependencia de la gónada en relación a la talla, mientras más grandes los peces, mayor será el tamaño de la gónada. Por otro lado, no se observó lo mismo en la UD III-IV ya que el coeficiente de determinación ( $R^2=0,005$ ) fue



mucho más bajo en comparación a las otras UD. Esto último se puede deber a que las anchovetas analizadas provenientes de esa UD demográfica estaban en su mayoría en una condición reproductiva H2, mientras que en las otras dos UD la condición más observada fueron H3 y H4.

#### 5.4.1.3.- Obtención y procesamiento de exámenes de imagenología

De los 17 ejemplares analizados, a 16 de ellos se les realizó Tomografía axial computarizada (TAC) y a uno resonancia magnética, esta diferencia se debe a que primero se hizo resonancia a un ejemplar a modo de prueba, obteniendo una baja resolución sobre todo en el eje transversal (vista axial) y en la vista coronal (mirado desde arriba) (Figura 61a), comparado con un ejemplar examinado con una TAC (Figura 61.b), que claramente muestra una mayor resolución en todas las vistas analizadas (axial, coronal y sagital) lo que permitió realizar reconstrucciones en 3D más precisas y por consiguiente una mayor precisión al estimar el volumen de la vejiga natatoria.

La técnica utilizada para escanear los peces por TAC fue de 120 kv con 100 mA, con un espesor de cortes de 0,5 mm y un overlap de 0,4.

La Figura 62 muestra la correspondencia entre los resultados obtenidos a partir de los exámenes de imagenología y lo obtenido en los análisis realizados en laboratorio para la misma anchoveta. A partir de las imágenes obtenidas por scanner se logra identificar claramente la vejiga natatoria, lo que permitió modelar en 3D su forma y obtener su volumen a través del programa 3D slicer.

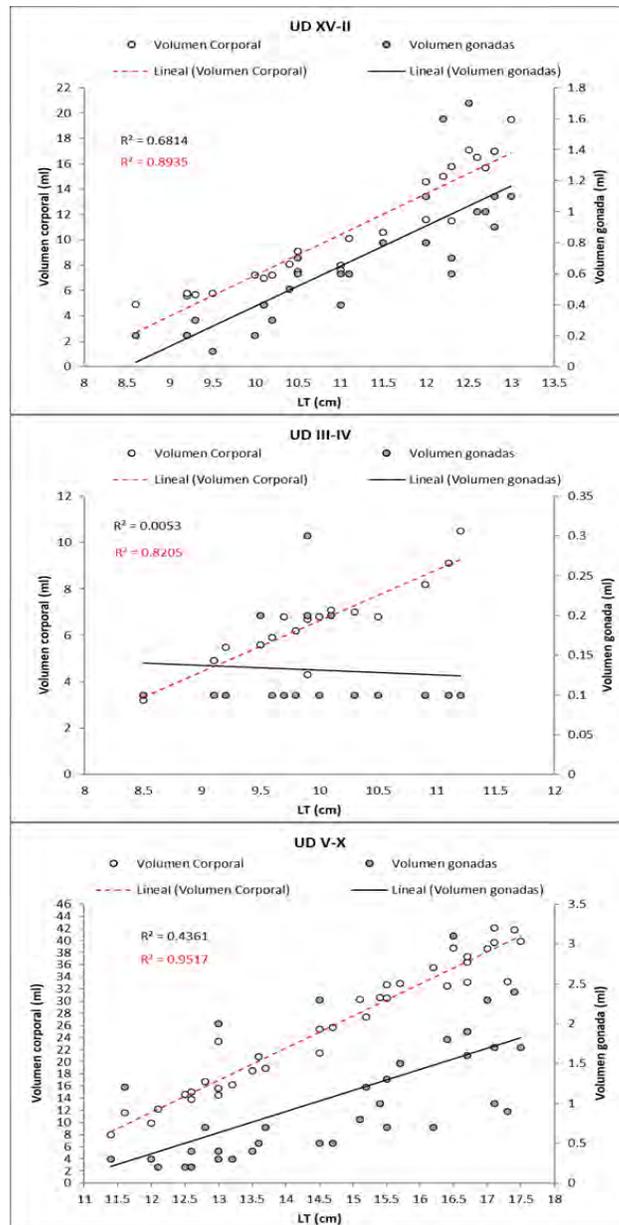


Figura 60.- Relación entre el volumen corporal y el volumen de la gónada respecto a la longitud total por UD.

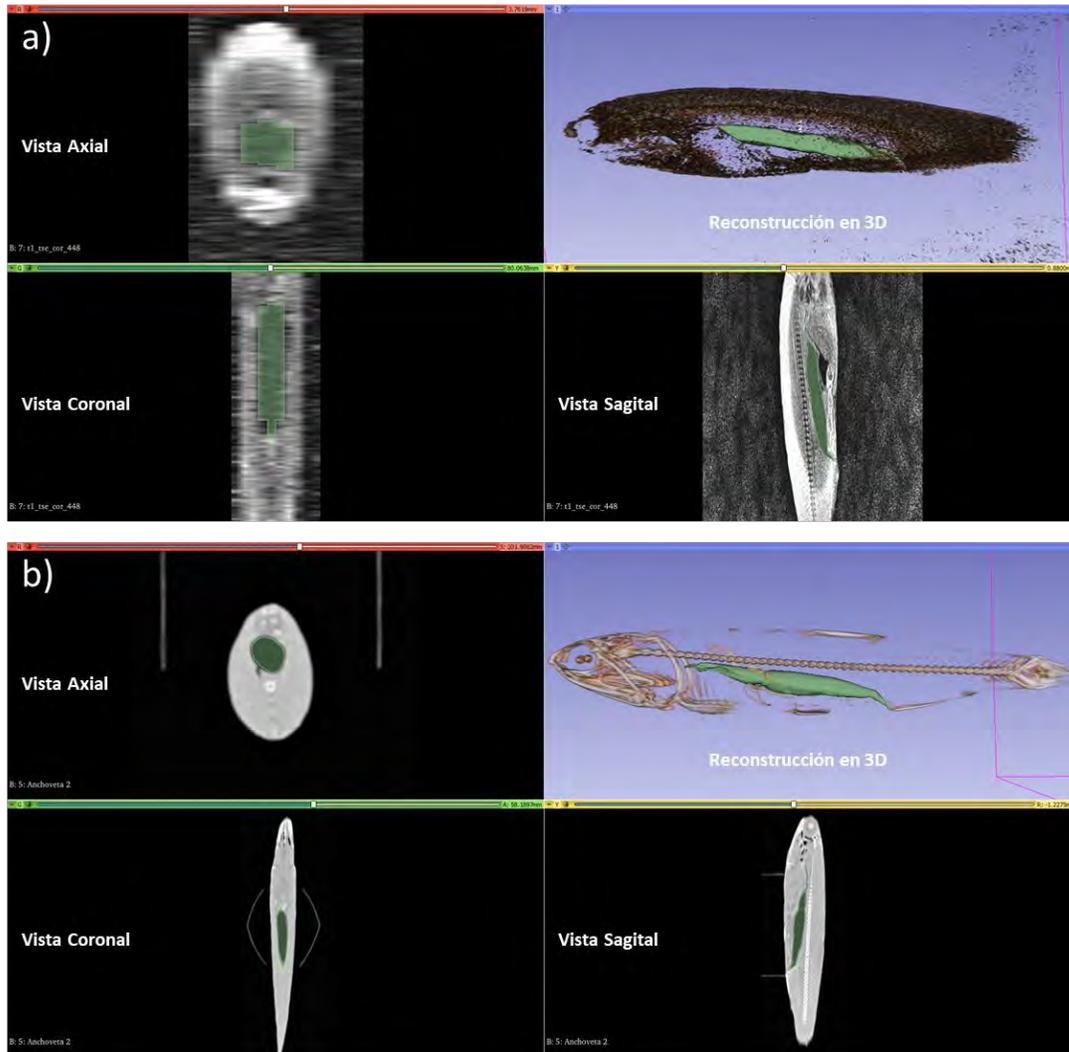


Figura 61.- Comparación entre imágenes obtenidas por: a) Resonancia Magnética; b) Tomografía Axial Computarizada. Se especifica cada una de las vistas analizadas (Axial, Coronal y Sagital).

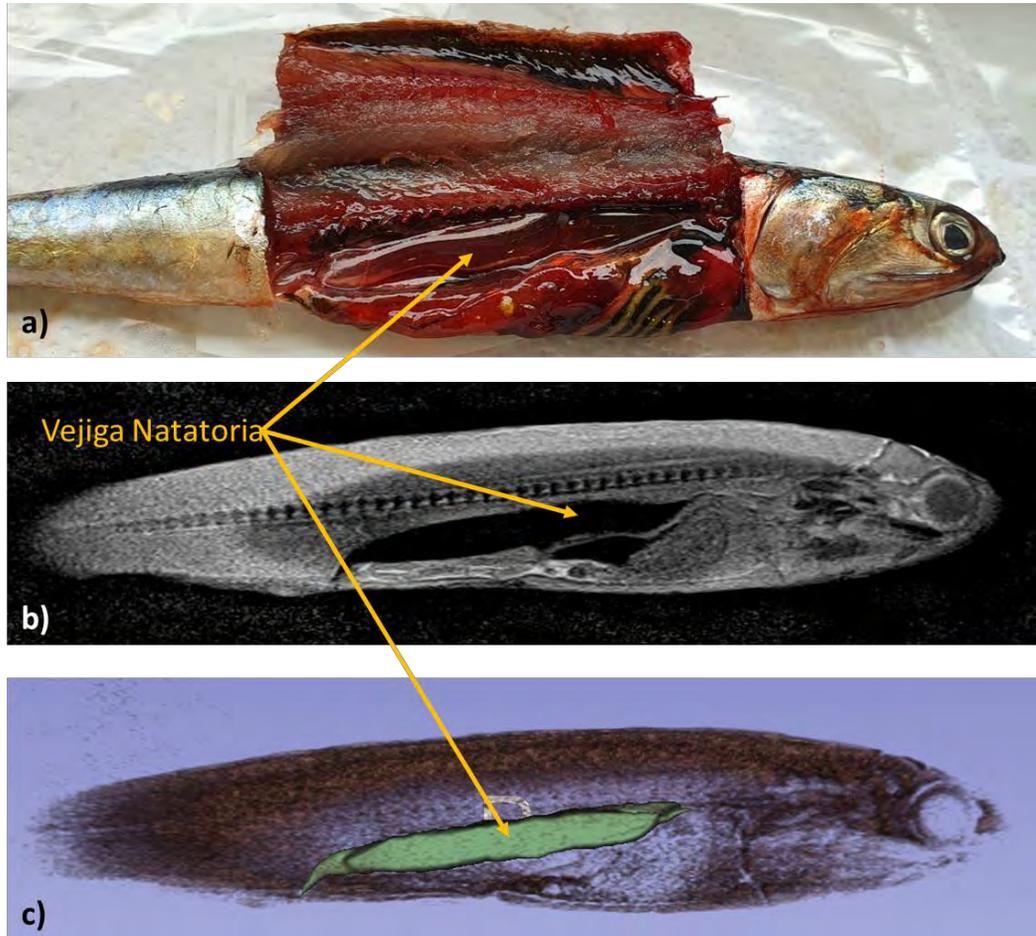


Figura 62.- Correspondencia entre las imágenes obtenidas por imagenología y la disposición de los órganos internos de la misma anchoveta. A) Pez disecado en laboratorio; b) TAC y c) Reconstrucción en 3D de la vejiga natatoria.

Además, a través de esta técnica se logran identificar otros órganos como el intestino, ver la interacción que se produce entre los mismos y los efectos que estos pueden tener sobre la vejiga natatoria (Figura 63). Un descubrimiento interesante se refiere al efecto del estómago sobre la vejiga natatoria de la anchoveta, que además de deformarla (Figura 64), retiene aire cuando se encuentra vacía, produciendo un efecto de Boyantes positiva, lo que lo transformaría en un dispersante acústico importante (Figura 65).

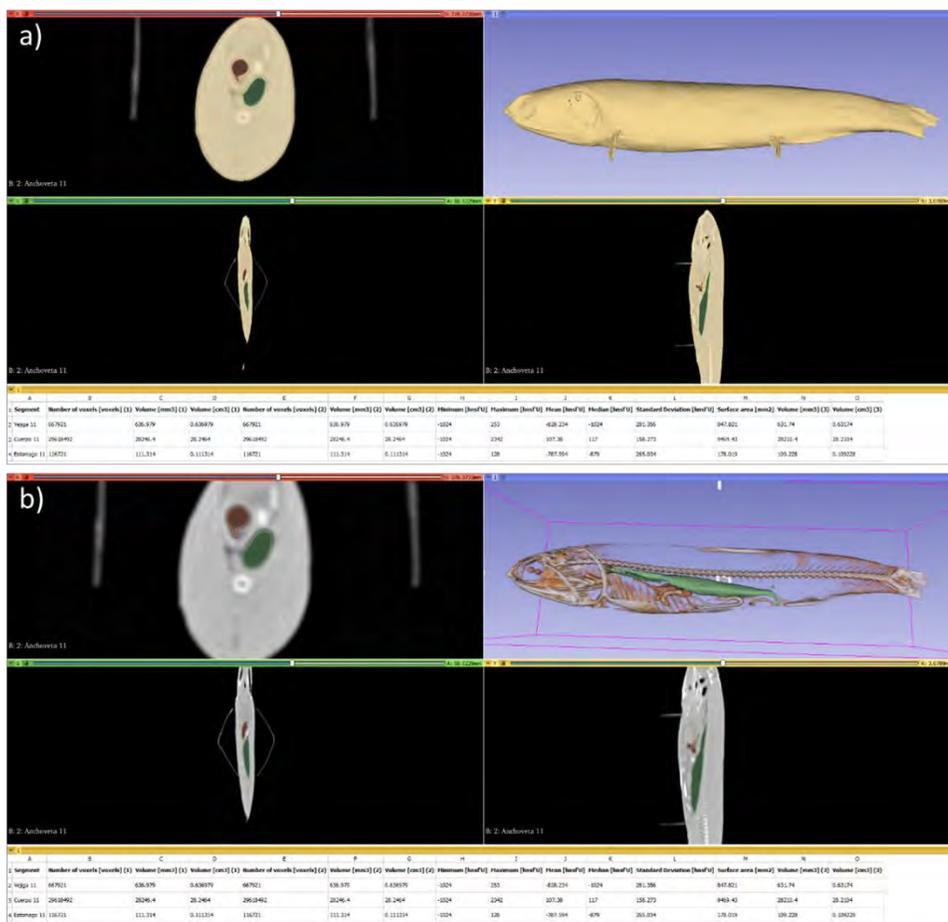


Figura 63.- Reconstrucción en 3D y obtención de estimados de volumen del cuerpo, volumen del estómago y volumen de la vejiga natatoria de anchoveta. a) Cuerpo del pez; b) Estructura ósea y órganos internos de anchoveta.

Es importante señalar que con la reconstrucción en 3D se puede rotar, desplazar, acercar/alejar y ver por dentro el pez o el órgano que se quiere analizar desde cualquier ángulo y distancia, incluso se puede analizar cada elemento o segmento por separado, sacando de la imagen el resto.

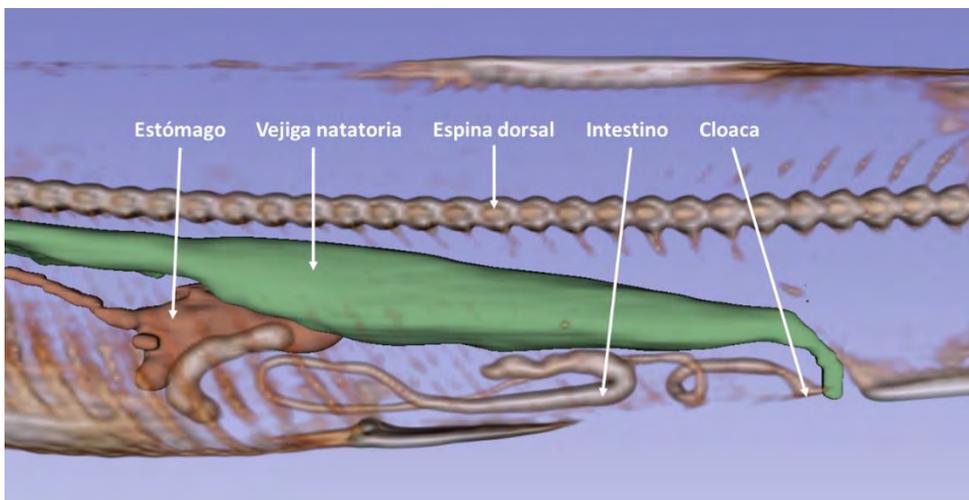


Figura 64.- Identificación de órganos internos de anchoveta a partir de la reconstrucción en 3D.

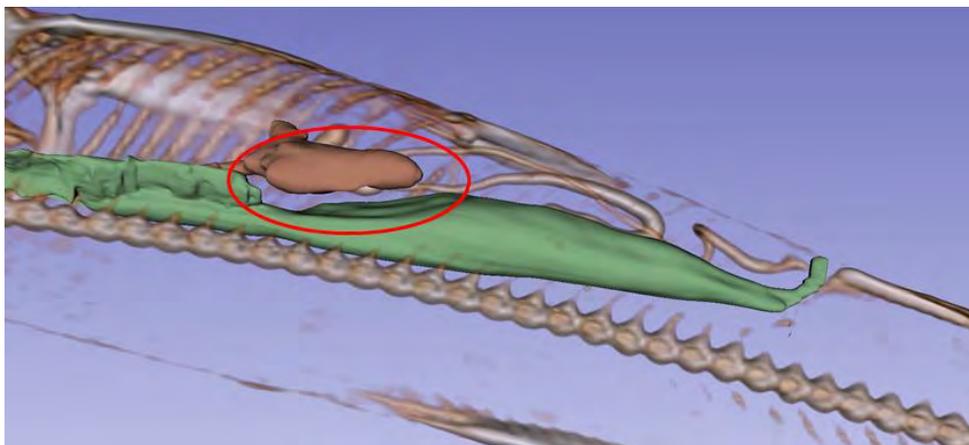


Figura 65- Efecto del estómago de anchoveta (de color café) sobre la vejiga natatoria (de color verde) destacado en un círculo rojo.



Figura 66.- Estómago vacío de anchoveta.

El ángulo de inclinación de la vejiga natatoria respecto al eje longitudinal de anchoveta se estimó en 8,02 grados con una desviación estándar de 0,22 grados (Figura 66).

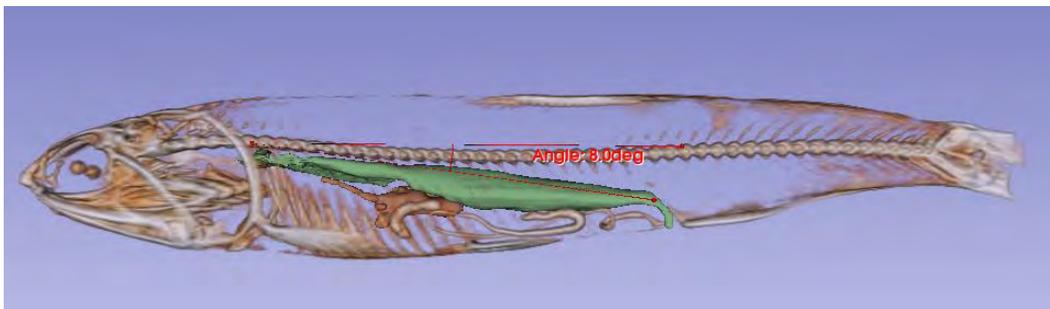


Figura 67.- Angulo de inclinación de la vejiga natatoria (en verde) respecto al eje horizontal del pez ( $8^{\circ}$  para la muestra).



Tabla 36. Resultados obtenidos mediante análisis de imagenología y en laboratorio para los peces escaneados.

N°	UD	LS	LT	Peso	Volumen	Vol. vejiga	Vol. vejiga	Ángulo	LT vejiga	Volumen	Volumen
1	XV-II	11.6	13.6	16.05	15.8	0.22	0.4	8.3	4.5	0.3	0.5
2	XV-II	10.9	12.9	12.44	12.4	0.24	0.1	8	4.3	0.2	0.3
3	XV-II	11.1	13.1	14.91	14.8	0.12	0.2	8	4.3	0.4	0.3
4	XV-II	11.5	13.4	14.92	14.8	0.16	0.1	7.8	4.4	0.3	0.2
5	III-IV	13.6	15.6	22.86	21.5	0.3	0.2	8.3	5.2	0.2	0.9
6	III-IV	8.5	10	5.58	5.8	-	-	-	3.1	0.5	-
7	III-IV	9.8	10.4	9.48	9.6	0.08	0.1	8	3.3	0.5	-
8	V-X	15.5	17.5	31.04	28.8	0.16	0.1	7.7	5.8	0.6	0.9
9	V-X	14.5	16.5	27.38	27.7	0.88	0.9	7.9	5.5	0.6	0.4
10	V-X	12	14	13.93	14	0.24	0.4	8.4	4.7	0.3	0.2
11	V-X	13.2	15.2	21.95	21.8	0.27	0.2	8.1	5.1	0.4	0.8
12	V-X	12.3	14.3	15.45	15.4	0.09	0.1	8.3	4.5	0.3	0.4
13	V-X	13.2	15.2	21.61	22.3	0.67	0.9	8.1	5.1	0.3	0.6
14	V-X	14.3	16.2	30.19	28.9	0.34	0.1	8	5.4	0.6	0.7
15	V-X	14.8	16.8	29.69	28.8	0.63	0.3	7.7	5.6	0.4	0.8
16	V-X	12.7	14.7	18.56	18	0.23	0.3	7.8	4.6	0.5	0.6

En la Tabla 36 se muestran los resultados obtenidos de los análisis realizados a los peces escaneados y posteriormente disecados. Se analizó un total de 16 ejemplares, con un rango de tallas que va desde los 10 hasta los 17,5 cm de longitud total. Solo a uno de los peces escaneados no se logró modelar la vejiga natatoria, ya que probablemente se encontraba totalmente desinflada (Figura 68).

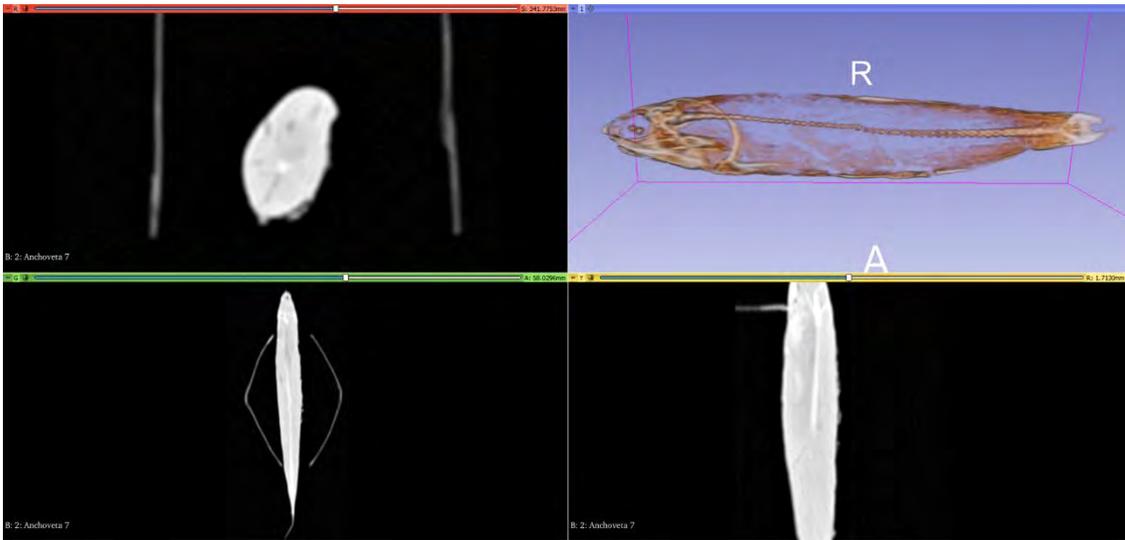


Figura 68.- Ejemplo de anchoveta sin resultados positivos por TAC.

Al analizar la relación entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta con su respectivo volumen corporal, se observó una relación directa con un coeficiente de correlación de rangos de Spearman de 0,64, lo cual corrobora el supuesto de que el volumen de la vejiga aumenta con el tamaño del individuo (Figura 69). Para el caso de la relación entre el volumen de la gónada de anchoveta en función de la vejiga natatoria se observó una correlación negativa moderada (coeficiente de correlación de rangos de Spearman de -0,52), lo cual hace suponer que a medida que el volumen de la gónada aumenta, esta produciría una compresión de la vejiga natatoria reduciendo su volumen (Figura 70). Suponiendo que el estómago también produciría un efecto similar sobre la vejiga natatoria, se calculó el coeficiente de correlación de rangos de Spearman para observar la relación entre el volumen del estómago de anchoveta y la vejiga natatoria de la misma (Figura 71), obteniendo como resultado una correlación negativa débil (coeficiente de correlación de rangos de Spearman de -0,18), lo que indicaría que si bien existe una disminución del volumen de la vejiga natatoria de anchoveta a medida que aumenta el tamaño del estómago, este efecto no es tan fuerte como el de la gónada.

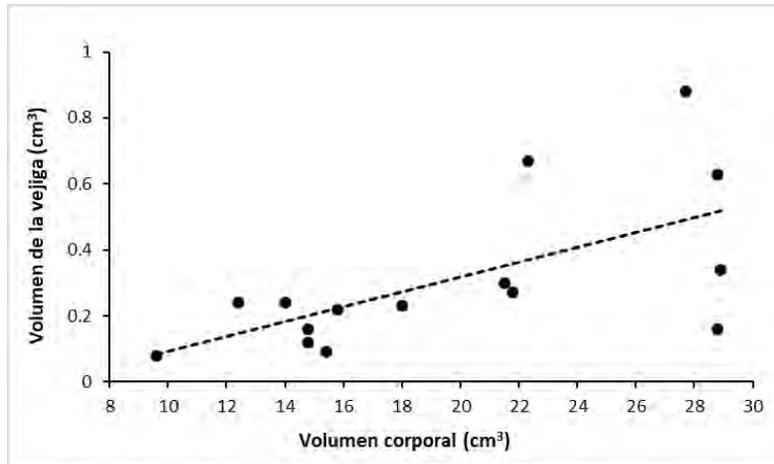


Figura 69.- Relaci3n entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta y el volumen corporal.

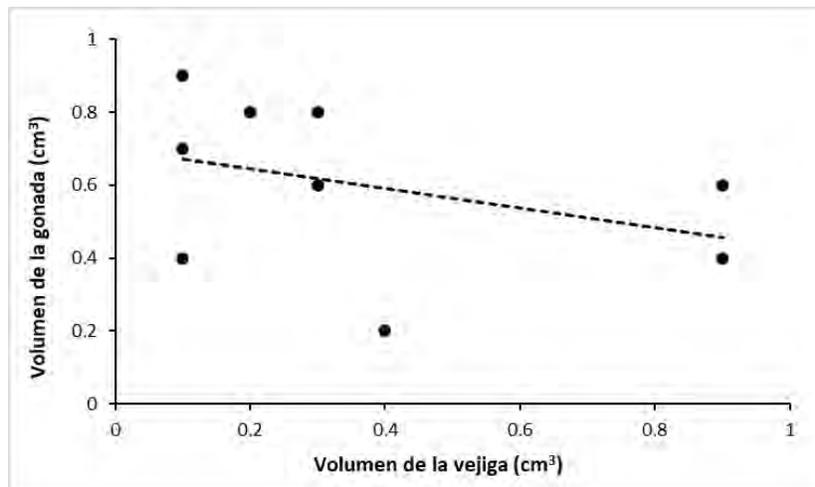


Figura 70.- Relaci3n entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta y el volumen de la g3nada.

Finalmente, al comparar los resultados del volumen de la vejiga obtenidos en el laboratorio con los obtenidos por el an3lisis de las TAC, se observa una relaci3n directa, obteniendo correlaci3n positiva moderada a alta (coeficiente de correlaci3n de rangos de Spearman de 0,63), lo que indica que los resultados obtenidos en la estimaci3n del volumen en laboratorio por medio de la t3cnica del volumen



desplazado, son muy similares a los obtenidos por el an3lisis de im3genes obtenidas por TAC (Figura 72).

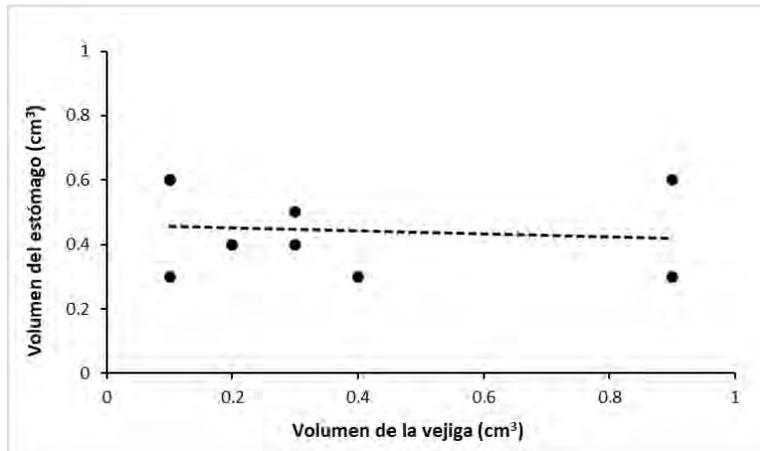


Figura 71.- Relaci3n entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta y el volumen del est3mago.

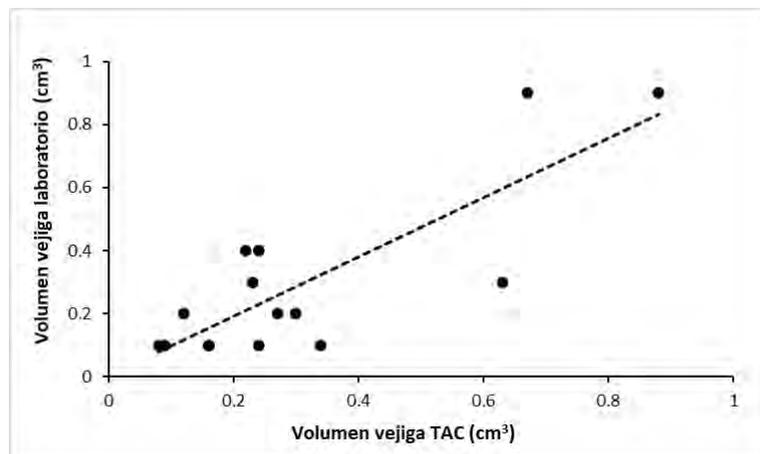


Figura 72.- Relaci3n entre el volumen de la vejiga natatoria de anchoveta obtenido en laboratorio y el volumen de la vejiga natatoria obtenido por reconstrucci3n 3D.



## 5.4.2. Análisis del volumen estomacal y del espectro trófico de anchoveta

### 5.4.2.1.- Muestreo de ejemplares para el análisis de contenido estomacal

Se analizaron 108 est3magos de anchoveta donde se midi3 el volumen y se identific3 el contenido estomacal en las tres zonas de estudio, a saber: Zona norte (UD XV-II), zona centro (UD III-IV) y zona sur (UD V-X). En promedio, el est3mago, obtuvo un volumen de  $0,5 \pm 0,3$  mL para el total de muestras analizadas, correspondiendo al 4,9% del volumen total corporal (Tabla 37).

Al analizar el volumen estomacal por regiones, el promedio m3s bajo de volumen se encuentra en la zona centro, con un  $0,3 \pm 0,1$  mL, que corresponde al 5,1% del total del volumen corporal. Por su parte, la segregaci3n por tallas muestra que los mayores volúmenes estomacales (promedio=  $0,6 \pm 0,3$  mL) correspondi3 a los ejemplares mayores a 12 cm, y a valores bajos con respecto al volumen total del pez (3,3%).

El análisis de la relaci3n entre el volumen corporal y el volumen del est3mago (en porcentaje) mostr3 que los promedios m3s altos se reportaron en la regi3n norte ( $6,7 \pm 3,2$ ), mostrando una alta desviaci3n est3ndar y valores altos en los extremos, lo contrario ocurre para la zona sur, donde la relaci3n porcentual de volumen corporal versus los est3magos es la m3s baja ( $3,2 \pm 1,3$ ) ya que est3 dominada por ejemplares adultos principalmente (Figura 73).

Tabla 37. Promedio del volumen del est3mago (ml) y porcentaje respecto del ejemplar completo (%), categorizado por zona y espectro de tallas (cm).

Regiones	Volumen	Vol. Est3mago vs	
	Promedio	Promedio	N
Norte	$0,5 \pm 0,2$	$6,7 \pm 3,2$	37
Centro	$0,3 \pm 0,1$	$5,1 \pm 2,0$	29
Sur	$0,6 \pm 0,3$	$3,2 \pm 1,3$	42
Talla			
Pre-reclutas ( $\leq 8,5$ cm LT)	$0,2 \pm 0,1$	$7,5 \pm 3,4$	6
Reclutas (8,5-12 cm LT)	$0,4 \pm 0,2$	$6,9 \pm 3,4$	60
Adultos ( $>12$ cm LT)	$0,6 \pm 0,3$	$4,1 \pm 2,0$	42
Total	$0,5 \pm 0,3$	$4,9 \pm 2,7$	108

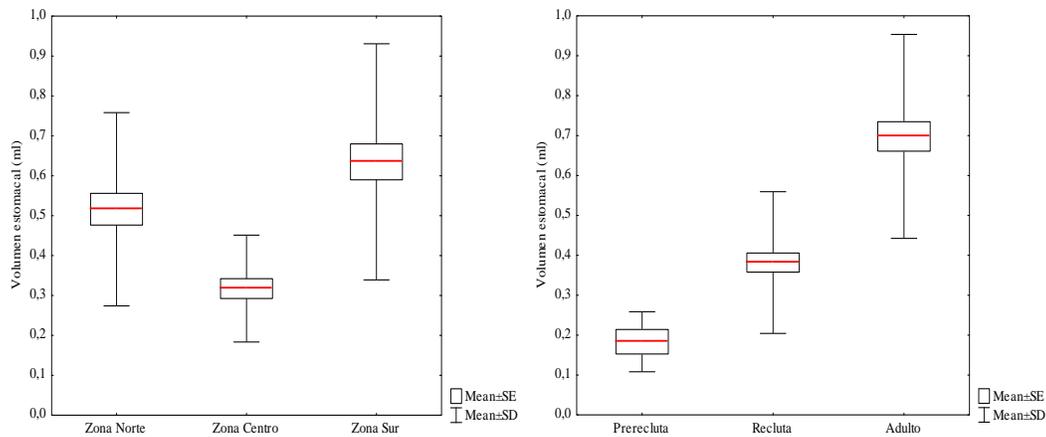


Figura 73. Volumen del est3mago versus volumen corporal de anchoveta (en porcentaje).

En la Figura 74 se presenta la relaci3n entre el volumen corporal (c3rculos blancos) y el volumen del est3mago (c3rculos grises) respecto del tama1o de ejemplares de anchovetas obtenidos desde las regiones norte, centro y sur. Se observa una relaci3n lineal positiva entre el volumen corporal versus la talla, con coeficientes de determinaci3n altos y significativos para los ejemplares obtenidos en todas las regiones (norte  $R^2=0,89$ , centro  $R^2=0,83$  y sur  $R^2=0,94$ ). En tanto, la relaci3n del volumen del est3mago respecto de la talla evidenci3 coeficientes menores (norte  $R^2=0,45$ , sur  $R^2=0,51$ ), y la ausencia de una tendencia clara en la regi3n central (centro  $R^2=0,08$ ). Sin embargo, las diferencias entre las regiones ensayadas y los rangos de tama1os (pre-reclutas, reclutas y adultos) fueron significativas (Test Kruskal-Wallis  $p < 0,05$ ).

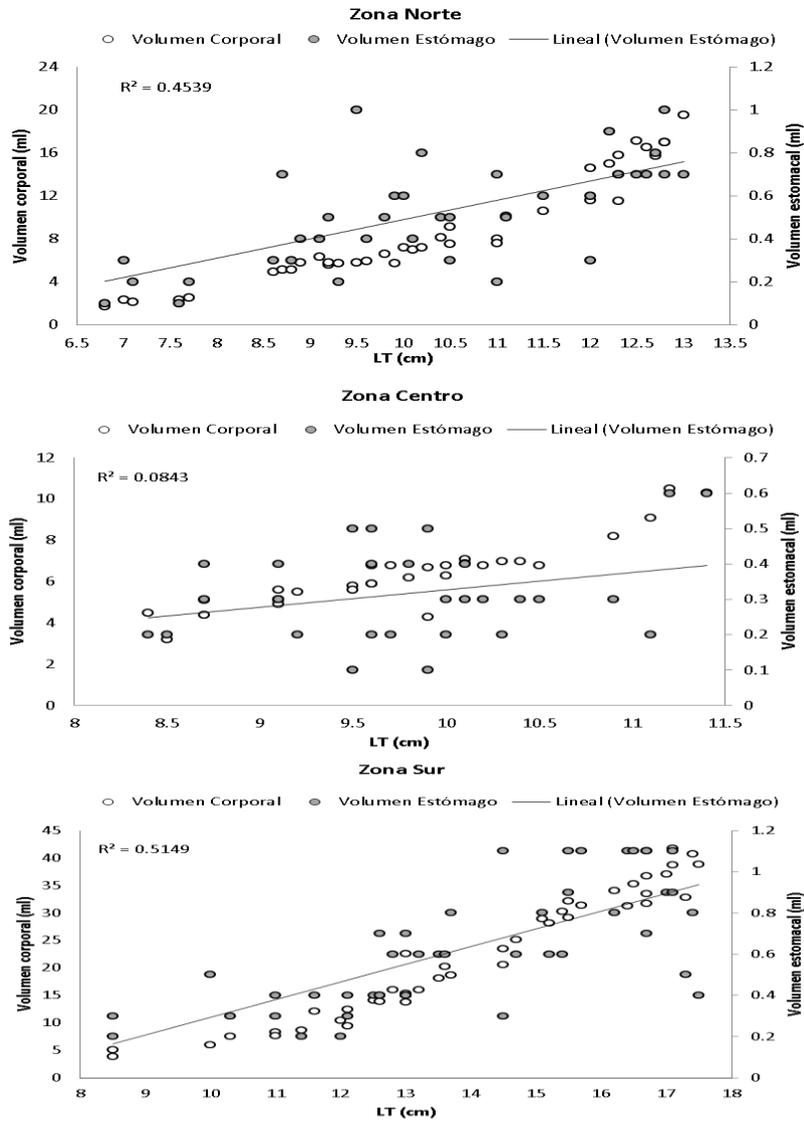


Figura 74.- Volumen corporal, Volumen est3mago y proporci3n de el volumen corporal y el volumen del est3mago (%), con respecto a la talla en las 3 zonas evaluadas (norte, centro y sur).



#### 5.4.2.2.- Llenado estomacal

En el total de los estómagos analizados, el grado de llenado estomacal mostró una frecuencia de estómagos vacíos que no sobrepasó el 11%, encontrándose la mayoría semi-vacíos con un 47,2%, lo que significa que el alimento ocupaba un 40% de la capacidad total del estómago. Al analizar los ejemplares obtenidos por regiones, las zonas norte y centro evidenciaron el menor y mayor porcentaje de estómagos vacíos (8,1% y 17,2%, respectivamente). En todos los casos la mayoría de los estómagos se reportaron bajo la clasificación de semi-vacíos, siendo los ejemplares correspondientes a la región sur los que presentaron el mayor porcentaje (60%) (Tabla 38).

Tabla 38 Porcentaje de llenado estomacal en ejemplares de anchoveta por zonas

Regiones	Lleno	Semi-lleno	Semi-vacío	Vacío
Total	16,7%	25,9%	47,2%	10,2%
Norte	24,3%	27,0%	40,5%	8,1%
Centro	20,7%	27,6%	34,5%	17,2%
Sur	7,1%	23,8%	61,9%	7,1%

El análisis del grado de llenado estomacal por grupos de tamaños (pre-reclutas, reclutas y adultos) reveló: a) la inexistencia de estómagos llenos para pre-reclutas, b) mayores porcentajes de estómagos semi-llenos en ejemplares adultos, y c) porcentajes comparativamente bajos de estómagos vacíos para adultos de anchoveta (Tabla 39).

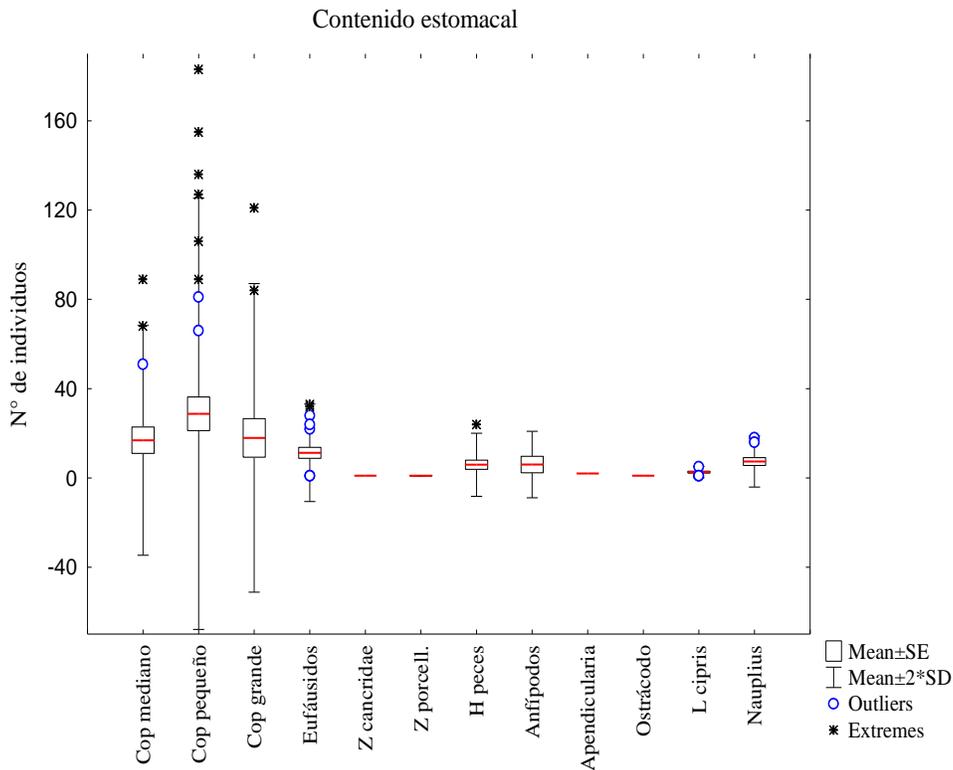
Tabla 39. Porcentaje de llenado estomacal en ejemplares anchoveta, por rango de tamaños.

Anchoveta	Tallas (cm)	Lleno	Semi-lleno	Semi-	Vacío
Pre-reclutas	≤8,5 cm LT	0,0%	16,6%	50,0%	33,3%
Reclutas	8,5 - 12 cm LT	16,7%	23,3%	50,0%	10,0%
Adultos	>12 cm LT	19,0%	31,0%	42,9%	7,1%



### 5.4.2.3- Espectro tr3fico y an3lisis de la importancia de las presas

El contenido estomacal revisado en los ejemplares de anchoveta correspondientes a las regiones norte, centro y sur, se presenta en la Tabla 40. Se determinaron 12 taxa o formas discriminadas del zooplancton como presas de anchoveta (Figura 75). Los cop3podos peque1os mostraron un promedio comparativamente m3s alto que el resto de zooplancteres. La Tabla 41 muestra que los cop3podos peque1os se encontraron en 41 del total de ejemplares, correspondiendo a una frecuencia de ocurrencia de 38% (28,7 ind  $\pm$ 48,3). A este grupo le siguen los euf3usidos con un 18,5% (11,3 ind  $\pm$ 10,9), cop3podos medios (17,7%) y cop3podos grandes (14,8%) (Figura 76).





En cuanto a la abundancia relativa (%), los copépodos de menor tamaño contribuyeron con el 53% (máximo de 183 ind) al total de zooplancteres contabilizados, seguidos de los copépodos medianos (14%) y copépodos grandes (12,9%). El resto de ítems presa no superaron el 4% de la abundancia relativa (Figura 77). También fue analizada cualitativamente la contribución de restos orgánicos (estado de digestión alto, ítems no identificables) y el fitoplancton, donde solo se identificó la presencia, que fue particularmente alta en la región su

Tabla 40. Tabla de presencia del contenido estomacal para los ejemplares de anchoveta obtenidos en las regiones norte, centro y sur.

Ejemplares región norte																																													
Contenido estomacal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37								
Llenado estomacal	0	2	1	0	1	1	2	1	1	1	1	2	1	3	1	1	3	2	1	2	1	0	3	1	3	1	1	2	3	2	2	3	2	3	3	3	2								
Restos orgánicos		x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x			x	x		x	x	x	x																			
Fitoplancton												x						x	x				x	x			x	x	x				x	x	x	x	x								
Copépodos medios		x					x				x										x																								
Copépodos pequeños								x		x					x	x	x			x	x				x									x	x			x							
Copépodos grandes																																													
Eufáusidos		x			x	x	x	x	x	x	x	x			x	x	x																												
Zoea Cancridae																																													
Zoea Porcellanidae																																													
Huevos peces																																													
Anfípodos																																													
Apendicularias																																													
Ostrácodos																																													
Larva Cipris																																													
Nauplius																																													
Ejemplares región centro																																													
Contenido estomacal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29																
Llenado estomacal	1	1	1	2	3	2	2	1	3	0	1	2	1	2	1	3	0	0	1	3	0	2	1	0	1	2	2	3	3																
Restos orgánicos		x								x																																			
Fitoplancton		x			x								x	x	x	x																													
Copépodos medios						x																																							
Copépodos pequeños		x		x	x	x																																							
Copépodos grandes							x							x	x	x																													
Eufáusidos																																													
Zoea Cancridae																																													
Zoea Porcellanidae							x																																						
Huevos peces																																													
Anfípodos																																													
Apendicularias																																													
Ostrácodos																																													
Larva Cipris							x	x	x																																				
Nauplius							x	x	x																																				
Ejemplares región sur																																													
Contenido estomacal	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41	42			
Llenado estomacal	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	2	2	0	3	2	2	1	1	1	1	2	2	1	2	1	3	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1		
Restos orgánicos		x	x	x	x	x	x																																						
Fitoplancton			x																																										
Copépodos medios		x			x	x	x																																						
Copépodos pequeños																																													
Copépodos grandes																																													
Eufáusidos																																													
Zoea Cancridae																																													
Zoea Porcellanidae																																													
Huevos peces																																													
Anfípodos																																													
Apendicularias																																													
Ostrácodos																																													
Larva Cipris																																													
Nauplius																																													

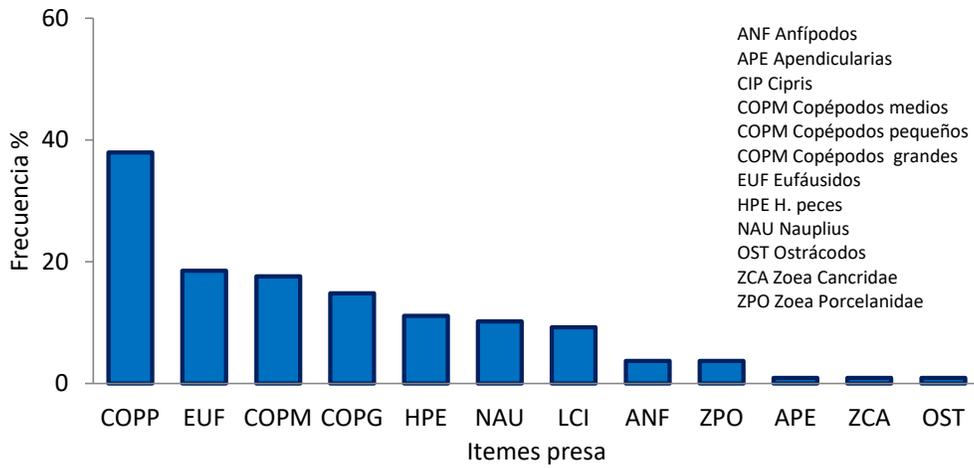


Figura 76. Frecuencia de ocurrencia (%) del zooplancton en la dieta de anchoveta.

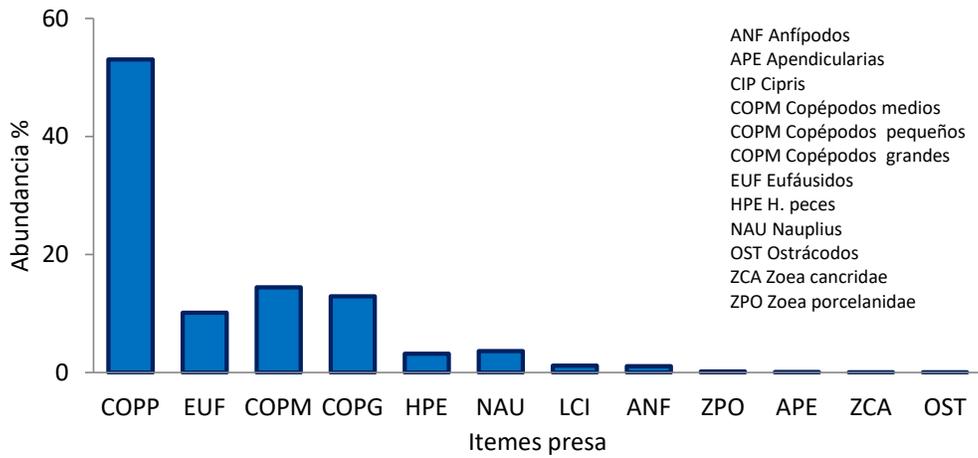


Figura 77. Abundancia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta.



Tabla 41. Estadísticos básicos de ítemes presas del zooplancton presentes en los estómagos de anchoveta.

Item presa	ESTADÍSTICOS BÁSICOS					
	Estaciones (+)	Promedio	Max	DE	Ocurrencia (%)	Abundancia relativa (%)
Copépodos pequeños	41	28.7	183	48.3	38.0	53.0
Copépodos medios	19	16.9	89	25.8	17.6	14.5
Copépodos grandes	16	17.9	121	34.6	14.8	12.9
Eufáusidos	20	11.3	33	10.9	18.5	10.1
Nauplius	11	7.4	18	5.7	10.2	3.6
Huevos peces	12	5.9	24	7.1	11.1	3.2
Larvas Cipris	10	2.6	5	1.3	9.3	1.2
Anfípodos	4	6	17	7.4	3.7	1.1
Zoeas Porcellanidae	4	1	1	0	3.7	0.2
Apendicularias	1	2	2		0.9	0.1
Zoeas Cancridae	1	1	1		0.9	0.05
Ostrácodos	1	1.0	1		0.9	0.05

Las Figuras 78 y 79 muestran la frecuencia de ocurrencia y abundancia relativa % de los ítemes presa en 3 zonas de estudio, respectivamente. Para el caso de la frecuencia de ocurrencia, los eufáusidos contenidos en los ejemplares de la región norte, mostraron el mayor porcentaje (48,6%), seguido de copépodos medianos y pequeños con porcentajes de 40,5% y 44,8% para las regiones norte y centro, respectivamente. En tanto, para el caso de la abundancia relativa (Figura 10), los copépodos pequeños de la región central fueron los más abundantes (65%), seguidos de los eufáusidos correspondientes a los ejemplares obtenidos en la región norte, que representan mayor abundancia de la región (59,8%). Para los especímenes de la región sur, los copépodos de tamaño medio fueron claramente los más abundantes en la dieta de anchoveta para dicho sector (49%). La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis muestra la existencia de diferencias significativas entre las regiones estudiadas, para copépodos pequeños ( $p=0,039$ ), copépodos grandes ( $p=0,002$ ), eufáusidos ( $p=0,00$ ), huevos de peces ( $p=0,002$ ), larvas cipris ( $p=0,00$ ) y nauplius ( $p=0,00$ ).

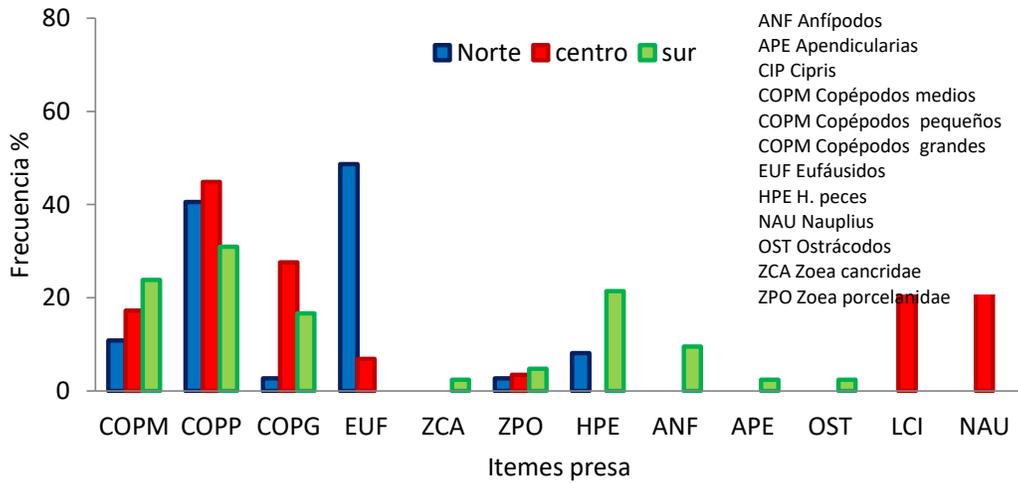


Figura 78. Frecuencia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta, para los sectores norte, centro y sur de Chile.

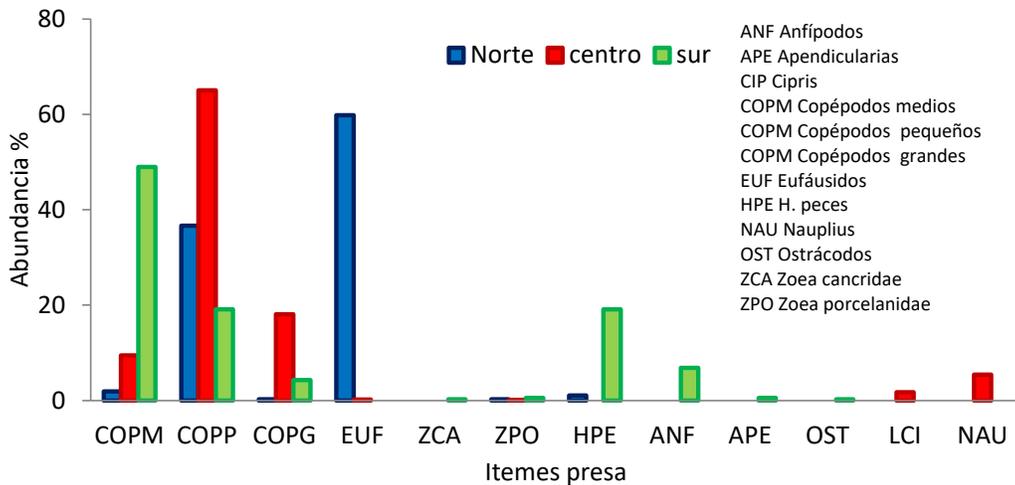


Figura 79. Abundancia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta, para los sectores norte, centro y sur de Chile.

En las Figuras 80 y 81 se muestran las frecuencias de ocurrencia y abundancias relativas de los ítems presa del zooplancton con respecto al espectro de tamaño. La alimentación de los pre-reclutas estuvo



dominada por los eufáusidos que representaron el 92% de la abundancia total y estuvieron presentes en el 33,3% de las muestras. Los copépodos medios y copépodos pequeños, representaron un 16,7% cada ítem pero no superaron el 6% de la abundancia total en los est3magos. En los ejemplares reclutas de anchoveta (8,5 y 12 cm), los copépodos pequeños fueron la presa principal, con una frecuencia de ocurrencia de 38,3% y una abundancia relativa del 60,1%, y gran parte de los ítems presa de reclutas no superaron abundancias relativas del 20%. Finalmente, los adultos de anchoveta evidenciaron a los copépodos medios con la mayor abundancia relativa (39,9%), seguido de los copépodos pequeños (26,4%), huevos de peces (16,7%) y eufáusidos (10%). Solo los eufáusidos ( $p=0,011$ ), huevos de peces ( $p=0,002$ ), larva cipris ( $p=0,014$ ) y nauplius ( $p=0,0009$ ) presentan diferencias significativas en los estratos de tamaños (pre-recluta, recluta y adultos).

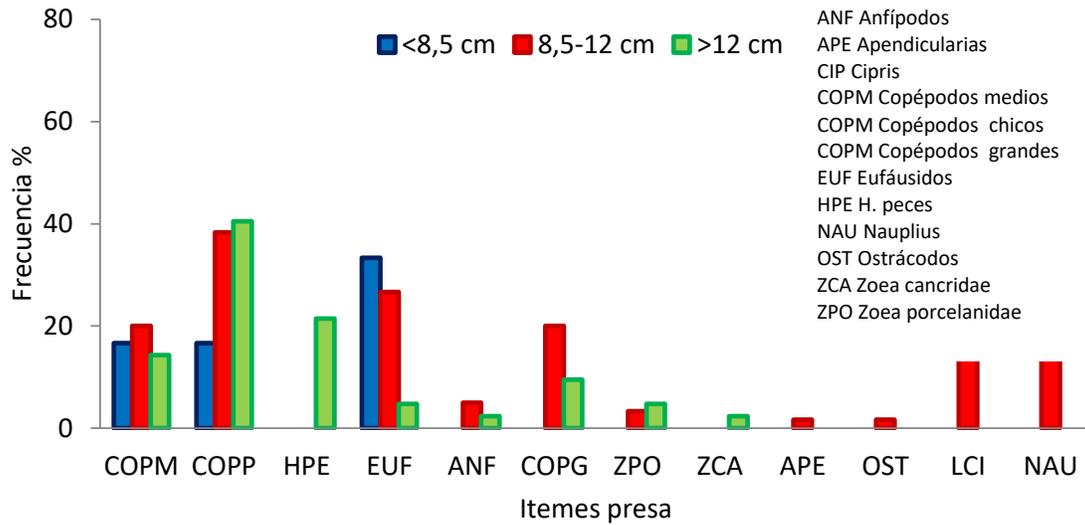


Figura 80. Frecuencia de ocurrencia (%) del zooplancton en la dieta de anchoveta, para el espectro de tamaño.

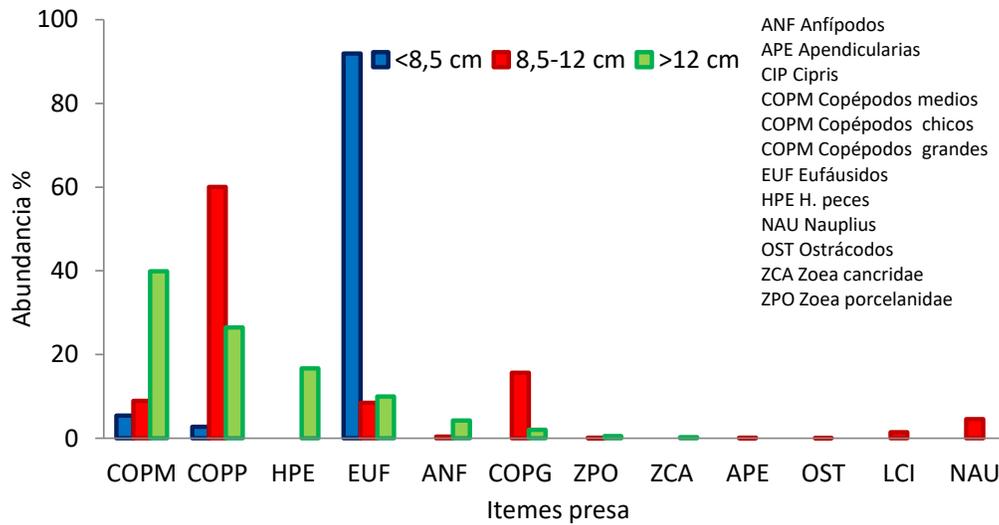


Figura 81. Abundancia relativa del zooplancton en la dieta de anchoveta, para el espectro de tama1o.

Tabla 42. 3ndice de Importancia Relativa (IIR, %) para los 3temes-presa del zooplancton analizados en los est3magos de anchoveta (N= 108).

Item-presa N:108	N	F	%N	%F	IIR%
Cop3podos peque1os	1178	41	53,0	29,3	41,2
Euf3sidos	225	20	10,1	14,3	12,2
Cop3podos medios	321	19	14,5	13,6	14,0
Cop3podos grandes	287	16	12,9	11,4	12,2
Huevos peces	71	12	3,2	8,6	5,9
Nauplius	81	11	3,6	7,9	5,8
Larva Cipris	26	10	1,2	7,1	4,2
Anf3podos	24	4	1,1	2,9	2,0
Zoeas Porcellanidae	4	4	0,2	2,9	1,5
Apendicularias	2	1	0,1	0,7	0,4
Zoeas Cancridae	1	1	0,0	0,7	0,4
Ostr3codos	1	1	0,0	0,7	0,4

El 3ndice de Importancia Relativa (IIR%) de las presas se muestra en la Tabla 42, verificando a los cop3podos peque1os con un 41,2%, seguidos de cop3podos medios (14%), cop3podos grandes



(12,2%) y eufáusidos (12,2%), el meroplankton sin embargo destaca por su bajo IIR% que no supera el 6%. Para el análisis de la importancia de las presas en la dieta de anchoveta, se realizó un análisis por espectro de tamaño y también por zona geográfica (norte, centro y sur de Chile) (Tabla 43), destacando los eufáusidos en la zona norte con un 51,3% y copépodos pequeños (36,2%), quienes en la zona centro representan un IIR% de 45,5%, seguidos muy secundariamente por copépodos grandes (17%), nauplius (13,7%), larvas cipris (10,9%) y copépodos medios (9,7%). En la zona sur los copépodos medios representaron el valor más alto alcanzando un IIR% del 34,9%, seguidos de copépodos pequeños (23,1%) huevos de peces (18,9%), que en su mayoría fueron de la misma especie y copépodos grandes con un 9,4%.

Tabla 43. Índice de Importancia Relativa (IIR, %) para los ítems-presa del zooplancton analizados en los estómagos de anchoveta, para la zona norte, centro y sur de Chile.

Item-presa	N	F	%N	%F	IIR%
<b>Norte (n=37)</b>					
Copépodos medios	7	4	1,9	9,5	5,7
Copépodos pequeños	136	15	36,7	35,7	36,2
Copépodos grandes	1	1	0,3	2,4	1,3
Eufáusidos	222	18	59,8	42,9	51,3
Zoeas Porcellanidae	1	1	0,3	2,4	1,3
Huevos peces	4	3	1,1	7,1	4,1
<b>Centro (n=29)</b>					
Copépodos medios	142	5	9,5	10	9,7
Copépodos pequeños	975	13	65,0	26	45,5
Copépodos grandes	271	8	18,1	16	17,0
Eufáusidos	3	2	0,2	4	2,1
Zoeas Porcellanidae	1	1	0,1	2	1,0
Larva Cipris	26	10	1,7	20	10,9
Nauplius	81	11	5,4	22	13,7
<b>Sur (n=2)</b>					
Copépodos medios	172	10	49,0	20,8	34,9
Copépodos pequeños	67	13	19,1	27,1	23,1
Copépodos grandes	15	7	4,3	14,6	9,4
Zoeas Cancridae	1	1	0,3	2,1	1,2
Zoeas Porcellanidae	2	2	0,6	4,2	2,4
Huevos peces	67	9	19,1	18,8	18,9
Anfípodos	24	4	6,8	8,3	7,6
Apendicularias	2	1	0,6	2,1	1,3
Ostrácodos	1	1	0,3	2,1	1,2

La Tabla 44 muestra la importancia de las presas clasificadas por tamaños. Para el caso de los pre-reclutas, destaca el grupo de los eufáusidos (IIR= 70,1%), seguidos muy secundariamente por



copépodos medios (15,2%) y copépodos pequeños (13,9%). Los estómagos de los reclutas mostraron una importancia del 42,1% para los copépodos pequeños y un índice mucho menor para copépodos grandes (13,9%), eufáusidos (13%), copépodos medios (11,1%). Finalmente, para ejemplares adultos de anchoveta se observó mayor importancia de los copépodos pequeños con un 33,7%, seguido de copépodos medios con un 26,2% y huevos de peces con un 19,4%.

Tabla 44. Índice de Importancia Relativa (IIR,%) para los ítems-presa del zooplancton analizados en los estómagos anchoveta, para pre-reclutas, reclutas y adultos.

Item-presa	N	F	%N	%F	IIR
<b>&lt;8,5cm (n=6)</b>					
Eufáusidos	34	2	91,9	50	70,9
Copépodos medios	2	1	5,4	25	15,2
Copépodos pequeños	1	1	2,7	25	13,9
<b>8,5-12 cm (n=42)</b>					
Copépodos pequeños	1071	23	60,1	24,5	42,1
Copépodos grandes	279	12	15,6	12,8	13,9
Eufáusidos	151	16	8,5	17,0	13,0
Copépodos medios	159	12	8,9	12,8	11,1
Nauplius	81	11	4,5	11,7	8,3
Larva Cipris	26	10	1,5	10,6	6,2
Anfípodos	7	3	0,4	3,2	1,8
Huevos peces	4	3	0,2	3,2	1,2
Zoeas Porcellanidae	2	2	0,1	2,1	1,2
Apendicularias	2	1	0,1	1,1	0,6
Ostrácodos	1	1	0,1	1,1	0,6
<b>&gt;12 (n=60)</b>					
Copépodos pequeños	106	17	26,4	40,5	33,7
Copépodos medios	160	6	39,9	14,3	26,2
Huevos peces	67	9	16,7	21,4	19,4
Eufáusidos	40	2	10,0	4,8	7,1
Copépodos grandes	8	4	2,0	9,5	6,7
Anfípodos	17	1	4,2	2,4	3,2
Zoeas Porcellanidae	2	2	0,5	4,8	2,5
Zoeas Cancridae	1	1	0,2	2,4	1,2



Tabla 45. Promedios de los ítem-presa presentes en los estómagos de anchoveta para los diferentes estratos de tamaño que existe en cada zona evaluada.

NORTE	
Pre-recluta n= 5	
Copépodos medios	2,0
Eufáusidos	17,0 ± 2.6
Recluta n= 21	
Copépodos medios	1,7 ± 1.2
Copépodos pequeños	9,1 ± 15.2
Eufáusidos	10,6 ± 10.0
Zoea Porcellanidae	1,0
Huevos peces	1,5 ± 0.7
Adulto n= 12	
Copépodos pequeños	9,0 ± 11.0
Copépodos grandes	1,0
Eufáusidos	20,0 ± 5.7
Huevos peces	1,0
CENTRO	
Reclutas n= 28	
Copépodos medios	28,4 ± 34.8
Copépodos pequeños	81,2 ± 63.0
Copépodos grandes	33,9 ± 44.5
Eufáusidos	1,5 ± 0.7
Zoea Porcellanieda	1,0
Larva Cipris	2,6 ± 1.3
Nauplius	7,4 ± 5.7
SUR	
Recluta n=7	
Copépodos medios	3,0 ± 1.2
Copépodos grandes	2,3 ± 1.5
Anfípodos	2,3 ± 1.5
Apendicularias	2,0
Ostrácodo	1,0
Adulto n=37	
Copépodos medios	26,7 ± 29.0
Copépodos pequeños	5,2
Copépodos grandes	2,0
Zoea Cancridae	1,0
Zoea Porcellanidae	1,0
Huevos peces	7,4
Anfípodos	17,0



La Tabla 45 muestra promedios de los diferentes ítems presa del zooplancton por rango de tallas del predador y por cada regi3n de estudio (norte, centro, sur). Los ejemplares pre-reclutas (solo obtenidos desde la regi3n norte), se alimentan principalmente de copépodos medios y eufáusidos, a diferencia de reclutas y adultos.

La zona central está dominada por ejemplares reclutas, donde su principal alimento fueron los copépodos pequeños ( $81,2 \pm 63$  ind). En la zona sur del área de muestreo, los adultos están más representados, alimentándose de copépodos, zoeas, huevos de peces y anfípodos.

#### 5.4.2.4.- Diversidad tr3fica

El índice de diversidad tr3fica (Tabla 46) evaluado mediante el índice de diversidad de Shannon Wiener ( $H'$ ), arroj3 valores menores a 1, verificando una diversidad baja. Los valores más bajos fueron obtenidos por pre-reclutas con un  $H' = 0,11 \pm 0,18$ , lo que se explica por el bajo número de muestras en este rango de tamaño. Los reclutas mostraron el mayor valor de diversidad ( $H' = 0,63 \pm 0,5$ ), así también los organismos de la zona sur ( $H' = 0,70 \pm 0,58$ ). Sin embargo, no presentan diferencias significativas entre zonas y en rangos de tamaños.

Tabla 46. Índice de diversidad tr3fica para el rango de tamaño y zonas de muestreo.

Índice de diversidad tr3fica	
Rango de Tamaño	$H'$
Pre-reclutas	$0,1 \pm 0,2$
Reclutas	$0,6 \pm 0,5$
Adultos	$0,5 \pm 0,4$
Zona de muestreo	$H'$
Norte	$0,4 \pm 0,5$
Centro	$0,6 \pm 0,4$
Sur	$0,7 \pm 0,6$



#### 5.4.3. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco

Para estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la fuerza de blanco de anchoveta obtenidos en el presente informe, se identificaron y evaluaron cinco factores: Vejiga natatoria (Ve), estómago (Es), gónada (Go), cuerpo (Cu) y ángulo de inclinación (An) de la vejiga natatoria de anchoveta.

Las Tablas 47 y 48 entrega los resultados del cálculo de la relación de cambios porcentuales estimados para cada factor y la relación de comparación entre los factores ( $F_A/F_B$ ) identificados como posible fuente de variabilidad en la fuerza de blanco de anchoveta, respectivamente. Considerando que el criterio de decisión para comparar entre los factores A y B tiene tres interpretaciones posibles (Tabla 48): i) Si es mayor que 1, se espera que el factor en el numerador tenga una mayor influencia en la variabilidad de la fuerza de blanco que el denominador; ii) si es menor que 1, el factor en el denominador tiene una mayor influencia; iii) y cuando la relación de comparación es igual a 1, se espera que los factores tengan la misma influencia. Según lo anterior, se obtuvo como resultado que, de los 5 factores evaluados, en orden descendente, la vejiga natatoria es la que produciría la mayor variabilidad, seguido por el cuerpo del pez, la gónada, el estómago y por último el ángulo de la vejiga natatoria.

Tabla 47.- Comparación de la relación de cambio porcentual entre los factores que influirían en la fuerza de blanco de anchoveta.

	Volumen	Volumen	Angulo	Volumen	Volumen
X-1	5.8	0.08	7.7	0.2	0.2
X-2	28.9	0.88	8.4	0.6	0.9
$\Delta$ RSL	23.1	0.8	0.7	0.4	0.7
$\Delta$ Fi	28.9	0.88	8.4	0.6	0.9
% RSL	0.80	0.91	0.08	0.67	0.78

Tabla 48.- Relación de comparación entre los factores ( $F_A/F_B$ ) que influyen en la fuerza de blanco de anchoveta.

Vejiga	$F_A/F_B$	Estómago	$F_A/F_B$	Gónada	$F_A/F_B$	Angulo	$F_A/F_B$	Cuerpo	$F_A/F_B$
Ve/Es	1.36	Es/Ve	0.73	Go/Ve	0.86	An/Ve	0.09	Cu/Ve	0.88
Ve/Go	1.17	Es/Go	0.86	Go/Es	1.17	An/Es	0.13	Cu/Es	1.20
Ve/An	10.91	Es/An	8.00	Go/An	9.33	An/Go	0.11	Cu/Go	1.03
Ve/Cu	1.14	Es/Cu	0.83	Go/Cu	0.97	An/Cu	0.10	Cu/An	9.59



## 6. ANALISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS

---

6.1. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.

Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero.

El comportamiento gregario de los peces pelágicos, como la anchoveta, constituye habitualmente la mayor dificultad para obtener blancos resueltos en mediciones de la TS *in situ* que permitan medir la intensidad de blanco individual para asociarlo a la talla. En el caso de mediciones *in situ* se han aplicado varias estrategias para superar este problema y mejorar las posibilidades de disponer de ecos correspondientes a peces aislados. Por ejemplo, una táctica aplicada habitualmente en agregaciones localizadas a mayores profundidades, para reducir el volumen insonificado que aumente las probabilidades de tener ecos individuales, consiste en bajar los transductores más cerca de los peces (Ona, 2003; Kang et al., 2009; Sawada et al., 2009; Murase et al., 2011; Fernandes et al., 2016; Lillo et al., 2005; Legua y Vargas, 2020), la que se usa en agregaciones profundas

Otras estrategias, aplicadas generalmente en peces pelágicos, consisten en aprovechar el comportamiento nictimeral, por lo cual las mediciones se realizan en la noche en que los peces presenten densidades dispersas (Glass, 2000; Sobradillo et al., 2021). Sin embargo, en la migración nictimeral se puede registrar una mayor mezcla de especies incluyendo otros peces o blancos componentes de zooplancton, por lo cual estas estrategias serán útiles en zonas donde la especie objetivo domina (Foote et al., 1987; Barange et al., 1996; Peltonen y Balk, 2005; Zhao et al., 2008).

En forma alternativa, los experimentos *ex situ* (Kang y Hwang, 2003; Kang et al., 2009), permiten un mayor control sobre la densidad y variables biológicas que afecten la TS. Sin embargo, el principal problema en los experimentos *ex situ* se relaciona con la posible alteración del comportamiento de los peces y que provocaría sesgo de los valores de TS.

En el presente caso, se analizó la data de TS *in situ* recolectada durante 26 cruceros hidroacústicos de evaluación del stock recluta de pequeños pelágicos realizados en la costa de Chile entre el 2008 y 2021 (11 cruceros en la zona norte; 8 en la centro-norte y 7 en la zona centro-sur), lo que determinó una base de 311.769 datos. La revisión y validación de la información, con criterios como la verificación que los datos estuviesen calibrados para ser considerados o después de la aplicación de los filtros para eliminar blancos múltiples o blancos indeseados redujo notablemente la colección hasta llegar a



un total de 11 cruceros con 38 khz (14 zona norte; 4 zona centro-norte y 2 en la zona centro-sur), de igual modo para 120 khz también se redujo la colección a 18 cruceros (10 zona norte; 3 centro-norte y 5 centro-sur). La zona norte registró el mayor número de experimentos que cumplieron con los requerimientos establecidos para ser considerados en los procesos. No obstante lo anterior, los datos fueron suficientes para ajustar ecuaciones de TS-L diferenciadas por Unidad Demográfica de anchoveta y estudiar las posibles diferencias entre ellas.

Cuando se miden las  $TS_{in-situ}$  de especies pelágicas pequeñas como la anchoveta, hay dos dificultades importantes, la primera es definir un umbral inferior que permita descartar los ecos de blancos pequeños indeseados como el plancton (Sobradillo et al., 2021) y evitar el sesgo por objetivos múltiples no resueltos (Soule et al., 1995). En el presente caso, en las mediciones in situ se separaron los peces del plancton, mediante una máscara bifrecuencia (Ballón et al 2011), aplicado en otros estudios que analizan información similar (Sobradillo et al., 2021; Madirolas et al., 2017).

El sesgo potencial debido a los ecos múltiples no resueltos se mitigó siguiendo diferentes procedimientos. En primer lugar, todas las mediciones se realizaron de noche para facilitar la detección de objetivos de peces individuales. En segundo lugar, se aplicaron distintos tamaños de pulso a fin de facilitar la detección de blancos resueltos y finalmente se aplicó el filtro propuesto por Sawada et al. (2009), incluida en la rutina del software Echoview v 7.1 y aplicado por varios autores (Gauthier and Rose, 2001; Sobradillo et al., 2021; Madirolas et al., 2017; Ona et al., 1999) con el cual se redujo la probabilidad de asignar erróneamente ecos múltiples a un individuo. En ese sentido, el análisis para la definición de los parámetros más adecuados, demandó un tiempo al inicio del proceso de los datos, determinando que los ejemplares por volumen acústico muestreados ( $N_v$ ) a partir de 0.04 había consistencia en los histogramas de TS, pero que se veían afectados el número de datos que se seleccionaban, razón por la que finalmente se determinó que para los distintos pulsos, la combinación min-max pulse length (0.5-1.5) a un  $N_v$  levemente por debajo de 0.2 presentaba la asíntota en el número ( $n$ ) de ecos filtrados y con modas consistentes en el histograma de TS.

En el caso de las mediciones ex situ, como ya se ha mencionado, el comportamiento de las anchovetas dentro de la jaula, en varios casos se vio alterado, donde los peces buscaban vías de escape nadando en forma vertical en los vértices de la jaula. Sin embargo, este comportamiento anómalo, se reducía al atardecer o cuando la turbidez del agua fue mayor. Otro aspecto destacable se relaciona con el tiempo de sobrevivencia de las anchovetas en el bins a bordo, puesto que al tercer día los ejemplares mostraron condiciones adecuadas para ser usados en los experimentos, es probable que esta sobrevivencia haya estado influenciada porque los peces eran de tallas relativamente grandes (>10 cm y moda en 14 cm).

Aun cuando en el análisis de las pendientes de la ecuación del  $TS_{ex-situ}$  respecto a la  $TS_{in-situ}$  se rechaza la hipótesis de igualdad de pendientes, se visualiza que los datos son complementarios y sugieren continuidad extendiéndose hacia tallas mayores que las registradas con las mediciones in situ. El



rechazo de la hipótesis se debió a que el rango de tallas fue estrecho y los TS se ubicaron en un sector de asíntota en que hay poca variación, la complementariedad de los resultados sugieren que se puede aceptar la ecuación conjunta in situ y ex situ.

En general los resultados de los b20 informados para los engráulidos en 38 khz en distintas latitudes (Tabla 49) presentan variaciones que superan los 15 dB, con un mínimo de -81.2 dB para anchoveta (*E. ringens*) en Perú (Gutiérrez, 2014) y un máximo de -65.8 dB para *E. japonicus* (Kang et al, 2009). El resultado alcanzado en el presente estudio (-73.3 dB) se encuentra dentro de este amplio margen, siendo menor en 2.4 dB al informado por Simmonds et al (1998) para la anchoveta en Perú (-70.9 dB). Pero supera en 5.6 dB que el b20 informado por Gutiérrez y Simmonds (1998) (-81.2 dB) y en 7.9 dB respecto al indicado por Gutiérrez (2014) (-78.9 dB), para la misma especie en Perú (Tabla 49). Por otro lado, este resultado fue menor entre 1.4 dB al informado para clupeidos por Foote (1987) (-71.9 dB) y 6.9 dB que los -66.4 dB obtenido por Sobradillo et al (2021) para la anchoa del atlántico con métodos in situ y ex situ. Es importante mencionar que varios autores señalan que la TS puede ser afectado por la condición biológica del pez, como puede ser su estados de madurez sexual, puesto que cuando las gónadas se encuentran inflamadas, presionan a la vejiga gaseosa, reduciendo su volumen principal (Ona, 1990), de allí que las comparaciones entre los b20, deben considerar la condición biológica de los peces.

Una de las preguntas subyacentes a la presente investigación se refería a las posibles diferencias entre ecuaciones de TS-L por Unidad demográfica. Lo análisis estadísticos de las ecuaciones de TS-L para cada pulso, dentro de las UD, permitió demostrar con un 95% de confianza la similitud de las distintas ecuaciones lo que permitió finalmente ajustar una regresión común para todas las D y los pulsos, en la Tabla 49 se entrega el resumen de las ecuaciones de TS-L ajustada para cada UD por frecuencia, indicándose el b20 correspondiente. De allí es posible distinguir que los b20 del método in situ entre las ecuaciones para 38 khz entre las UD tuvieron variaciones de 0.09 dB fluctuando entre 73.26 (RECLAN 34) y 73.35 dB (RECLAN 152) (Tabla 50). Lo anterior permitió ajustar, para el método in situ, una sola ecuación representativa de la anchoveta en toda la costa en el período de descanso reproductivo, siendo el valor de b20 in situ con 38 khz comparable al informado en la misma especie y condición biológica por Castillo et al. (2011) (-73.54 dB) para la zona norte de Chile y Castillo et al. (2014) (-73.48) para la zona centro-sur. Las leves diferencias de las ecuaciones ajustadas actualmente para anchoveta en Chile, respecto a las históricas se encuentran dentro de los rangos normales esperados para este tipo de mediciones, demostrando un importante nivel de robustez en la ecuación ajustada.

Al considera las mediciones ex -situ e in-situ en conjunto, el b20 (73.58), registra una leve variación, acercándose aún más a los valores históricos ajustados por Castillo et al (2011) y Castillo et al (2014).

En el caso de la frecuencia 120 khz, el b20 obtenido en la zona centro-norte (RECLAN34) (-74.26 dB) fue casi 0.5 dB menor a los registrados en la zona norte (RECLAN152) (-73.85 dB) y centro-sur



(RECLAS)(-73.89 dB), diferencia que siendo absolutamente aceptable para estas mediciones, puede haberse debido al escaso número de datos que quedaron después de aplicar los filtros a los datos. En el caso de la jaula, el b20 fue prácticamente igual que la global in situ.

Tabla 49. Resumen de las ecuaciones de TS-L ajustadas por Unidad Demográfica, método y frecuencia

<b>RESUMEN ECUACIONES TS-L</b>									
Frec	UD	Ecuación	R <sup>2</sup>	n	b20	<L> (cm)	Lmin (cm)	Lmax (cm)	
38	RECLAN152	TS=18.173Log(L)-71.438	0.8748	12	-73.35	11.5	7.3	15.8	
	RECLAN34	TS=17.785Log(L)-70.822	0.9986	4	-73.26	12.6	5.4	16.2	
	RECLAS	TS= 23.819 Log(L) -77.415	0.7621	6	-73.33	11.7	10.6	12.8	
	<b>Global (in situ)</b>	<b>TS=18.134 Log(L)-71.352</b>	<b>0.9286</b>	<b>24</b>	<b>-73.34</b>	<b>11.6</b>	<b>5.4</b>	<b>16.2</b>	
	jaula	TS= 11.507 Log (L) -63.831	0.4858	12	-73.99	15.7	12	18	
	<b>in situ +ex situ</b>	<b>TS= 16.809og (L) - 70.023</b>	<b>0.914</b>	<b>36</b>	<b>-73.579</b>	<b>13</b>	<b>5.4</b>	<b>18</b>	
120	RECLAN152	TS=18.229 Log(L)-71.967	0.8554	40	-73.85	11.5	6.5	16.2	
	RECLAN34	TS=20.052 Log(L)-74.318	0.9523	5	-74.26	13.9	10.7	16.2	
	RECLAS	TS = 11.646 Log(L)-64.602	0.762	12	-73.89	12.5	10	16.9	
	<b>Global (in situ)</b>	<b>TS=18.543 Log(L)-72.388</b>	<b>0.868</b>	<b>71</b>	<b>-73.95</b>	<b>11.8</b>	<b>6.5</b>	<b>16.9</b>	
	jaula	TS = 11.802 Log(L)-64.148	0.2638	16	-74.00	15.9	13.5	18.5	
	<b>in situ-ex situ</b>	<b>TS =18.664 Log (L)-72.494</b>	<b>0.88</b>	<b>87</b>	<b>-73.962</b>	<b>12.6</b>	<b>6.5</b>	<b>18.5</b>	

Al comparar las mediciones in situ entre las dos frecuencias, se observa que el b20 (120 khz) es alrededor de 0,6 dB menor que el de 38 khz, diferencia que se reduce a aproximadamente 0.4 dB si se comparan las mediciones en que se incluyeron los resultados con jaula.

Aunque en general, las calibraciones del TS-L se refieren al valor estandarizado a b20, hay algunos autores que informan además, las ecuaciones con los parámetros a y b, por ejemplo, Pyrounaki et al (2016), informa la ecuación TS=19.75 Log (L)-74.78, R<sup>2</sup>=0.61 (4.7-15.9 cm) para Anchovy (E. encrasicolus) en el mar Aegium. En Chile, las ecuaciones para anchoveta disponibles para la zona norte y centro-norte es TS =20.89 Log(L)-74.5448 (Castillo et al., 2011) y para la zona centro-sur TS=18.42 Log(L)-71.7599 (Castillo et al., 2014) (RECLAS). En Argentina, Madirolas et al. (2016) ajustó la ecuación TS=31.9 log (L)-82.4 dB para anchoíta. En la Tabla 50, se presenta una recopilación de las ecuaciones de TS-L de engraulidos en distintas latitudes.



Por otro lado, la incorporación de la profundidad en la ecuación de TS en engraulidos son escasos, por ejemplo (Zhao et al., 2008) informa (\*)  $TS=20 \log(L)-20/3 \log(1+z/10)-67.6$  (Anchoa japonesa, *E. japonicus*) y (Madirolas et al. 2017) (\*\*)  $TS=31.3 \log(L)-4.74 \log(1+z/10)-79.6$  (anchoíta, *E. anchoíta*)

Tabla 50. Valores de b20 de diferentes engraulidos obtenidos con distintos métodos y frecuencias del ecosonda, disponibles en la literatura

Especie	b20	Método	Frec. (Khz)	Tallas (cm)l	Autor
Anchoveta ( <i>E. ringens</i> )	70.9	iaula	38	12.5-18 (L=15.5)	Simmonds et al
Anchoveta ( <i>E. ringens</i> )	78.9	in situ	38	10-16(13)	Gutierrez &
Anchoveta ( <i>E. ringens</i> )	81.2	in situ	38	0-9.4 (5)	Gutierrez, 2014
Anchoveta ( <i>E. ringens</i> )	77.5	iaula	120	12-17 (L=15.1)	Simmonds et al
Anchoveta ( <i>E. ringens</i> )	76.25	in situ	120	9.4-13	Gutierrez, 2014
Anchoveta ( <i>E. ringens</i> )	76.25	in situ	120	10-13 (L=11.3)	Gutierrez &
Anchovy ( <i>E. capensis</i> )	76.1	in situ	38		Barange et al., 1995
Anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	71.6	in situ	38	6-15 (L=10.6)	Zhao et al., 2008
Clupeidos	71.9	varios	38		Foot, 1987
anchovy kilka ( <i>Clupeonella</i> engrauliformis) caspian	75.7			7-12 (11.3)	Parviz, et al (2017)
Japanese anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	65.8	ex situ (anzuelo)	38	4.8-12.2	Kang et al. (2009)
Japanese anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	68.4	ex situ (anzuelo)	120	4.8-12.2	Kang et al. (2009)
Japanese anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	69.1	ex situ	200	4.8-12.2	Kang et al. (2009)
Anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	75.04	In situ	38	4.7-15.9	Pvrounaki et al
Anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	74.65	In situ (fish tracking)	38	4.7-15.9	Pvrounaki et al (2016)
Anchoveta (Norte-centro norte)	73.54	In situ	38	6.5-18.5	Castillo et al (2011) (RECLAN)
Anchoveta (centro-sur)	73.48	In situ	38		Castillo et al (2014) (RECLAS)
Anchoíta ( <i>E. anchoíta</i> )	68.6	In situ	38		Madirolas et al
Anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	66.4	In situ+ex	38	3.5-19.5	Sobradillo et al
Anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	68.7	In situ+ex	120	3.5-19.5	Sobradillo et al
Anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	70.4	In situ+ex	200	3.5-19.5	Sobradillo et al
Japanese anchovy ( <i>E. japonicus</i> )	68.3	In situ acust-photo	70	12.2	Sawada et al (2009)



Aun cuando la ecuaci3n TS-L global, ajustada en el presente estudio, que considera las mediciones in situ y ex situ representa significativamente a los datos, las pendientes disimiles de los datos con jaula, sugieren que en las evaluaciones de biomasa de prospecciones futuras, se utilice el ajuste con los m3todos in-situ exclusivamente.

Los datos de TS *in-situ* obtenidos en el presente estudio, a trav3s, de filtros m3ltiples en Echoview® en la capa principalmente nocturna de dispersi3n para las frecuencias 38 y 120 Khz desde el a3o 2008 a 2021, mostraron una variaci3n negativa con la profundidad.

Se ajust3 una ecuaci3n de TS dependiente de la profundidad a los datos experimentales como lo propuesto por Ona (2003) y Zhao *et al.* (2008) (Ec.1). Se obtuvieron coeficientes de contracci3n  $\gamma_{38kHz} = -0,4199$ ,  $R^2=0,83$ ,  $N=10$  y  $\gamma_{120kHz} = -0,4274$ ,  $R^2 = 0,78$ ,  $N=9$ . Los valores para la frecuencia de 38Khz y 120Khz son comparables a lo propuesto por Madirolas *et al.* (2017), quienes concuerdan con Fassler *et al.* (2009) y Gorska and Ona (2003), y proponen que sus hallazgos para *Engraulis anchoita* ( $\gamma_{38kHz} = -0,474$ ,  $R^2 = 0,74$ ) son m3s cercanos a la tasa de contracci3n de un esferoide con su eje m3s largo mantenido constante ( $\gamma = 0,5$ ), es decir, teniendo en cuenta s3lo la compresi3n transversal de la vejiga natatoria. Existen otros hallazgos, reportados por Zhao *et al.* (2008) para *Engraulis japonicus*, los cuales siguen la hip3tesis "free ballon" de la ley de Boyle ( $\gamma = 2/3$ ).

$$TS(L, \gamma, z) = 20\log_{10}(L) - 10\gamma\log_{10}(1 + z/10) + b_{20,z} \quad (1)$$

La anchoveta es un pez pel3gico, que presenta comportamiento nictimeral t3pico. Los estudios ac3sticos conducidos por IFOP, son realizados principalmente en horas de luz diurna (7 AM - 20 PM) (horario de verano), periodo en que los peces mantienen un estrato de profundidad estable entre los 5 y 30 m de profundidad, mismo rango en el que se realizaron las mediciones informadas en el presente estudio. Por lo tanto, podemos asumir que las ecuaciones ajustadas en el presente caso representan la misma condici3n de distribuci3n y comportamiento de las prospecciones. En base a lo anterior, es posible deducir que los mayores efectos de la correcci3n de la profundidad en la ecuaci3n del TS corresponder3an a los casos en que la prospecci3n se realiza en forma continua d3a - noche.

Sin embargo, la dependencia de la frecuencia en los factores de compresi3n obtenidos en el presente estudio obliga a considerar con mucha precauci3n este factor en la ecuaci3n y aun mas para aplicarlo en las estimaciones de biomasa.

A modo comparativo y en base a las ecuaciones obtenidas:

$$TS_{38KHz}(L, \gamma, z) = 20\log_{10}(L) - 4,199\log_{10}(1 + z/10) - 71,3807$$



$$TS_{120Khz}(L, \gamma, z) = 20 \log_{10}(L) - 4,274 \log_{10}(1 + z/10) - 71,6710$$

Se analiza el efecto en la TS en un pez de 11,7 cm que fluctúa entre 40 m y 10 m de profundidad. De este modo, para 38 KHz y 120KHz, al pasar desde 40 m a 10 m hay un  $\Delta TS = 1,671 \text{ dB}$  (*talla media = 11.7 cm*), que llevado a estimado de biomasa sería un incremento de 46,9% en el estimado.

## 6.2. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones

La caracterización de las agregaciones de anchoveta no difieren de los resultados obtenidos en los análisis realizados en los diferentes cruceros de evaluación hidroacústica desarrollados por IFOP orientados a anchoveta, que dan cuenta de la tendencia nocturna de esta especie de formar agregaciones alargadas, de mediana densidad y cercanas a la superficie, no detectándose diferencias significativas en la morfología, batimetría o valores energéticos de las agregaciones en las tres unidades de stock analizadas, siendo éstas características transversales a la especie independientes de la zona geográfica en que habiten.

Los resultados obtenidos de los ecotrazos de anchoveta pueden ser atribuibles a factores que explicarían su comportamiento, tal como las diferencias en los TS medios entre zonas, que se explicaría por las diferencias en las tallas medias obtenidas de los muestreos en los experimentos, los cuales muestran similar tendencia. Pero hay resultados que ameritan más investigación, tal como los obtenidos en la relación velocidad vs dirección vertical, donde se aprecia que las mayores velocidades se observan en ejemplares que nadan horizontalmente, siendo menores las velocidades cuando aumenta la dirección vertical de nado (hacia arriba o hacia abajo), lo que se refleja claramente en la Figura 51, donde a medida que la velocidad aumenta, la inclinación de nado tiende a disminuir, apreciándose que a velocidades por sobre los 3 m/s la inclinación de nado es prácticamente horizontal.

Es conocida la migración nictimeral de esta especie, donde en ambiente nocturno tiende a acercarse a la superficie para alimentarse de plancton, por lo que, los movimientos de natación nocturnos podríamos asociarlos con la alimentación y escape de predadores.

Estudios realizados en nataciones verticales en otras especies han observado la misma disminución en la velocidad de natación cuando el ejemplar nada hacia arriba o hacia abajo. Shi *et al.* (2017) realizaron experimentos sobre la cinética de natación y el comportamiento del lojo (*Misgurnus anguillicaudatus*), mostrando que la velocidad de nado horizontal era significativamente mayor que la velocidad de nado al ascender o descender de la superficie del agua (para tragar aire). Al igual que el caso nuestro, las velocidades de nado vertical durante el ascenso o el descenso fueron similares. Los autores desconocen la razón de la alta velocidad de nado en el plano horizontal. Se plantea la



posibilidad de que la velocidad vertical sea más lenta para evitar saltar fuera del agua y exponerse a los depredadores aéreos. Otra posibilidad es que la velocidad de nado más lenta tenga que ver con los límites de la capacidad de nado o del uso de los músculos aeróbicos y anaeróbicos.

Lo que se debe tener en consideración es que los comportamientos de las especies están ligados principalmente a la alimentación y reproducción, por ejemplo en el caso de los elasmobranquios, Nakamura *et al.* (2011) investigaron el desplazamiento yo-yo en tiburones tigre (*Galeocerdo cuvier*) para comprobar si sus movimientos verticales son más consistentes con la conservación de energía o la búsqueda de presas, observando además que las velocidades de natación fueron más bajas durante el ascenso que durante el descenso, lo cual era coherente con la boyantes negativa de los tiburones, concluyendo finalmente que el movimiento yo-yo se relacionaba con la búsqueda de presas.

En el caso de anchoveta los movimientos verticales de natación debiesen estar asociados a la alimentación, dado que, si la mayor velocidad la logra en sentido horizontal, para escapar de predadores nadará de preferencia horizontalmente; la incógnita es la disminución en la velocidad de natación vertical. Además de lo propuesto por Shi *et al.* (2017), podríamos agregar el requerimiento de aumentar o disminuir la vejiga natatoria en estos movimientos verticales, acción que no debe realizar cuando nada horizontalmente.

La Figura 52 muestra que en los ecotrazos de la zona norte (Reclan12) las inclinaciones máximas de nado hacia arriba (Dirección vertical) no superen los 30°, a diferencia de las zonas más al sur (Reclan34 y Reclas) donde el rango es más amplio. También en la zona norte los ecotrazos se distribuyeron a mayor profundidad que las otras zonas (Fig. 53), pudiendo estar relacionados ambos resultados, existiendo quizás una mínima de oxígeno más profunda en la zona norte que impida el acceso a capas superiores de los ejemplares de anchoveta.

También la Figura 52 refleja que en los experimentos de la zona centro-norte (Reclan34) el rango de velocidad fue más limitado que en las otras zonas, con una velocidad máxima detectada de 2,5 m/s, casi la mitad de las velocidades máximas observadas en las otras zonas. Estudios de la influencia de la temperatura del agua, velocidad del flujo y las interacciones de la turbulencia en el rendimiento de la natación de dos peces lénticos, no nativos del Reino Unido, realizados por Muhawenimana *et al.* (2021) determinaron que la temperatura superaba los efectos de la velocidad del flujo y la turbulencia en el rendimiento de natación de estas dos especies, con un rendimiento de natación que aumentó a temperaturas elevadas. Situación que podría descartarse en el caso chileno, dado que las mayores temperaturas se dan en gradiente norte-sur, por lo que las mayores velocidades debiesen darse al norte (Reclan12) y las menores velocidades en la zona sur (proyectos Reclas) cosa que no ocurre. No obstante, falta información en los experimentos realizados en este estudio para poder inferir algún tipo de influencia externa.



**6.3.** Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco.

La disección de ejemplares de anchoveta permitió identificar claramente la forma y posición que ocupa la vejiga natatoria en la cavidad abdominal respecto a los otros órganos internos. Esto permitió detectar la presencia de dos cámaras unidas por un esfínter en la vejiga natatoria de anchoveta, donde la cámara anterior presenta dos canales conectados al sistema auditivo mientras que la cámara posterior se conecta al exterior a través de la cloaca, lo que coincide con lo descrito por Madirolas et al. (2016) para la especie *Engraulis anchoita*. Después de analizar más de 130 ejemplares de anchoveta en laboratorio y 16 por exámenes de imagenología, no fue posible identificar el ducto neumático que conecta la cámara posterior con el esófago de anchoveta que se describe en el artículo precitado; no obstante, se reconoce la existencia del ducto neumático que conecta la vejiga natatoria con el esófago, ubicada más cerca de la cabeza del pez, y la presencia de dos cámaras de la vejiga natatoria de anchoveta, característica más anatómica que funcional (C. Oyarzún com pers.).

No se observaron diferencias entre unidades demográficas al relacionar factores tales como: longitud de la vejiga, volumen corporal, volumen del estómago, volumen de la vejiga natatoria, ángulo de inclinación de la vejiga respecto al eje longitudinal del pez, etc. Solo se detectó una diferencia en la relación entre el volumen corporal y el volumen de la gónada de anchoveta en la UD III-IV respecto a las otras dos UD, esto se puede justificar porque las anchovetas analizadas provenientes de esa UD demográfica estaban en su mayoría en una condición reproductiva H2, mientras que en las otras dos UD las condiciones reproductivas más observadas fueron H3 y H4. Así mismo, al analizar las relaciones y el efecto que producen factores como el tamaño de la gónada o el estómago sobre la vejiga natatoria, se determinó que ambas tienen un efecto directo en la vejiga natatoria, ya que a medida que aumenta el tamaño del estómago o la gónada, éstas presionan y deforman la vejiga natatoria provocando una disminución en su volumen y por lo tanto una variación en su fuerza de blanco, considerando que la vejiga natatoria puede contribuir con el 90 a 95% de la energía acústica retrodispersada (Foote, 1980). En este caso la gónada es la que produce una mayor variación en el volumen de la vejiga, sin embargo, se descubrió que el estómago además de deformar la vejiga, retiene aire cuando se encuentra vacía, produciendo un efecto de boyantes positiva, que lo transformaría en un dispersante acústico al cual no se logró medir su magnitud en el presente estudio.

El análisis de imagenología resultó una excelente herramienta para, en conjunto con las disecciones en laboratorio, identificar y estimar las dimensiones de los órganos internos que podrían incidir en la TS de anchoveta, esta técnica se ha utilizado para analizar entre otras cosas, el efecto que tiene la diferencia de presión en la vejiga natatoria (Fassler *et al.*, 2009), para medir el efecto de la gónada sobre la vejiga natatoria (Jorgensen, 2003), relacionar la morfología de la vejiga natatoria con las habilidades auditivas de los peces (Schulz-Mirbach *et al.*, 2012) y caracterizar la morfología estructural



de la vejiga para determinar la TS ex situ de una especie a través de modelos (Machias y Tsimenides, 1995; Madirolas *et al.*, 2016; Ona, 1990). En este caso en particular, esta técnica se utilizó para caracterizar la vejiga natatoria de anchoveta e identificar y dimensionar los factores que podrían influir en la fuerza de blanco, con el fin de estimar la importancia relativa de estos factores. Como resultados se identificaron y jerarquizaron cinco factores según su importancia relativa, los cuales se nombran a continuación en orden descendente, desde el que produce una mayor variabilidad en la TS hasta el que produce una menor variabilidad:

1. Vejiga natatoria.
2. Cuerpo del pez.
3. Gónada.
4. Estómago.
5. Ángulo de la vejiga natatoria.

Estos resultados son coincidentes en parte con lo reportado por Hazen y Horne (2003), donde la vejiga presentaba la mayor variabilidad en la TS, seguida por la longitud, el ángulo, la profundidad, gónada y estómago respectivamente. En nuestro caso, el ángulo se encuentra categorizado en la última posición debido a que evaluamos solamente la diferencia entre los ángulos descritos respecto al eje longitudinal del pez y no la inclinación que podría tener el pez al subir o bajar en la columna de agua durante la natación. Así mismo, en este estudio no medimos la variabilidad que produce la presión con respecto a la profundidad del pez a medida que esta baja en la columna de agua; sin embargo, este factor ha sido medido por Mukai y Lida (1996) estimando que a los 35 metros de profundidad se produce una diferencia de 5 dB en la energía acústica retrodispersada. Por otro lado, Fassler y colaboradores (2009) midieron la relación entre el volumen de la vejiga natatoria a distintas presiones de *Clupea harengus*, desde 1 a 7 bar, concluyendo que la diferencia entre los volúmenes de la vejiga natatoria a la presión más baja observada al inicio y al final del experimento fue insignificante (2-5%), evidenciando que la compresión de la vejiga natatoria con la profundidad no es isométrica, esto es, la superficie de la sección transversal se contrae más lentamente que el volumen. Dado que la TS depende de una serie de factores (Simmonds y MacLennan, 2005), es difícil estimar la compresión de la vejiga natatoria indirectamente a partir de mediciones de TS *in situ*.



## 7. TALLERES

---

- El 22 de octubre de 2020 se realizó vía MEET el taller de coordinación con los sectorialistas de la SUBPESCA y del FIPA según lo establecen las bases del concurso (Anexo 3)
- El 29 de enero de 2021 se realizó via la plataforma MEET el taller de presentación del proyecto a usuarios (Anexo 4),
- El 19 de enero del 2022 se realizó el Taller de Difusión de los resultados, se invitaron a los profesionales de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura encargados de las pesquerías de pequeños pelágicos; a los integrantes de los Comité de Manejo de anchoveta y sardina española norte, centro norte y centro-sur y a los integrantes del Comité Científico de Pequeños Pelágicos, en el Anexo 6 se presentan los resultados de este Taller. En este Taller participó el consultor Español Dr Guillermo Boyra Eizaguirre del AZTI-España, quien asesoró al equipo de trabajo y evaluó los resultados alcanzados.



## 8. CONCLUSIONES

---

- Las ecuaciones de TS/L fueron similares entre Unidades demográficas para 38 y 120 khz.
- Las TS in situ fueron medidas en periodos de descanso reproductivo, por lo que las gónadas tuvieron poco o nulo efecto en la intensidad de los ecos.
- La ecuación de TS *in situ* global para las tres UD para 38 y 120 khz fue:  
$$\text{TS in situ (38 khz)} = 18.134 \text{ Log (L)} - 71.352 \text{ (r}^2=0.93; \text{ n}=24 \text{ p}<0.05); \text{ el } b_{20} = -73.34 \text{ dB}$$
$$\text{TS in situ (120 khz)} = 18.543 \text{ Log (L)} - 72.388 \text{ (R}^2= 0.87; \text{ n}=71 \text{ p}<0.0; \text{ b}_{20}=-73.95$$
- La ecuación global TS *in situ*+*ex situ* para 38 y 120 khz fue:  
$$\text{TS}_{\text{is+es}} \text{ (38 khz)} = 16.809 \text{ Log (L)} - 70.0233; \text{ R}^2=0.91; \text{ n}= 36 \text{ p}=0.0$$
$$\text{TS}_{\text{is+es}} \text{ (120 khz)} = 18.6649 \text{ Log (L)} - 72.4941; \text{ R}^2=0.88; \text{ n}= 87, \text{ p}=0.0$$
- Se recomienda que se use la ecuación ajustada con métodos *in situ* para las evaluaciones de la biomasa mediante equipos acústicos.
- Las agregaciones de anchoveta en que se realizaron los experimentos de TS, no presentan diferencias significativas entre las tres unidades de stock analizadas, conformando en ambiente nocturno agregaciones alargadas, de mediana densidad y cercanas a la superficie.
- La vejiga natatoria de anchoveta se ubica en la porción superior de la cavidad abdominal, pegada a la espina dorsal con un ángulo de 8,02 grados ( $\pm 0,22$ ) respecto a la misma, extendiéndose desde la cabeza hasta la cloaca, ocupando aproximadamente 1/3 del largo total del pez. Presenta una especie de membrana (esfínter) que la divide en dos, lo que hace suponer una bicameralidad de la vejiga, lo cual es solo una característica anatómica y no funcional.
- No se observaron diferencias entre unidades demográficas al relacionar factores morfométricos, excepto en la relación entre el volumen corporal y el volumen de la vejiga en la UD III-IV respecto a las otras UD, esta diferencia se produjo probablemente porque las anchovetas provenientes de esa UD se encontraban en su mayoría en estado reproductivo 2, mientras que en las otras dos UD las condiciones reproductivas más observadas fueron 3 y 4.
- Se observó una relación directa entre el tamaño del pez y el volumen de la vejiga natatoria. Además, se determinó que el tamaño de la gónada y el estómago tienen directa relación con la vejiga natatoria, ya que, al aumentar su volumen, presionan y deforman la vejiga, haciendo disminuir su volumen. En este caso la gónada es la que produce una mayor variación en el volumen de la vejiga; sin embargo, se determinó que el estómago además de deformar la vejiga, retiene aire cuando se encuentra vacía, produciendo un efecto de boyantes positiva.



- Al analizar las imágenes obtenidas por resonancia magnética se obtuvo una baja resolución sobre todo en el eje transversal (vista axial) y en la vista coronal (mirado desde arriba), comparado con un ejemplar examinado con TAC, que claramente muestra una mayor resolución en todas las vistas analizadas (axial, coronal y sagital). El análisis de las imágenes obtenidos por TAC resultó ser una excelente herramienta para identificar, reconstruir en 3D y medir el volumen del cuerpo del pez, el volumen del estómago y el volumen de la vejiga natatoria. Además, a través de esta técnica se logran identificar otros órganos como el intestino, ver la interacción que se produce entre los mismos y los efectos que estos pueden tener sobre la vejiga natatoria.
- Los estómagos de anchoveta presentaron un volumen promedio de  $0,5 \pm 0,3$  ml, correspondiendo al 4,9% del volumen corporal total. El promedio de volumen más bajo se reportó para la región central ( $0,3 \pm 0,1$  ml). La segregación por tallas mostró mayores volúmenes estomacales en ejemplares adultos ( $0,6 \pm 0,3$  ml). La relación entre el volumen corporal y el volumen del estómago (%), arroja promedios más altos en la zona norte ( $6,7\% \pm 3,2$ ), al contrario de la zona sur ( $3,2 \pm 1,3$ ) ya que esta zona está dominada por ejemplares adultos principalmente.
- El grado de llenado estomacal mostró una menor frecuencia de estómagos vacíos (11%), encontrándose la mayoría semi-vacíos (47,2%). La zona norte muestra el menor porcentaje de estómagos vacíos (8,1%) y la zona centro el mayor porcentaje (17,2%). En todas las zonas se observa que la mayoría de los estómagos están en la clasificación de semi-vacío, siendo la zona sur quien tiene mayor porcentaje (60%). El Índice de Importancia Relativa (IIR%) muestra los copépodos pequeños como la presa de mayor importancia relativa (IIR%= 41,2%), seguido de copépodos medios (14%), copépodos grandes (12,2%) y eufáusidos (12,2%), el meroplancton no supera el 6% de IIR%.
- Finalmente, se identificaron y jerarquizaron cinco factores según su importancia relativa, los cuales se nombran a continuación en orden descendente, desde el que produce una mayor variabilidad en la TS hasta el que produce una menor variabilidad: 1) Vejiga natatoria, 2) Cuerpo del pez, 3) Gónada, 4) Estómago y 5) Ángulo de la vejiga natatoria.



## 9. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

---

- Alamo, A., P. Espinoza, P. Zubiarte E I. Navarro. 1997. Comportamiento alimentario de la anchoveta peruana, *Engraulis ringens*, durante el invierno de 1996, crucero Bic Humbolt 9609-09. Inf. Instituto mar Perú N° 123:38-46 (a)
- Arrizaga, A., Fuentealba, M., Espinoza, C., Chong, J., Oyarzún, C., 1993. Hábitos tróficos de dos especies de peces pelágicos: *Strangomera bentincki* (Norman, 1936) y *Engraulis ringens* (Jenyns, 1842) en el litoral de la región del Biobío, Chile. Bol. Soc. Biol. Concepción, Chile 64, 27-35.
- Barange, M., Hampton, I., & Soule, M. (1996). Empirical determination of *in situ* target strengths of three loosely aggregated pelagic fish species. *ICES Journal of Marine Science*, 53(2), 225–232.
- Barros, M. 2007. Modelación ecotrófica del ecosistema de surgencia del norte de Chile (18°20'S-24°00'S) y simulación de la alternancia entre Anchoveta (*Engraulis ringens*) y Sardina (*Sardinops sagax*). Tesis de Magister en Ciencia Mención Pesquería. Departamento de Oceanografía. Universidad de Concepción.
- Berg, J. 1979. Discussion of methods of investigating the food of fishes with reference to a preliminary study of the prey of *Gobiusculus flavescens* (Gobiidae). *Mar. Biol.*, 50(3): 263-273
- Blaxter, J.H.S. & Tytler, P., 1978. Physiology and function of the swimbladder. *Advances in Comparative Physiology and Biochemistry*, 7, 311–367.
- Bloom, S.A. 1981. Similarity indices in community studies: potential pitfalls. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 5: 125-128.
- Castillo, J. A. Saavedra, F. Leiva, H. Reyes, M. Pizarro, V. Catasti, C. Lang, B. Leiva, F. Cerna, A. López y L. Herrera. (2011). Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta entre la XV, I y II Regiones, año 2011. Informe Final. FIP 2010-13. 250 pp + Figuras, Tablas y Anexos.
- Castillo, J., A. Saavedra, M. Espejo, J. Córdova, P. Gálvez & M.A: Barbieri. 2003. Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur, año-2002. Fondo de Investigación Pesquera.**
- Clay CS, Horne JK (1994). Acoustic models of fish: The Atlantic cod (*Gadus morhua*). *J Acoust Soc Am* 96: 1661–1668
- Cubillos, L., Nuñez, S., Ruiz, P., Véjar, F., Oliva, J., Claramunt, G., Herrera, G., Pizarro, P., Muñoz, Y., Díaz, E., Oyarzún, C., Valero, C., Daza, E., Leal, E., Castro, L., Veas, R., Rebolledo,



- H., Pino, C., Ruiz, P., Sepúlveda, A., Alarcón, C. 2003. Evaluación del stock desovante de anchoveta y sardina común entre la V y X Región, año 2002. Informe Final FIP 2002-14, 127 p.
- Demer, D. A., Andersen, L. N., Basset, C., Berger, L., Chu, D., Condiotty, J., ... Thompson, C. H. (2017). *Evaluation of a wideband echosounder for fisheries and marine ecosystem science*. ICES Cooperative Research Report (p. 69).
- Doray, M., Berger, L., Le Bouffant, N., Coail, J. Y., Vacherot, J. P., De La Bernardie, X., ... Petitgas, P. (2016). A method for controlled target strength measurements of pelagic fish, with application to European anchovy (*Engraulis encrasicolus*). In *ICES Journal of Marine Science* (Vol. 73, pp. 1987–1997). Oxford University Press.
- Espinoza, P. & A. Bertrand. 2008. Revisiting Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) trophodynamics provides a new vision of the Humboldt Current system. *Progress in Oceanography*. 79: 215–227
- Espinoza. P, & V. Blaskovic. 2000. Cambios en la dieta de la anchoveta *Engraulis ringens* y su influencia en la dinámica de alimentación. *Bol. Inst. Mar Peru* 19(1-2): 21-27.
- Fassler, S.M., Fernandez, P.G., Semple, S.I.K and A.S. Brierley. 2009. **Depth-dependent swimbladder compression in herring *Clupea harengus* observed using magnetic resonance imaging. *Journal of Fish Biology* (2009) 74, 296–303**
- Fischer, Z. 1967. Food consumption and food preference in larvae of *Lestesspona* (L.) astatic water environment *Pol. ArchsHydrobid.*, 14(27):59-71.
- Foot, K. G. (1980). Importance of the swimbladder in acoustic scattering by fish: A comparison of gadoid and mackerel target strengths. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67(6), 2084–2089.
- Foot, K. G. (1985). Rather-high-frequency sound scattering by swimbladdered fish. *Journal of the Acoustical Society of America*, 78(2), 688–700.
- Foot, K. G. (1991). Summary of methods for determining fish target strength at ultrasonic frequencies. *ICES Journal of Marine Science*, 48(2), 211–217.
- Furusawa, M., & Amakasu, K. (2010). The analysis of echotrace obtained by a split-beam echosounder to observe the tilt-angle dependence of fish target strength *in situ*. *ICES Journal of Marine Science*, 67(2), 215–230.
- Gauthier, S., & Rose, G. A. (2001). Diagnostic tools for unbiased *in situ* target strength estimation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58(11), 2149–2155.



- Gorska N. & E. Ona. 2003. Modelling the acoustic effect of swimbladder compression in herring. *ICES J. Mar. Sci.* 60: 548-554.
- Gutiérrez, M. 2002. Determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de las principales especies del Mar Peruano. Tesis. Universidad Nacional Federico Villarreal. 81pp.
- Hazen, E. L. & J. K. Horne. 2003. A method for evaluating the effects of biological factors on fish target-strength. *ICES J. of Mar. Sci.* 60: 555-562.
- Henderson, M. J., Horne, J. K., and Towler, R. H. 2007. The influence of beam position and swimming direction on fish target strength. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 226–237.
- Holliday, D. V., & Pieper, R. E. (1995). Bioacoustical oceanography at high frequencies. *ICES Journal of Marine Science*, 52(3–4), 279–296.
- Hyslop, E. J. 1980. Stomach contents analysis. A review of methods and their application. *J. Fish. Biol.* 17:411-429.
- ICES 2001. Report of the Study Group on Target Strength Estimation in the Baltic Sea Seattle, ICES CM 2001/B:02, USA 22-23 April 2001.
- ICES 2003. Report of the Study Group on Target Strength Estimation in the Baltic Sea Bergen, Norway ICES CM 2003/B:05, 17-18 June 2003.
- ICES, 1999. Methodology for target strength measurements (with special references *in situ* techniques for fish and mikronekton). ICES Coop. Res. Rep.235.
- Jørgensen, R. (2003). The effects of swimbladder size, condition and gonads on the acoustic target strength of mature capelin. *ICES Journal of Marine Science*, 60(5), 1056–1062.
- Kang, D., Cho, S., Lee, C., Myoung, J. G., & Na, J. (2009). *Ex situ* target-strength measurements of Japanese anchovy (*Engraulis japonicus*) in the coastal Northwest Pacific. In *ICES Journal of Marine Science* (Vol. 66, pp. 1219–1224).
- Kloser R.J. & J.K. Horne 2003. Characterizing uncertainty in target-strength measurements of a deepwater fish: orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*). *Journal of Marine Sciences* 60: 516-523. In: Kloser, R. 1996. Deeply towed transducer improves precision of acoustic surveys of benthopelagic fish. *ICES J. Mar. Sci.* 53:407-413.
- Kloser, R., A. Williams and J. Koslow 1997. Problems with acoustic target strength measurements of a deepwater fish, orange roughy (*Hoplostethus atlanticus*, Collett). *ICES Journal of Marine Science*, 54:60-71.
- Lavery, A. C., Bassett, C., Lawson, G. L., & Jech, J. M. (2017). Exploiting signal processing approaches for Broadband echosounders. *ICES Journal of Marine Science*, 74(8), 2262–2275.



- Legua, J., R., Vargas. 2020. Estimación hidroacústica de la biomasa y abundancia de merluza del Sur. En: Evaluación del stock desovante de merluza del sur, merluza de cola y merluza de tres aletas en las aguas exteriores entre las regiones de los Lagos y de Magallanes y la Antártica chilena, año 2019. Informe Final. Convenio de Desempeño 2019 IFOP y Subsecretaría de Economía y EMT. Valparaíso-Chile.
- Levinton, J. 1982. Marine ecology. Prentice Hall Inc., Englewood, Cliffs.USA, 526 pp.
- Lillo, S., R. Bahamonde, C. Cancino, J. Saavedra, F. Flores & A. Saavedra. 2007. Estimaciones *in situ* de fuerza de blanco de merluza de tres aletas. Informe Final Proyecto FIP 2005-29: 111 pp.
- Lillo, S., M., Barbieri, M., Espejo, J., Castillo, H., Miranda. 2005. Estimaciones in situ de la fuerza de blanco (TS) de merluza del sur y merluza de cola. Inf. Final FIP 2003-24. IFOP, Valparaíso-Chile.
- Machias A, Tsimenidis N. 1995. Biological factors affecting the swimbladder volume of sardine (*Sardina pilchardus*). Marine Biology 123:859–867
- MacLennan D and Menz A. 1996. Interpretation of *in situ* target-strength data. *ICES Journal of Marine Science* (1996) 53(2) 233-236
- MacLennan, D. N., & Simmonds, E. J. (1992). *Fisheries Acoustics*. Fisheries Acoustics. Springer Netherlands.
- MacLennan, D. N., Fernandes, P. G. y Dalen, J. (2002). A consistent approach to definitions and symbols in fisheries acoustics. *ICES Journal of Marine Science*, 59: 365–369.
- MacLennan, D., M. Gutiérrez, R. Castillo, F. Ganoza, A. Aliaga, L. Escudero, A. Gonzalez y X. Chalén. 1998. Fuerza de blanco de anchoveta (*Engraulis ringens*) utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. En: Inf. Inst. Mar Perú n° 133, 1998. pp15-25.
- Madirolas, A., Membiela, F. A., Gonzalez, J. D., Cabreira, A. G., Dell'Erba, M., Prario, I. S., & Blanc, S. (2017). Acoustic target strength (TS) of argentine anchovy (*Engraulis anchoita*): The nighttime scattering layer. *ICES Journal of Marine Science*, 74(5), 1408–1420, doi:10.1093/icesjms/fsw185.**
- McClatchie, S., Alsop, J., Ye, Z., & Coombs, R. F. (1996). Consequence of swimbladder model choice and fish orientation to target strength of three New Zealand fish species. *ICES Journal of Marine Science*, 53(5), 847–862.



- McQuinn, I.H., and Winger, P. D. 2003. Tilt angle and target strength: target tracking of Atlantic cod (*Gadus morhua*) during trawling. - ICES J. of Mar. Sci. 60:575-583.
- Medina, M. & L. Herrera. 2011. Componentes tróficos planctónicos de la dieta de *Engraulis ringens*. En: Castillo *et al.* (2011). Informe Final Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta en la XV, I y II Regiones, Año 2010.
- Misund, O. A. (1997). Underwater acoustics in marine fisheries and fisheries research. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 7(1), 1–34.
- Morote, E., M.P. Olivar, F. Villate & I. Uriarte. 2010. A comparison of anchovy (*Engraulis encrasicolus*) and sardine (*Sardina pilchardus*) larvae feeding in the northwest Mediterranean: influence of prey availability and ontogeny. ICES J. Mar. Sci., 67(5): 897-908.
- Muhawenimana, V, Thomas J.R, Wilson CAME, Nefjodova J, Chapman A, Williams F, Davies D, Griffiths s. and J. Cable. 2021. Temperature surpasses the effects of velocity and turbulence on swimming performance of two invasive non-native fish species. R Soc Open Sci. 2021 Feb; 8(2): 201516. Published online February 24, 2021. doi: 10.1098/rsos.201516
- Mukai, T., & Iida, K. 1996. Depth dependence of target strength of live kokanee salmon in accordance with Boyle's law. ICES Journal of Marine Science, 53: 245–248.**
- Murase, H., Kawabata, A., Kubota, H., Nakagami, M., Amakasu, K., Abe, K., ... Oozeki, Y. (2011). Effect of depth-dependent target strength on biomass estimation of Japanese anchovy. In *Journal of Marine Science and Technology* (Vol. 19, pp. 267–272).
- Nakamura, Itsumi & Watanabe, Yuuki & Papastamatiou, Yannis & Sato, Katsufumi & Meyer, Carl. (2011). Yo-yo vertical movements suggest a foraging strategy for tiger sharks *Galeocerdo cuvier*. *Marine Ecology Progress Series*. 424. 237-246. 10.3354/meps08980.
- Nakken, O., & Olsen, K. (1977). Target strength measurements of fish. *Ices*, 52–69.
- Neira S., H. Arancibia, L. Cubillos. 2004. Comparative analysis of trophic structure of commercial fishery species off Central Chile in 1992 and 1998. *Ecological Modelling* .172: 233–248.
- Nero R, Thompson C, Jech J. 2004. *In situ* acoustic estimates of the swimbladder volume of Atlantic herring (*Clupea harengus*). ICES Journal of Marine Science 61:323–337.
- Niklitschek, E., C., Garcés, P. Toledo. 2015. Proyecto FIPA 2015-22. Determinación de Unidades Poblacionales de Anchoveta (*Engraulis ringens*) en Chile. Universidad de Los Lagos. Centro i-mar. 234 pp.



- Niklitschek, E., D. Boyer, A. Lafon, M. Soule, J. Cornejo, I. Hampton, E. Hernández, R. Merino, P. Toledo, L. Castro, G. Aedo & M.G. Nascimento. 2007. Evaluación hidroacústica y TS de alfonsino y orange roughy. Informe Final Proyecto FIP 2005-13: 276 pp.
- Núñez, S., J. Silva, R. Luna & S. Vásquez. 2018. Caracterización del comportamiento trófico. En: Informe Final Proyecto Evaluación hidroacústica reclutamiento anchoveta y sardina común V a X Regiones, 2018. Instituto de Fomento Pesquero.
- Núñez, S., S. Vásquez & L. Valenzuela & J. Silva. 2014. Caracterización del comportamiento trófico. En: Informe Final Proyecto Evaluación hidroacústica reclutamiento anchoveta y sardina común V a X Regiones, 2013. Instituto de Fomento Pesquero.
- Ona, E (ed).1999. Methodology for Target Strength Measurements. ICES COOPERATIVE RESEARCH REPORT No 235.
- Ona, E. (1990). Physiological factors causing natural variations in acoustic target strength of fish. *Journal of Marine Biological Association of the United Kingdom* 70: 107-127. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 70. 107 - 127.
- Ona, E. (2003). An expanded target-strength relationship for herring. In *ICES Journal of Marine Science* (Vol. 60, pp. 493–499). Academic Press.
- Rasero, M., A. F. González & A. Guerra. 1995. Spawning pattern and fecundity of the ommastrephid squid *Todaropsis eblanae* in Northeastern Atlantic waters. *ICES C. M.* 1994/K:9: 14 pp + 7 figs
- Rebolledo, H. L. Cubillos & L. Bustos. 2003. Alimentación de sardina común y anchoveta. En: Informe Final Proyecto FIP 2002-13 Evaluación hidroacústica del reclutamiento de anchoveta y sardina común en la zona centro-sur. Año 2002. 105 págs. + Anexo de Figuras.
- Rencher, A. 1995. *Methods of multivariate analysis*. New York: Wiley. 627 pp.
- Robertson GN, Lindsey BW, Dumbarton TC, Croll RP, Smith FM. 2008. The contribution of the swimbladder to buoyancy in the adult Zebrafish (*Danio rerio*): a morphometric analysis. *Journal of Morphology* 269:666–673.
- Rojas de Mendiola, B. 1989. Stomach contents of anchoveta (*Engraulis ringens*), 1953-1974. In: *The Peruvian upwelling ecosystem, dynamics and interactions*. Pauly, D., P. Muck, J. Mendo & Tsukayama (Eds.). ICLARM Conference in proceeding. 18, 97-104.
- Sawada, K., Furusawa, M., and Williamson, N. J. 1993. Conditions for the precise measurement of fish target strength *in situ*. *Journal of the Marine Acoustics Society of Japan*, 20: 15-79.
- Sawada, K., Takahashi, H., Abe, K., Ichii, T., Watanabe, K., & Takao, Y. (2009). Target-strength, length, and tilt-angle measurements of Pacific saury (*Cololabis saira*) and Japanese



- anchovy (*Engraulis japonicus*) using an acoustic-optical system. In *ICES Journal of Marine Science* (Vol. 66, pp. 1212–1218).
- Scalabrin, C. 1997. Identificación acústica des espécies pélagicas á partir d'atributos discriminants des bancs de poissons monospécifiques. Thèse de Doctorat en Océanographie Biologique de l'Université de Bretagne Occidentale, 244 pp.
- Schulz-Mirbach T, Metscher B, Ladich F (2012). Relationship between Swim Bladder Morphology and Hearing Abilities—A Case Study on Asian and African Cichlids. PLoS ONE 7(8): e42292. doi:10.1371/journal.pone.0042292**
- Shi, Xuhao & Zhao, S & Ding, C & Jiang, W & Kynard, B. & Liu, Liu & Niu, S & Liu, D. (2017). Comparison of vertical and horizontal swimming behaviour of the weather loach *Misgurnus anguillicaudatus*. *Journal of fish biology*. 91. 10.1111/jfb.13342.
- Simmonds, E. J. & MacLennan, D. N. (2005). Fisheries Acoustics: Theory and Practice, 2nd edn. Oxford: Blackwell Publishing.**
- Soule, M., Hampton, I., and Barange, M. 1996. Potential improvements to current methods of recognizing single targets with a split-beam echosounder. *ICES Journal of Marine Science*, 52: 237-243
- Stahl, W. R. 1962. Similarity and dimensional methods in biology. Science, 137: 205–212.**
- Stanton, T. K., Reeder, D. B., and Jech, J. M. 2003. Inferring fish orientation from broadband-acoustic echoes. *ICES J. of Mar. Sci.*, 60:524-531.
- Torres, G.A., Guzmán, F.O & J. Castillo. 1984. La vejiga gaseosa como órgano resonante y su influencia en la intensidad sónica. Invest. Pesq. (1984) 31: 81-88.**
- Vabo, R., Olsen, K., and Huse, I. 2002. The effect of vessel avoidance of wintering Norwegian spring-spawning herring. *Fish. Res.* 58:59-77.
- Zhang, B., Zhao, X., & Dai, F. (2011). Monthly variation in the fat content of anchovy (*Engraulis japonicus*) in the Yellow Sea: Implications for acoustic abundance estimation. *Chinese Journal of Oceanology and Limnology*, 29(3), 556–563.
- Zhao, X., Wang, Y., & Dai, F. (2008). Depth-dependent target strength of anchovy (*Engraulis japonicus*) measured *in situ*. *ICES Journal of Marine Science*, 65(6), 882–888.



## 10. COMPOSICIÓN Y ORGANIZACIÓN DEL EQUIPO DE TRABAJO

### INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO-IFOP

Nombre	Profesión	Institución	Función
Jorge Castillo	Ingeniero Pesquero	IFOP	Jefe de Proyecto, coordinación general, embarcado mediciones <i>ex situ</i>
Alvaro Saavedra	Ingeniero Pesquero	IFOP	Investigador, procesamiento, análisis e informe estimación TS <i>in situ</i>
Carolina Lang	Ingeniero Pesquero	IFOP	Investigador, diseño experimental, análisis e informe estimación TS <i>in situ ex situ</i>
Francisco Leiva	Ingeniero Pesquero	IFOP	Investigador, procesamiento, análisis e informe estimación TS <i>in situ</i>
Jairo Gutierrez	Ingeniero Físico	IFOP	Investigador, procesamiento, análisis e informe estimación TS <i>in situ</i>
Javier legua	Ingeniero Pesquero	IFOP	Investigador, procesamiento, análisis e informe estimación TS <i>ex situ</i>
Juan Carlos Saavedra	Ingeniero Estadístico	IFOP	Investigador, diseño experimental, análisis, cálculo de varianzas e informe estimación TS <i>in situ ex situ</i>
Manuel Rojas	Tecnólogo	IFOP	Tecnólogo, recolección datos embarcado en experimento TS <i>ex situ</i>
Adrian Ibieta	Tecnólogo	IFOP	Tecnólogo, recolección datos embarcado en experimento TS <i>ex situ</i>
Luis La Cruz	Ingeniero		Asesoría en el procesamiento y análisis de datos banda ancha



INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA REGION DEL BIOBIO-INPESCA

Nombre	Profesión	Institución	Función
Nicolás Alegría	Biólogo Marino	INSPESCA	Responsable proyecto. Caracterización morfología vejiga natatoria
Aquiles Sepúlveda	Biólogo Marino	INSPESCA	Caracterización morfología vejiga natatoria
Sergio Núñez	Biólogo Marino	INSPESCA	Alimentación y grado llenado estómagos
Arnaldo Zúñiga	Ing. (e) Acuicultura	INSPESCA	Estado reproductivo y caracterización gonádica
Jocelyn Silva	Bióloga Marina	INSPESCA	Estado reproductivo y caracterización gonádica
Rubén Luna	Biólogo Marino	INSPESCA	Colecta muestras y procesamiento laboratorio
Héctor Medina	Técnico embarcado	INSPESCA	Colecta muestras y procesamiento laboratorio



## 11. ASIGNACIÓN DEL PERSONAL PROFESIONAL Y TÉCNICO POR ACTIVIDAD

Objetivos: Todos

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals Meses
Obj 1, 2, 3 y 4	Jorge Castillo	coordinación general del proyecto	55
		Total	55

Objetivo 1

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
Obj 1	Francisco Leiva	Evaluación de la info in situ disponible	20
Obj 1	Alvaro Saavedra	Evaluación de la info in situ disponible	16
Obj 1	Francisco Leiva	Estandarización&Descripción de biológica173a de procesamiento de datos disponibles	10
Obj 1	Alvaro Saavedra	Estandarización&Descripción de biológica173a de procesamiento de datos disponibles	10
Obj 1	Jorge Castillo	Estandarización&Descripción de biológica173a de procesamiento de datos disponibles	5
Obj 1	Juan Carlos Saavedra	Estandarización&Descripción de biológica173a de procesamiento de datos disponibles	10
Obj 1	Jairo Gutierrez	Estandarización&Descripción de biológica173a de procesamiento de datos disponibles	10
Obj 1	Javier legua	Diseño experimental ex situ	5
Obj 1	Jorge Castillo	Diseño experimental ex situ	5
Obj 1	Carolina Lang	Diseño experimental ex situ	5
Obj 1	Juan Carlos Saavedra	Diseño experimental ex situ	5
Obj 1	Jorge castillo	Descripción de biológica173a in situ	5
Obj 1	Alvaro Saavedra	Descripción de biológica173a in situ	10
Obj 1	Alvaro Saavedra	Evaluación de la info <b>in situ</b> disponible Acustica y biológica.	20
Obj 1	Francisco Leiva	Evaluación de la info <b>in situ</b> disponible Acustica y biológica.	20



### Objetivo 2.

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
Obj 2	Jairo Gutierrez	Procesamiento datos acústicos in situ disponibles	120
Obj 2	Francisco Leiva	Procesamiento datos acústicos in situ disponibles	120
Obj 2	Alvaro Saavedra	Análisis de los resultados in situ	8
Obj 2	Francisco Leiva	Análisis de los resultados in situ	8
Obj 2	Carolina Lang	arriendo de embarcaciones	15
Obj 2	Jorge castillo	arriendo de embarcaciones	10
Obj 2	Jorge castillo	recolección de muestras de anchoveta y medicion de TS ex situ (CRUCEROS)	40
Obj 2	Javier Legua	recolección de muestras de anchoveta y medicion de TS ex situ (CRUCEROS)	40
Obj 2	Adrian Ibieta	recolección de muestras de anchoveta y medicion de TS ex situ (CRUCEROS)	80
Obj 2	Manuel Rojas	recolección de muestras de anchoveta y medicion de TS ex situ (CRUCEROS)	80
Obj 2	Adrian Ibieta	medicion de características biológicas de los ejemplares	10
Obj 2	Jorge castillo	procesamiento de datos acústicos ex situ	70
Obj 2	Javier Legua	procesamiento de datos acústicos ex situ	60
Obj 2	Luis La Cruz	procesamiento de datos acústicos (Banda ancha)	140
Obj 2	Jorge castillo	Estimación relacion TSvs L	10
Obj 2	Jorge castillo	Análisis de resultados acusticos y biológicos	280
Obj 2	Juan Carlos Saavedra	Análisis de resultados acusticos y biológicos	10

### Objetivo 3.

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
Obj 3	Alvaro Saavedra	Evaluación de la info <b>in situ</b> disponible Acustica y biologica.	20
Obj 3	Francisco Leiva	Evaluación de la info <b>in situ</b> disponible Acustica y biologica.	20
Obj 3	Jairo Gutierrez	Procesamiento datos acústicos <b>in situ y biológicos</b> disponibles	120
Obj 3	Francisco Leiva	Procesamiento datos acústicos <b>in situ y biológicos</b> disponibles	120
Obj 3	Alvaro Saavedra	Análisis de los datos de agregaciones	80



#### Objetivo 4.

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
Obj. 4	Carolina Lang	Coordinación	20

#### Talleres

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
	Jorge Castillo	Taller Estandarización Metodologica	10
	Alvaro Saavedra	Taller Estandarización Metodologica	10
	Francisco Leiva	Taller Estandarización Metodologica	10
	Javier Legua	Taller Estandarización Metodologica	10
	Jairo Gutierrez	Taller Estandarización Metodologica	10
	Jorge Castillo	Reunion Coordinación (FIPA, SUBPESCA)	15
	Alvaro Saavedra	Reunion Coordinación (FIPA, SUBPESCA)	10
	Francisco Leiva	Reunion Coordinación (FIPA, SUBPESCA)	10
	Javier Legua	Reunion Coordinación (FIPA, SUBPESCA)	10
	Jairo Gutierrez	Reunion Coordinación (FIPA, SUBPESCA)	10
	Carolina Lang	Reunion Coordinación (FIPA, SUBPESCA)	10
	Jorge Castillo	Taller Presentacion del proyecto (autoridad, sector pesquero)	10
	Alvaro Saavedra	Taller Presentacion del proyecto (autoridad, sector pesquero)	5
	Francisco Leiva	Taller Presentacion del proyecto (autoridad, sector pesquero)	5
	Javier Legua	Taller Presentacion del proyecto (autoridad, sector pesquero)	5
	Jairo Gutierrez	Taller Presentacion del proyecto (autoridad, sector pesquero)	5
	Carolina Lang	Taller Presentacion del proyecto (autoridad, sector pesquero)	5

#### Taller de Difusión

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
	Jorge Castillo	Taller difusion&discusion (consultor externo)	20
	Alvaro Saavedra	Taller difusion&discusion (consultor externo)	20
	Francisco Leiva	Taller difusion&discusion (consultor externo)	20
	Javier Legua	Taller difusion&discusion (consultor externo)	20
	Jairo Gutierrez	Taller difusion&discusion (consultor externo)	10
	Carolina Lang	Taller difusion&discusion (consultor externo)	10



## Informes

Objetivo	Nombre	Actividad	Totals HH
	Jorge Castillo	Informe de avance	60
	Alvaro Saavedra	Informe de avance	20
	Francisco Leiva	Informe de avance	20
	Jorge Castillo	Pre Inf Final	85
	Alvaro Saavedra	Pre Inf Final	85
	Francisco Leiva	Pre Inf Final	85
	Jorge Castillo	Info Final	40
	Alvaro Saavedra	Info Final	40
	Francisco Leiva	Info Final	40



INSTITUTO DE INVESTIGACION PESQUERA REGION DEL BIOBIO-INPESCA

**Objetivo 4** Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco.

Nombre	Actividad por profesional o técnico	Totales por nombre
Nicolás Alegría	Procesamiento muestras vejiga	30
	Análisis	30
	Informes	30
	Talleres	10
	Total HH por mes	100
Aquiiles Sepúlveda	Procesamiento muestras vejiga	20
	Análisis	20
	Informes	15
	Talleres	5
	Total HH por mes	60
Sergio Núñez	Procesamiento muestras vejiga	20
	Análisis	20
	Informes	15
	Talleres	5
	Total HH por mes	60
Arnaldo Zúñiga	Colecta muestras	30
	Procesamiento laboratorio	40
	Total HH por mes	70
Jocelyn Silva	Colecta muestras	30
	Procesamiento laboratorio	20
	Total HH por mes	50
Rubén Luna	Colecta muestras	30
	Procesamiento laboratorio	20
	Total HH por mes	50
Héctor Medina	Colecta muestras	30
	Procesamiento laboratorio	40
	Total HH por mes	70

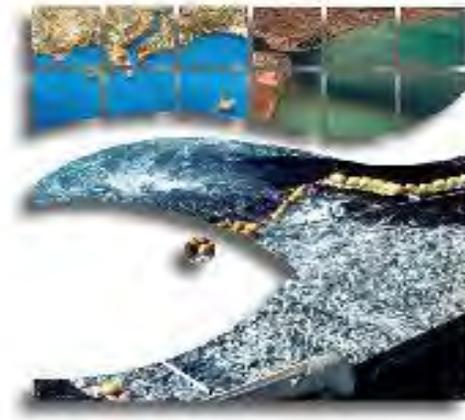


12. ANEXOS

---

ANEXO 1

---



Instituto de Investigación Pesquera  
Departamento de Pesquerías

---

**PROTOCOLO PARA MUESTREO DE EJEMPLARES  
DE ANCHOVETA (ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE  
ORGANOS INTERNOS)**

---

**PROYECTO FIPA 2020-19**

**ESTIMACIÓN DE LA FUERZA DE BLANCO (TS) PARA LAS  
UNIDADES DEMOGRÁFICAS DE ANCHOVETA A NIVEL  
NACIONAL**

**OBJETIVO 4. ESTIMAR LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FACTORES  
QUE INCIDIRÍAN EN LA VARIABILIDAD DE LAS ESTIMACIONES DE  
FUERZA DE BLANCO**

Nicolás Alegría Landeros



Talcahuano, noviembre de 2020.

**PROTOCOLO PARA MUESTREO DE EJEMPLARES DE ANCHOVETA**  
**(ANÁLISIS MORFOMÉTRICO DE ORGANOS INTERNOS)**

**Materiales necesarios:**

- Rollo de alusa transparente.
- Bandejas de plumavit.
- Papel diamante.
- Papel aluminio.

**Procedimiento:**

- 1) Una vez depositada la captura en cubierta (en el caso de pesca de arrastre), rápidamente se deben seleccionar anchovetas de distinto tamaño por cada lance de pesca, considerando el mayor espectro de tallas posible. La toma de muestras se realizará hasta completar el siguiente número de muestras por rango de talla:
  - Tallas menores a 8,5 cm: 120 individuos.
  - Tallas entre 8,5 y 12 cm: 120 individuos.
  - Tallas mayores a 12 cm: 120 individuos.

**Nota:** En el caso que la captura provenga de un lance con red de cerco, con un chingullo o balde sacar una muestra directamente de la red cuando ésta aún está en el agua, antes de que el cerco apriete la captura. De esa muestra, seleccionar rápidamente las anchovetas siguiendo el procedimiento descrito en el punto 1.



- 2) Cada ejemplar debe ser envuelto en papel aluminio (Figuras 1 y 2), o puesto sobre una bandeja de plumavit separado uno del otro y envuelto en plástico transparente, para evitar que al congelarse se peguen los peces.
- 3) Antes de ingresar los peces al congelador, se debe agregar una etiqueta de identificación con un correlativo a cada pez en el caso de envolverlos en papel aluminio o a la bandeja en el caso que se guarden en bandeja.
- 4) Luego, anotar en una bitácora para cada correlativo, el número de lance, fecha, hora, la coordenada y profundidad del lance asociada, escribir el tipo de análisis que se realizará a la muestra (AM= análisis morfométrico, en este caso) y el nombre del crucero desde donde viene la muestra (ejemplo, RECLAS)
- 5) Finalmente, guardar la muestra en un congelador, el cual, de preferencia debe congelar a una temperatura inferior a  $-18^{\circ}\text{C}$ .



Figura 1.- Selecci3n e identificaci3n del pez.

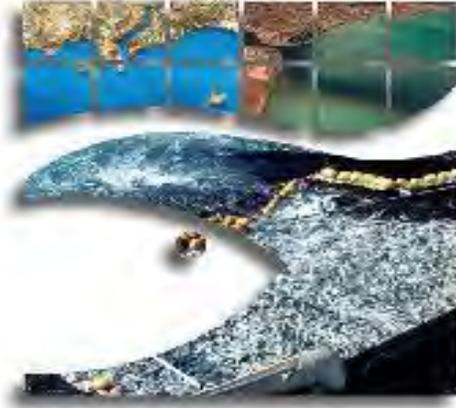


Figura 2.- Maniobra de envoltura del



## ANEXO 2

---



**Instituto de Investigación Pesquera**  
Departamento de Pesquerías

---

# **PROTOCOLO PARA MUESTREO DE EJEMPLARES DE ANCHOVETA (ANÁLISIS DE IMAGENOLÓGÍA)**

---

## **PROYECTO FIPA 2020-19**

### **ESTIMACIÓN DE LA FUERZA DE BLANCO (TS) PARA LAS UNIDADES DEMOGRÁFICAS DE ANCHOVETA A NIVEL NACIONAL**

#### **OBJETIVO 4. ESTIMAR LA IMPORTANCIA RELATIVA DE LOS FACTORES QUE INCIDIRÍAN EN LA VARIABILIDAD DE LAS ESTIMACIONES DE FUERZA DE BLANCO**

Nicolás Alegría Landeros



Talcahuano, noviembre de 2020.

**PROCOLO PARA MUESTREO DE EJEMPLARES DE ANCHOVETA**  
**(ANÁLISIS DE IMAGENOLÍA)**

**Materiales necesarios:**

- Rollo de papel aluminio.
- Pinza para ropa.
- Balde o chingullo.
- Guantes de goma.
- Papel diamante.
- Termo con nitrógeno líquido.

**Procedimiento:**

- 6) Una vez hecho el cerco, con un chingullo o balde sacar una muestra directamente de la red cuando ésta aún está en el agua, antes de que el cerco apriete la captura. De esa muestra, seleccionar rápidamente anchovetas de distinto tamaño por cada lance de pesca, considerando el mayor espectro de tallas posible. La toma de muestras se realizará hasta completar el siguiente número de muestras por rango de talla:
  - Tallas menores a 8,5 cm: 60 individuos.
  - Tallas entre 8,5 y 12 cm: 60 individuos.
  - Tallas mayores a 12 cm: 60 individuos.



- 7) Cada ejemplar debe ser envuelto en papel aluminio lo m1s r1pido posible junto a una etiqueta que identificar1 cada pez con su n1mero correlativo correspondiente (Figuras 1 y 2), luego se debe anotar en una bit1cora las coordenadas del lance.



Figura 1.- Selecci3n e identificaci3n del pez.



Figura 2.- Maniobra de envoltura del pez.

- 8) Con la ayuda de una pinza de madera para colgar ropa (o algo que cumpla la misma funci3n) amarrada a una cuerda, sujetar el pez envuelto en papel aluminio por uno de sus extremos (Figura 3) y sumergirlo por 10 segundos en nitr3geno l3quido (Figura 4).



Figura 3.- Sujeci3n del pez para sumergirlo en nitr3geno l3quido.



Figura 4.- Maniobra de sumergir el pez en nitr3geno l3quido.

- 9) A continuaci3n, guardar el pez en el congelador inmediatamente despu3s de sacarlo del nitr3geno l3quido. (En caso de no tener un congelador en la embarcaci3n, almacenar las muestras directamente en el termo con nitr3geno l3quido).
- 10) Luego de guardar los ejemplares del lance, sacar los peces del congelador, juntar los peces envueltos en papel aluminio en un solo paquete (cada pez debe seguir envuelto en papel aluminio) lo m3s r3pido posible para que no se descongelen, etiquetar el paquete con la fecha, hora, coordenadas del lance, profundidad del cardumen, crucero desde donde viene la muestra (ejemplo, RECLAS) y escribir el tipo de an3lisis que se realizar3 a la muestra (AI= An3lisis Imagenol3g3a, en este caso).



11) Finalmente, volver a guardar el paquete con los 20 ejemplares en el congelador, el cual en lo posible debe congelar a una temperatura inferior a  $-18^{\circ}$  C.

**Importante:** El procedimiento desde que sale la captura del agua, hasta que se sumergen los peces en nitrógeno líquido, debe realizarse rápidamente, de manera que el pez pierda la menor cantidad de aire posible y por lo tanto mantenga la forma de su vejiga natatoria.



---

### ANEXO 3 TALLER DE COORDINACIÓN

---

#### ACTA TALLER DE COORDINACIÓN

PROYECTO : FIPA 2020-19 **“Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las unidades demográfica de anchoveta a nivel nacional”**.

Ejecutor : INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO-IFOP

Jefe de Proyecto : JORGE CASTILLO P.

Fecha : 24 de noviembre del 2020

#### INTRODUCCIÓN:

La presente acta informa al Director Ejecutivo del Fondo de Investigación Pesquera y Acuicultura del Taller de coordinación entre el ejecutor y la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura, como parte de las actividades de inicio del proyecto.

Este taller de coordinación se realizó en forma virtual el 22 de octubre del 2020. El objetivo del taller fue exponer a los profesionales sectorialistas de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura la metodología y actividades a realizar en el proyecto y discutir la incorporación de posibles actividades extraordinarias, no contempladas en el plan de trabajo.

Asistentes.

Los asistentes al Taller fueron:

FIPA	SUBPESCA	IFOP	INPESCA (Subcontrato)
Malú Zavando	Joyce Méndez	Jorge Castillo	Nicolás Alegría
	Víctor Espejo	Álvaro Saavedra	
		Francisco Leiva	
		Javier Legua	
		Jairo Gutiérrez	

---



## DESARROLLO DE LA REUNI3N

La reuni3n se desarroll3 en base a una presentaci3n en power point del jefe de proyecto (se anexa), en la cual se expone la relevancia de disponer de una medici3n de la intensidad de blanco de los peces sujetos a evaluaci3n acústica, en este caso anchoveta y de los factores que la afectan (talla, volumen de la vejiga gaseosa, profundidad, contenido estomacal, estado de madurez sexual).

Se hace hincapi3 que el estudio busca una actualizaci3n de la ecuaci3n actualmente disponible y que se determine las posibles diferencias entre las unidades demogrÁficas (UD) de la especie, estas son: UD Norte (regiones Arica-Parinacota a Antofagasta); UD Centro Norte (regiones Atacama y Coquimbo) y UD Centro-sur (regiones Valparaíso a Los lagos).

El enfoque metodol3gico del estudio serÁ en base a datos *in situ*, recolectados en las tres UD desde el ańo 2000 a la fecha, con al menos 95 estaciones de TS, disponiéndose de datos digitales en formato raw (ecogramas) y lances de pesca con informaci3n biol3gica, complementados con nuevas mediciones a realizar durante los cruceros acústicos programados entre diciembre de 2020 (UD Norte), enero (UD centro-sur) y febrero del ańo 2021 (UD centro-norte). Esta estrategia permitirÁ disponer de un amplio rango de tamańos de anchoveta para asociarlos a las mediciones de la TS. Se discuti3 y aclar3 por parte del equipo de trabajo que la informaci3n hist3rica disponible se encuentra en archivos raw y que debe ser procesada, aclarÁndose la idea de los sectorialitas respecto a que esa informaci3n ya fue procesada con anterioridad. Tambi3n se destac3 que debido al nÚmero de estaciones TS a procesar este trabajo consume la mayor parte de las HH asignadas al proyecto.



Adicionalmente y como un segundo enfoque metodológico, se realizarán experiencias de medición *ex situ*, con peces enjaulados en forma individual, para lo cual se deberá arrendar una embarcación con capacidad de pesca y adecuada para instalar los equipos acústicos requeridos. Estas experiencias se realizarán en el otoño de 2021 en la región de Los Lagos.

Por otro lado, se indicó que se estudiarán posibles diferencias en el tamaño, forma y disposición de la vejiga gaseosa en las anchovetas en las tres UD, incluyendo las gónadas y grado de llenado estomacal, factores que podrían sustentar posibles diferencias en las TS de la especie por UD. Estas mediciones se iniciarán a partir de la primavera de 2020. En este sentido, se mencionó que se seleccionarán muestras de anchoveta en cada UD para someterlas mediciones con TAC, además de exámenes visuales mediante disección, permitiendo de este modo medir diversos parámetros de los órganos de los individuos seleccionados. Al respecto se aclara que debido a costos, esta componente no realizará una estimación de la TS mediante modelación.

El otro objetivo del estudio, asociado a las características de las agregaciones, también usará la información histórica disponible y de los cruceros complementarios a realizarse en la primavera de 2020 y verano-otoño de 2021. Destacándose el alto requerimiento de HH en sus procesos.

Se discutió acerca de las posibilidades de ampliar las mediciones *ex situ* con jaula a otras UD, aclarándose que debido a limitaciones presupuestarias no es posible acceder a ese aspecto, indicándose que se eligió la región de Los Lagos debido a los costos de arriendo de las embarcaciones artesanales y a que durante el otoño, habitualmente se registra presencia de anchoveta, lo que permitirá recolectar muestras de peces vivos para las mediciones.

#### DISCUSIÓN.

Se discutieron diversos aspectos del enfoque metodológico del proyecto y de las metodologías a aplicar, aclarándose que el estudio no corresponde a una recopilación de resultados históricos, sino que son procesos de datos *in situ* que fueron recolectados en condiciones estandarizadas (velocidad del buque, controles de los ecosondas, muestreos biológicos) en estaciones de TS y que se dispone de información biológica suficiente para lograr el objetivo del proyecto.

También se hizo presente la imposibilidad de repetir las experiencias con jaula en otras UD, debido fundamentalmente a los costos de arriendo de embarcaciones, dejándose claro que los resultados del estudio serán fundamentalmente basados en las mediciones *in situ* y que las experiencias *ex situ* son complementarias, según queda establecido en los Términos de Referencia del proyecto y que fueron justificados en la Propuesta Técnica.



## PRESENTACIÓN POWER POINT PROYECTO FIPA 2020-19

**TALLER DE COORDINACIÓN**

**PROYECTO FIPA 2020-19**  
Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las unidades demográficas de anchoveta a nivel nacional

22 de octubre, 2020

**OBJETIVOS**

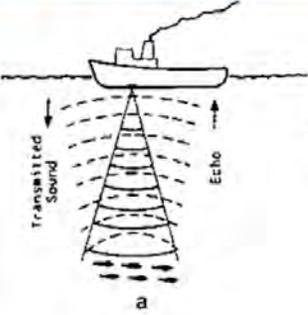
**General**

Estimar la fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en sus distintas unidades demográficas a nivel nacional.

**OBJETIVOS**  
**ESP3CIFICOS**

- i. Proponer una metodologfa estandarizada para estimar la relaci3n fuerza de blanco (TS) (dB) v/s longitud total (cm), asociada a la especie en estudio.
- ii. Estimar la relaci3n de fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en funci3n a la talla para cada stock pesquero.
- iii. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones.
- iv. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirfan en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco.

**Relevancia del TS**



$$\hat{A}_k = a \hat{R}_k / \sigma_k$$

$$\hat{B}_k = \hat{A}_k w_k$$

**Target Strength**

TS = 10 log  $\left( \frac{I_r}{I_t} \right)$        $\sigma$  = scattering cross section  
 At r = 1 yd.

$$I_r \sigma = 4\pi r^2 I_t$$

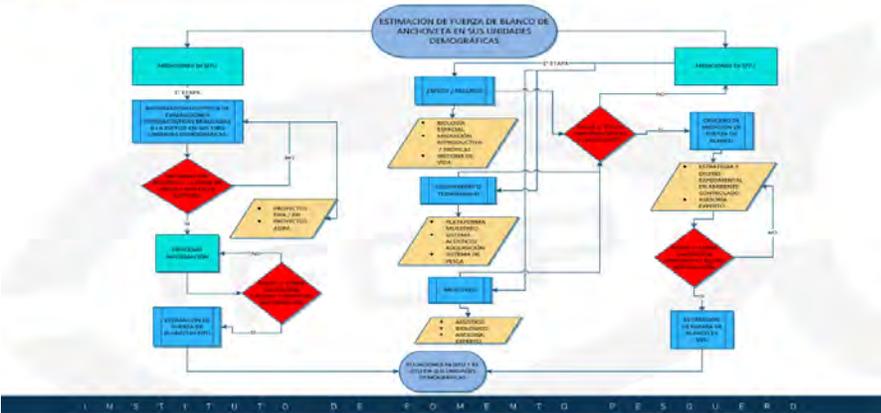

$$TS = 10 \log \left( \frac{\sigma}{4\pi r^2} \right) = 10 \log \left( \frac{\sigma}{4\pi} \right)$$

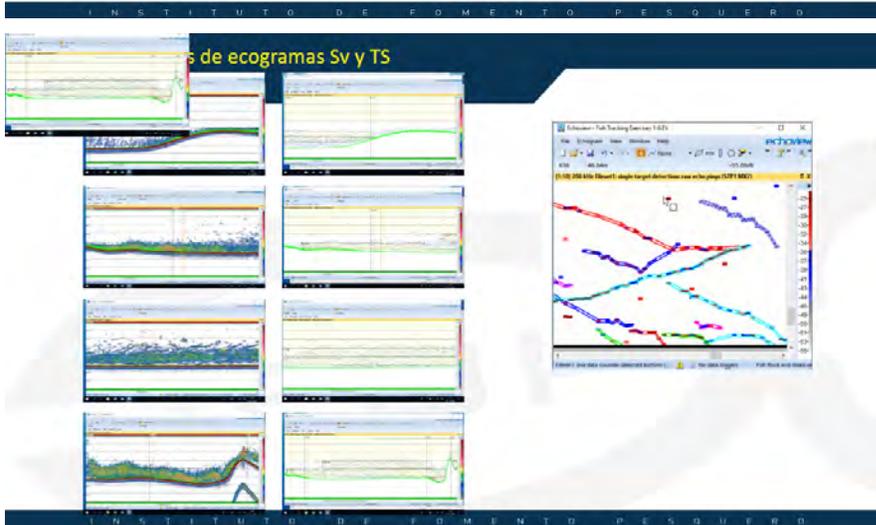
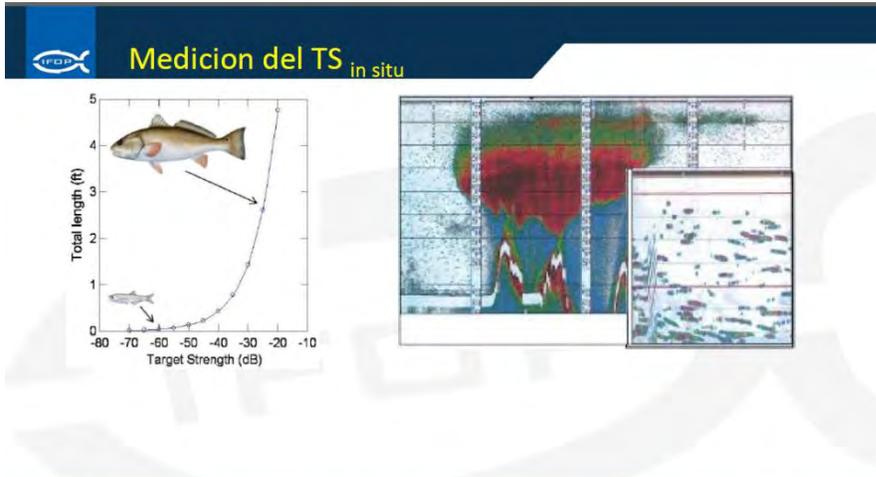


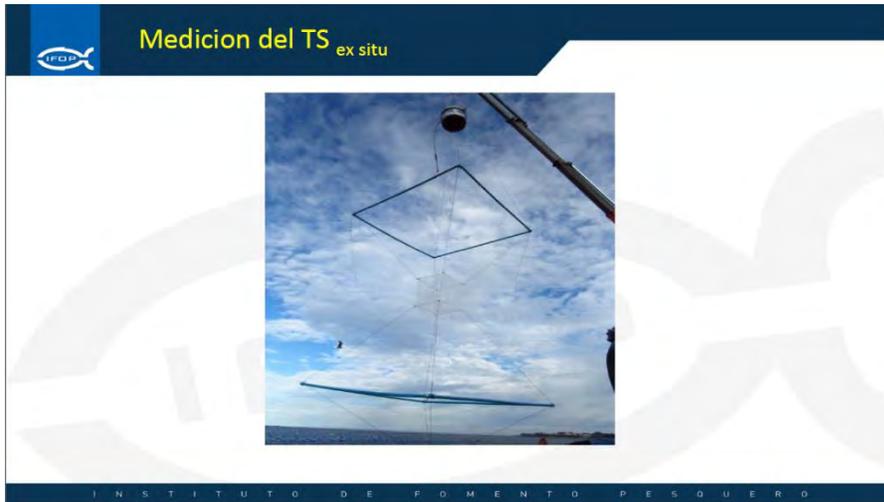
**M3ximos cambios en valores de TS reportados en literatura. Fuente: Hazen y Horn, 2003.**

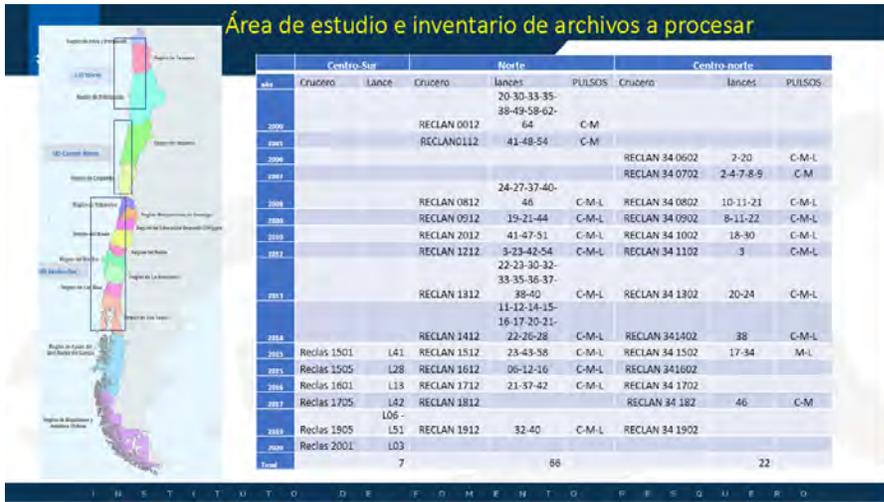
Factor	$\Delta$ TS Reportado	Cambio en el factor
Vejiga natatoria	>90%	Presencia/ausencia
Longitud	25 dB	500 mm
3ngulo	30 dB	45°
Profundidad	5 dB	35 m
G3nadas	5 dB	61% del volumen de la vejiga
Contenido estomacal	5 dB	50% del volumen de la vejiga

**Enfoque Metodol3gico (m3todos in situ y m3todos ex situ)**

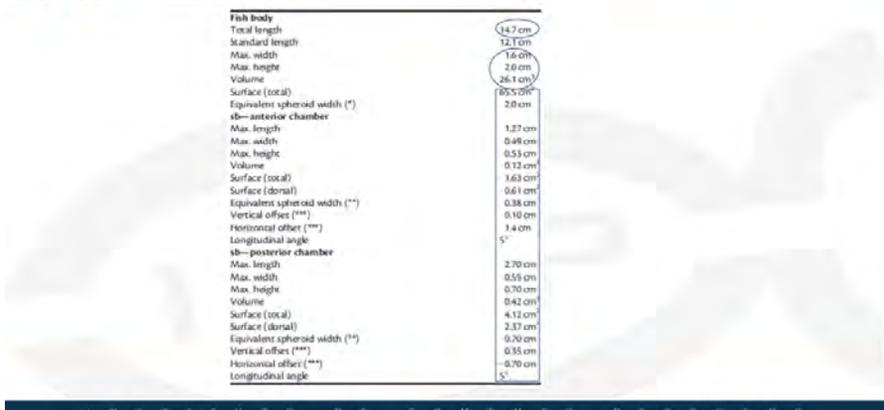








### Parámetros anatómicos del cuerpo de *Engraulis anchoita* y su vejiga natatoria, obtenidos a partir de TAC (Ejemplo tomado de Madirolas et al, 2016)





## EQUIPO DE TRABAJO

	Obj.	Nombre	Función
IFOP	1, 2, 3, 4	Jorge Castillo Pizarro	Jefe de Proyecto Investigador, Coordinación general, embarcado, Procesamiento, análisis, informe
	1	Sergio Lillo Vega	Investigador. análisis
	1, 2, 3	Álvaro Saavedra Godoy	Investigador-Procesamiento, análisis, informe
	1, 2	Francisco Leiva Deutz	Investigador, Procesamiento, análisis, informe
	1, 2	Javier Legua Delgado	Investigador, embarcado-Procesamiento & análisis
	4	Carolina Lang Abarzúa	Investigador, Procesamiento & análisis
	1, 2	Juan Carlos Saavedra	Investigador, análisis
	2	Manuel Rojas	Tecnólogo, embarcado-Procesamiento
2	Adrián Ibieta	Tecnólogo, embarcado-Procesamiento	

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O

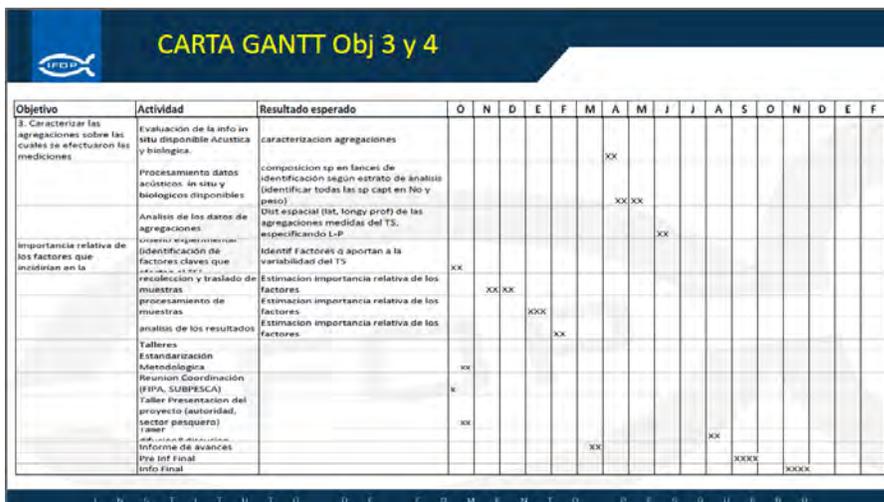
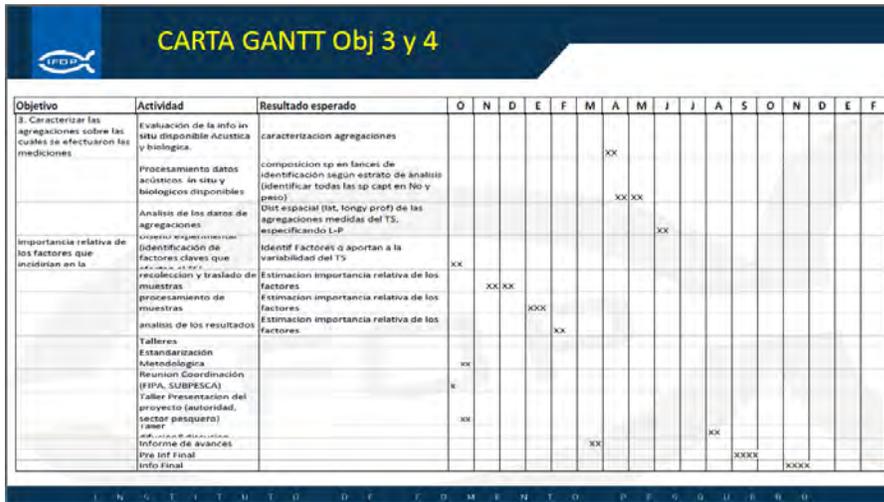
## EQUIPO DE TRABAJO

Caracterización de la morfología vejiga natatoria

	Nombre	Profesión	Función
INPESCA	Nicolás Alegria	Biólogo Marino	Responsable
	Aquiles Sepúlveda	Biólogo Marino	Investigador
	Sergio Núñez	Biólogo Marino	Alimentación y grado llenado estómagos
	Arnaldo Zúñiga	Ing. (e) Acuicultura	Estado reproductivo y caracterización gonádica
	Jocelyn Silva	Bióloga Marina	Estado reproductivo y caracterización gonádica
	Rubén Luna	Biólogo Marino	Colecta muestras & proc laboratorio
	Héctor Medina	Técnico embarcado	Colecta muestras & proclaboratorio

I N S T I T U T O D E F O M E N T O P E S Q U E R O







## ANEXO 4 TALLER PRESENTACIÓN A USUARIOS

El 21 de enero de 2021 se realizó el taller de presentación a usuarios de la pesquería, se invitó a todos los miembros de los Comités de manejo de anchoveta en la zona norte, centro-norte y centro-sur, finalmente los asistentes se registran en la foto inferior.





## ANEXO 5 TALLER DE DIFUSIÓN

---

El taller de difusión se realizó vía telemática el 19 de enero del 2022. El taller se desarrolló en base a presentaciones de 20 minutos de los especialistas, incluyendo una charla del consultor español del AZTI, especialista en TS de anchoa de Europa y que se incluyó en el proyecto como evaluador.

Se invitaron a los integrantes de los tres Comités de Manejo de anchoveta de las tres Unidades Demográficas.

La agenda del taller fue:

---

### AGENDA

---

#### TALLER DE DIFUSIÓN

**Proyecto:** FIPA 2020-19 “Estimación de la fuerza de blanco (TS) para las unidades demográficas de anchoveta a nivel nacional”.

**Objetivo:** Presentar los resultados del proyecto a usuarios, sectorialistas de la SUBPESCA y comunidad científica

**Fecha :** 19 de enero del 2022

#### AGENDA

1000-1015 hrs. Presentación del proyecto – Jorge Castillo, Jefe de Proyecto

1015- 1040 hrs. Estimación de la fuerza del blanco (TS) de especies pelágicas: importancia del parámetro, dificultades que conlleva su medida y metodologías disponibles. Dr Guillermo Boyra-AZTI-España

1040-1100 hrs. Estimación de la TS de anchoveta – Jorge Castillo-IFOP

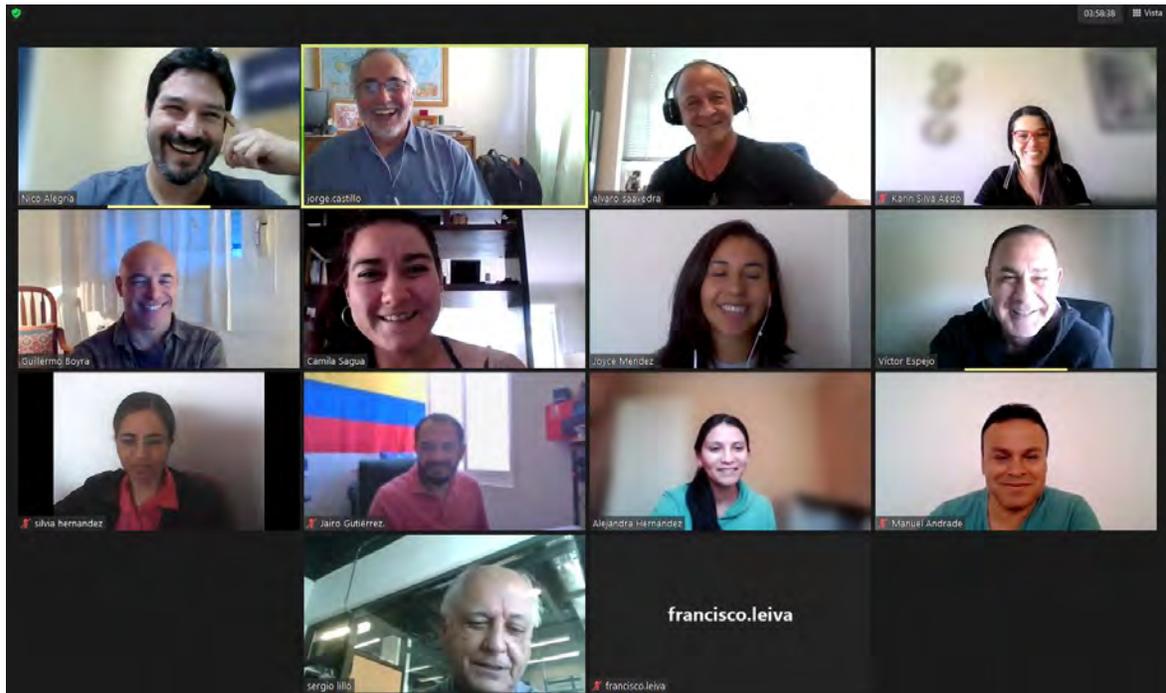
1100-1120 hrs. Caracterización de las agregaciones en las que se midieron los TS<sub>in situ</sub>. Alvaro Saavedra-IFOP

1120-1140 hrs. Factores que afectan la TS, caracterización de la vejiga gaseosa de anchoveta como principal órgano resonante. Nicolás Alegría-INPESCA

1140-1200 hrs. Preguntas y discusión.



A continuaci3n, se presentan los asistentes al Taller.





## DISCUSIÓN Y PROPUESTAS DE MEJORA

---

Se discutió acerca de los siguientes aspectos:

- Se recomienda realizar experiencias de  $TS_{\text{ex situ}}$  de anchoveta en cada UD, al respecto se aclaró que una de las limitaciones de los experimentos con jaula se relaciona con el comportamiento de los ejemplares y con el tiempo necesario para ambientarse a las condiciones de encierro. Por otro lado, también se manifestó que la ecuación de  $TS-L$  requiere que el rango de tallas sea representativo de la población, situación que podría estar sesgada si el muestreo se realiza asociado a algún periodo biológico determinado como reclutamiento, con tallas pequeñas o desove, ejemplares de tallas madurez y estados de madurez alto.
- Se aclara que las ecuaciones de  $TS-L$  ajustadas en el presente estudio corresponden a la condición de reposo reproductivo. Dado el efecto de las gónadas en estado de madurez avanzado sobre el volumen de la vejiga gaseosa y en consecuencia en el  $TS_{\text{in situ}}$ , por lo cual se recomienda que en el caso de ser requerido, se determine una nueva ecuación de  $TS-L$  que represente la condición de madurez sexual de la especie, de este modo se podrá usar en prospecciones acústica durante los periodos reproductivos.
- Es conveniente que se continúe con la colección de datos in situ en cada crucero que se realiza actualmente en los periodos de reclutamiento, tomando las precauciones de calibración de los ecosondas en cada pulso, de tal modo de mantener una colección de datos que permita a futuro revisar y actualizar las ecuaciones  $TS-L$  ajustadas periódicamente.
- Lo anterior, también permitirá analizar el efecto de la profundidad en el  $TS$  de anchoveta, porque incorpora una importante fuente de variación del  $TS$ . Sin embargo, también se aclaró que los resultados in situ alcanzados en el presente proyecto son representativos de la condición de distribución normal de la anchoveta y que son las mismas que se registran durante las prospecciones para evaluación de la biomasa, motivo por el cual no debiera ser un motivo de preocupación que haga dudar de los resultados de las evaluaciones de biomasa de la anchoveta realizadas en el país.
- Se aclaró que el efecto del ángulo de las anchovetas en los  $TS$  in situ fue mínimo puesto que la mayoría de los ejemplares se localizaron con ángulo  $0^\circ$ .
- Queda por investigar en mayor profundidad la función de la doble cámara en la vejiga gaseosa de anchoveta.



## ANEXO 6

### INFORME CONSULTOR EXTERNO Dr GUILLERMO BOYRA (AZTI - ESPAÑA)

Para efectos de la revisión del trabajo realizado en sus diferentes objetivos, el proyecto contrató al AZTI- España, asignándose el trabajo al Dr Guillermo Boyra Eizaguirre, especialista en hidroacústica, encargado de las evaluaciones de la anchoa en el golfo de Vizcaya, con varios trabajos publicados en la estimación de la TS de peces pelágicos

The logo for AZTI, featuring the letters 'A', 'Z', 'T', and 'i' in a stylized, bold font. The 'A' is yellow, while the others are black.

MEMBER OF  
BASQUE RESEARCH  
& TECHNOLOGY ALLIANCE

[www.azti.es](http://www.azti.es)

# Evaluación del proyecto de Medición de TS de anchoveta (*Engraulis ringens*)

Informe Final  
para:

Instituto de Fomento Pesquero de Chile (IFOP)

**Pasaia, 10 de diciembre de 2021**

IM-21-TSANCHO

**Tipo documento** Informe Final

**Título documento** Evaluación del proyecto de Medición de TS de anchoveta (*Engraulis ringens*)

**Fecha** 23/03/2022

**Proyecto** Evaluación de proyecto de Medición de TS de anchoveta (*Engraulis ringens*)

**Código** IM-21-TSANCHO

**Cliente** Instituto de Fomento Pesquero de Chile (IFOP)

**Equipo de proyecto** **Guillermo Boyra Eizaguirre**

**Responsable proyecto** Boyra Eizaguirre, Guillermo (E-Mail: [gboyra@azti.es](mailto:gboyra@azti.es))

---

**Revisado por**  
**Fecha**

---

**Aprobado por**  
**Fecha**

---

Si procede, este documento deberá ser citado del siguiente modo:  
Autores, Año. Título. Elaborado por AZTI para Cliente X.

# ÍNDICE

1.	ANTECEDENTES	211
2.	OBJETIVOS	212
3.	INTRODUCCIÓN	213
4.	MATERIAL Y MÉTODOS	215
4.1.	Fase 1 Descripción y tareas	215
4.1.1.	Revisión de las metodologías de colección de datos	215
4.1.2.	Revisión de las metodologías de procesado de datos	215
4.1.3.	Análisis de los factores que afectan al TS de la anchoveta	215
4.2.	Fase 2 Descripción y tareas	216
4.2.1.	Análisis estadístico	216
4.2.2.	Revisión del informe final	216
4.2.3.	Asistencia al taller de diseminación de resultados	216
5.	RESULTADOS	217
5.1.	Fase 1 - Evaluación del proyecto	217
5.1.1.	Revisión de las metodologías de colección de datos	217
5.1.1.1.	TS <i>in situ</i>	217
5.1.1.2.	TS <i>ex situ</i>	218
5.1.2.	Revisión de las metodologías de procesado de datos	218
5.1.2.1.	TS <i>in situ</i>	219
5.1.2.2.	TS <i>ex situ</i>	220
5.1.3.	Análisis de los factores que afectan al TS de la anchoveta	221
5.1.3.1.	Estudio anatómico de la anchoveta	221
5.1.3.2.	Caracterización de las agregaciones de anchoveta	222
5.2.	Fase 2 - Difusión de resultados	223
5.2.1.	Revisión del análisis estadístico	223
5.2.2.	Revisión del informe final	223
5.2.3.	Asistencia al taller de diseminación de resultados	223
6.	CONCLUSIONES	225

BIBLIOGRAFÍA	226
AGRADECIMIENTOS	1

## 1. ANTECEDENTES

En noviembre de 2020 Jorge Castillo, del Departamento de Evaluaciones Directas del Instituto de Fomento Pesquero (IFOP) de Chile, departamento que se encarga de las evaluaciones acústicas de peces pelágicos y demersales en la costa de Chile, se pone en contacto con Guillermo Boyra para hablarle de un proyecto que están iniciando.

El proyecto consiste en la estimación del Target Strength de anchoveta (*Engraulis ringens*) y está dirigido a actualizar las relaciones TS-L actualmente en uso en el país y que fueron ajustadas con datos in situ en los años 2000-2010. Para este trabajo procesarán archivos raw del ecosonda SIMRAD EK-60 (38 y 120 khz) recolectados en estaciones de TS en varios cruceros desde el 2010 (datos in situ) y que estuvieron asociados a lances de pesca de media agua. Adicionalmente, recolectarán datos in situ en tres cruceros que se realizarán en diciembre de 2020, y enero y febrero de 2021 (todos son en distintas zonas). Además, realizarán experiencias con peces vivos confinados en forma individual en una pequeña jaula cubica de 0,5 m de lado, sumergida entre 10 y 15 m de profundidad. El procesamiento de los datos in situ y ex situ será realizado mediante el programa Echoview 7.1. Los resultados del TS in situ-L serán comparados entre las distintas zonas, esperando que la TS refleje las diferencias en algunos factores biológicos observados en la especie.

Además de lo anterior, estudiarán algunos factores biológicos que pueden afectar la TS de la anchoveta, como estados de madurez, contenidos gástricos y las características de la vejiga gaseosa, para lo cual usarán tomografía computarizada (TAC).

Dado el perfil de Guillermo Boyra y su experiencia en las evaluaciones de anchoa en el golfo de Vizcaya, se le ofrece la posibilidad de participar de este estudio en calidad de evaluador, haciendo una revisión de los resultados y metodología y participando en un taller de difusión con los técnicos de la Subsecretaría de Pesca y Acuicultura (el cliente final del proyecto) y usuarios de la pesquería.

Debido a las condiciones sanitarias, esta asesoría se realizará en forma remota.

## 2. OBJETIVOS

### Objetivo general

Asesorar al equipo ejecutor del proyecto en todo el proceso de determinación de la fuerza de blanco de la anchoveta, revisando desde los procesos de recolección y procesamiento de los datos hasta la determinación de las relaciones TS-L.

### Objetivo específicos

- a) Revisión de los procesos de recolección de los datos de TS in situ y ex situ.
- b) Revisión de las metodologías de procesamiento de los datos de TS in situ y ex situ.
- c) Analizar los factores que afectan la TS especialmente relacionado con la vejiga gaseosa.
- d) Revisión de la determinación de las ecuaciones TS-L, proposición de un modelo conceptual de los procesos biológicos que pueden afectar la intensidad y variabilidad de la TS.
- e) Análisis de robustez estadística, sensibilidad, estimación de incertidumbre de la estimación de la TS-L de anchoveta según Unidad demográfica
- f) Revisión del informe final del proyecto

### 3. INTRODUCCIÓN

La anchoveta (*Engraulis ringens*) es el principal recurso pesquero pelágico del país, junto con la sardina común y el jurel (Figura. 1).

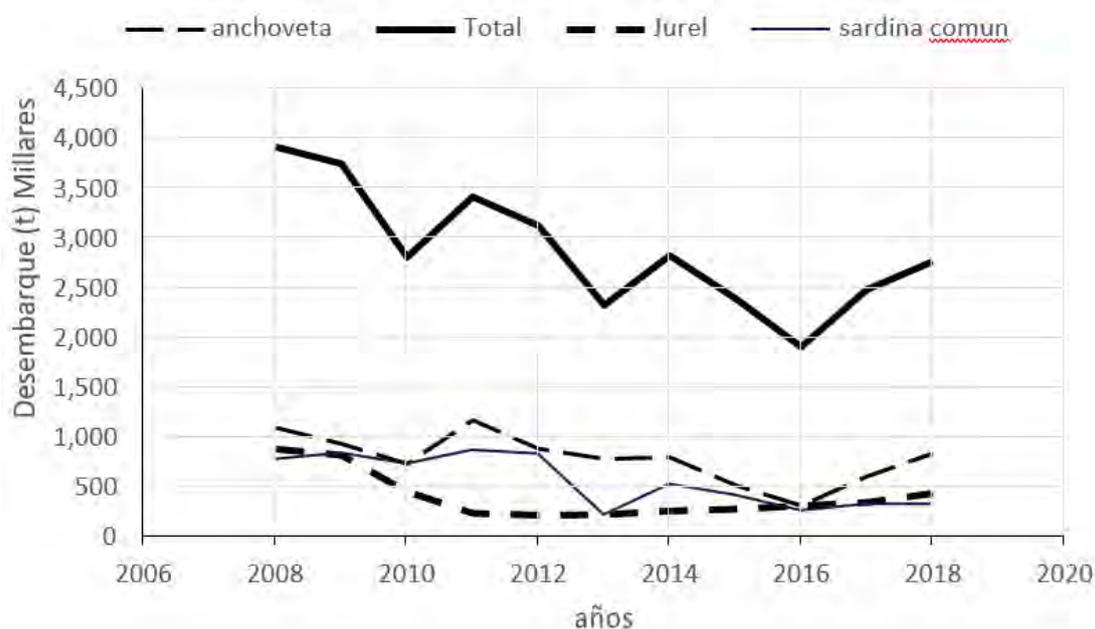


Figura 1. Desembarque de peces en Chile entre el 2008 y 2018.

En Chile, los desembarques se registran en tres sectores ubicados entre las Regiones de Arica y Parinacota a Antofagasta; Atacama a Coquimbo y Valparaíso a Los Lagos. Históricamente, la Región de Arica y Parinacota a Antofagasta ha registrado los mayores desembarques de esta especie, representando sobre el 60% del total; seguido por las Regiones Valparaíso a Los Lagos y finalmente Atacama a Coquimbo. Los desembarques en el 2018 y 2019 alcanzaron a 855,5 mil t y 742,5 mil t, respectivamente. En el et al (2015), sugiere que este recurso presenta tres unidades demográficas o ecológicas, coincidentes con los sectores donde se desarrolla la actividad pesquera. La anchoveta presenta diferencias entre las unidades de stock con diferentes tasas de crecimiento, tamaño de los huevos; distintos periodos del reclutamiento y en los últimos años en las tallas promedio de los ejemplares capturados.

Las técnicas hidroacústicas para la evaluación directa de la abundancia de anchoveta constituye una importante herramienta requerida en el modelamiento del stock, que se ha aplicado en las tres unidades de stock desde la década de los 90. Esa técnica requiere conocer la intensidad del blanco (TS) de los

peces en relación a la talla, puesto que es uno de los parámetros esenciales requeridos por esta metodología para obtener estimaciones absolutas de la biomasa.

Las relaciones de TS/L de anchoveta que se han utilizado en las evaluaciones de biomasa de anchoveta hasta la fecha, han sido estimadas con métodos in situ, pero que requieren ser sometidos a un proceso de revisión y actualización.

El proyecto FIPA 2020-19 “**Estimación** de la fuerza de blanco (TS) para las unidades demográficas de anchoveta a nivel nacional”, que se encuentra ejecutando el IFOP busca actualizar las ecuaciones TS-L actualmente utilizadas incorporando factores biológicos que las diferencien entre las unidades demográficas de la anchoveta. La metodología considera el procesamiento de datos in situ recolectados en cruceros acústicos realizados desde el 2000 durante la primavera-verano, periodo de reclutamiento de la anchoveta. Se dispone de mas de 32 cruceros y 95 estaciones de TS. Además se realizarán experiencias de medición de TS ex situ con peces confinados en una jaula cúbica de 0,5 m de lado. Se usará el software EchoView ver 7.1.

El objetivo principal del proyecto es “**Estimar** la fuerza de blanco (TS) de la anchoveta en sus distintas unidades demográficas a nivel nacional”.

La presente consultoría requiere la revisión experta de un consultor con experiencia en la medición de la TS de peces pelágicos pequeños, con énfasis en anchoveta. Se solicita la revisión de las metodologías de recolección de los datos in situ y ex situ, la revisión de las metodologías de procesamiento de la información recolectada y la discusión y comparación de los resultados con especies similares y sugerencias de mejora futuras.

El trabajo se realizará en conjunto con el equipo de acústicos del IFOP formado por Jorge Castillo, Álvaro Saavedra, Francisco Leiva y Javier Legua.

Debido a la pandemia, la consultoría se realizará en forma remota. La metodología consistirá en la revisión de documentos y datos que entregará el equipo ejecutor del proyecto al consultor.

## 4. MATERIAL Y MÉTODOS

Se contemplan las siguientes etapas en el trabajo:

### 4.1. Fase 1 Descripción y tareas

#### 4.1.1. Revisión de las metodologías de colección de datos

Se revisarán las metodologías de colección de datos TS in situ y ex situ. El equipo del IFOP informará al consultor de la metodología aplicada, entregando toda la información requerida para documentar exhaustivamente el proceso.

#### 4.1.2. Revisión de las metodologías de procesado de datos

El equipo del IFOP explicará al consultor externo los parámetros y controles usados en el software usado Echoview v7.1. En esta etapa se entregarán resultados de los procesos realizados.

#### 4.1.3. Análisis de los factores que afectan al TS de la anchoveta

Se analizarán los factores que afectan al TS de la anchoveta, enfatizando aquellos vinculados con las diferenciaciones de las Unidades Demográficas (talla, peso, factor de condición, estados de madurez y crecimiento) y los factores fisiológicos del individuo, tales como tamaño y forma de la vejiga gaseosa, talla y profundidad de distribución.

## 4.2. Fase 2 Descripción y tareas

### 4.2.1. Análisis estadístico

Este apartado se analizará la robustez estadística de las ecuaciones ajustadas a partir de su significación (p-valor) y ajuste de las pescas individuales a la relación global de TS frente a talla.

### 4.2.2. Revisión del informe final

Se revisará la redacción del informe final antes de la entrega al cliente.

### 4.2.3. Asistencia al taller de diseminación de resultados

Se requerirá la participación del consultor en un taller de difusión con la participación de expertos nacionales y usuarios de la pesquería, se requeriría una charla de 15 minutos de duración en que se expongan los resultados, dificultades-soluciones de la evaluación acústica de la anchoa en el golfo de Vizcaya, considerando las metodologías aplicadas para la medición del TS.

## 5. RESULTADOS

### 5.1. Fase 1 - Evaluación del proyecto

#### 5.1.1. Revisión de las metodologías de colección de datos

Para este proyecto se ha realizado una recolección de datos ambiciosa, usando registros obtenidos a lo largo de más de una década en tres regiones geográficas distintas. Se emplearon asimismo dos métodos complementarios de estimación del valor TS: (1) *in situ* y (2) *ex situ*.

La metodología *in situ* proporciona menor control de los individuos de anchoveta cuya respuesta acústica se mide, pero a cambio ofrece una respuesta acústica en su ambiente natural, que *a priori* debería ser insesgada. La metodología *ex situ* extrae individuos a un ambiente más controlado, en el que se dispone de mayor y más precisa información de las variables de estudio, pero a costa de potencialmente alterar las mediciones al realizarse fuera del entorno natural y provocar posibles cambios de comportamiento en los ejemplares de estudio que podrían modificar los valores de fuerza del blanco medidos. Es por ello que una combinación de ambos métodos, en caso de ser posible, es recomendable ya que facilita obtener estimas de la fuerza del blanco insesgadas y precisas.

La metodología de colección de datos empleada en ambos métodos, descrita en las siguientes subsecciones, se considera adecuada para los objetivos propuestos.

##### 5.1.1.1. TS *in situ*

Los datos acústicos fueron registrados usando ecosondas científicas EK60 de 38 y 120 kHz, con transductores de haz partido calibradas según metodología estándar. Los registros se realizaron a diferentes longitudes de pulso (0.256, 0.520 y 1.024 ms).

Las muestras biológicas se obtuvieron mediante red pelágica con dispositivo de flotación en la boca y en las alas, especial para su pesca cercana a la superficie (hasta 1 m de profundidad).

Se estableció un protocolo adecuado para definición de condiciones requeridas para uso de registros acústicos para estimación de TS *in situ*: pescas nocturnas con el barco detenido, en buenas condiciones meteorológicas y ambientales, con proporción de especies pura o predominante de anchoveta. Se dispuso de más de 70 pescas que cumplieran las condiciones para la frecuencia de 38 kHz y más de 90 para la frecuencia de 120 kHz.

#### 5.1.1.2. TS *ex situ*

Los datos acústicos en este método también fueron registrados usando ecosondas científicas EK60 de 38 y 120 kHz, con transductores de haz partido calibradas según metodología estándar. Los registros se realizaron a las mismas longitudes de pulso que en el método *in situ* (0.256, 0.520 y 1.024 ms).

Los ejemplares de anchoa vivos se consiguieron usando red de cerco a bordo de una embarcación artesanal. Las anchoas capturadas se introdujeron en un vivero para su aclimatación a la superficie durante 12 horas y, con cuidado de que se encontraran bajo el agua en todo momento, se llevaron a una jaula de monofilamento de 15 mm de malla estirada, con forma cúbica de 0.5 m de lado situada a > 10 m del transductor (es decir, fuera del rango de campo cercano, evitando así posibles problemas en este sentido). Al final se realizó muestreo biológico de cada ejemplar.

### 5.1.2. Revisión de las metodologías de procesado de datos

Para el procesado de datos acústicos se usó el software Echoview. Se aplicó el algoritmo de resolución de blancos individuales con parámetros adecuados (umbral -65 dB y un ángulo máximo de 1 grado respecto al eje acústico del transductor). Varios de los parámetros del algoritmo de blancos individuales se establecieron mediante análisis de sensibilidad. Además, se aplicaron dos filtros adicionales:

- Un filtro de bifrecuencia (Ballón *et al.*, 2011) para eliminar blancos de plancton y filtrar así los ecos débiles del histograma.
- Un filtro de alta densidad, basado la aplicación de un umbral a partir del cálculo de número de individuos por unidad de volumen (Sawada *et al.*, 1993), aplicando un umbral de 0.4 unidades por m<sup>3</sup>. Este filtro actuaba eliminando los ecos más fuertes del histograma. En caso de que se pretenda publicar este análisis, una posible mejora metodológica podría consistir en elegir el umbral a partir de la metodología propuesta por Gauthier and Rose (2001), que supera una potencial inconsistencia del umbral de Sawada, en cuanto a que el valor de TS en el cálculo del umbral no tiene por qué coincidir con el obtenido como resultado final del análisis.

#### 5.1.2.1. TS *in situ*

Las distribuciones de TS obtenidas se compararon con las distribuciones de tallas de las capturas realizadas para establecer una relación TS – talla. Los resultados obtenidos, a partir de 54 pescas y un rango de tallas medias bastante amplio, de entre 5 y 16 cm, indicaron una relación con una pendiente de 18.3 y un intercepto de -71.6 dB para la frecuencia de 38 kHz. La pendiente queda así cercana a la pendiente esperada de 20 para especies fisóstomas (Foote, 1980). El intercepto equivalente obtenido tras fijar la pendiente a un valor de 20 se estableció en -73.46 dB. Este valor se suele calcular para facilitar la comparación entre especies y áreas. El valor así obtenido es menor que algunos valores obtenidos recientemente en la literatura para otras especies de engráulidos, como *Engraulis encrasicolus*, (Sobradillo *et al.*, 2021) -66.4 dB, o *Engraulis anchoita* (Madirolas *et al.*, 2017) -68.6 dB, y está más en consonancia con el valor obtenido para *Engraulis japonicus* -71.6 dB, (Zhao, 2004). Estas diferencias pueden deberse a diferencias morfológicas o de comportamiento entre las distintas especies.

Para la frecuencia de 120 kHz se dispuso de 93 pescas y un rango de tallas medias de entre 6 y 16 cm. La relación obtenida mostró una pendiente de 17.6 y un intercepto de -71.7 dB. Forzando una pendiente de 20, el intercepto obtenido fue de -74.02, ligeramente inferior a la de 38 kHz, como es de esperar en especies fisóstomas de estos rangos de tamaños.

No se encontraron diferencias significativas entre Unidades Demográficas para ninguna de las dos frecuencias. En cuanto a longitudes del pulso, no se realizaron ensayos para determinar si existían

diferencias significativas sólo entre pulsos (sin diferenciar UD's al mismo tiempo). Sería recomendable completar el trabajo con estos análisis para ayudar a determinar si los filtros de ecos múltiples aplicados fueron efectivos, como hicieron Sobradillo et al. (2021), que interpretaban la igualdad de TS medio a distintas longitudes de pulso como síntoma de correcto funcionamiento de los filtros, ya que la disminución del volumen insonificado no disminuía el TS medio.

Se realizaron comparaciones de pendientes e interceptos a través de tests t de Student entre pares de unidades geográficas. El objetivo de los test estadísticos es eliminar los subsets que dan diferencias significativas con el resto. Con ello se consigue encontrar una relación TS – talla más limpia.

#### *Relación TS-talla-profundidad*

En una etapa posterior, se dio un paso más, al establecer una relación extendida TS–talla–profundidad según las relaciones establecidas por, por ejemplo, Ona 2003 o Zhao et al 2008, que añaden un factor de dependencia con la profundidad en la forma  $10\gamma (1+z/10)$ . **Los resultados obtenidos confirmaron claramente la disminución del TS con la profundidad para ambas frecuencias, siendo el valor de  $\gamma$  obtenido de 0.65 para la 38 kHz y de 0.36 para la 120 kHz.** Estos valores suponen, para la frecuencia de 38 kHz, una compresión prácticamente la esperada para un globo esférico sujeto a la ley de Boyle, resultados parecidos a los obtenidos por Zhao (2004) para la anchoa japonesa. Para la frecuencia de 120 kHz, la compresión sería la mitad que la esperada según la ley de Boyle, más en consonancia con lo obtenido por Ona (2003) para el arenque.

#### 5.1.2.2. TS *ex situ*

Para el análisis de TS *ex situ* se obtuvieron ejemplares de anchoa de tamaños más grandes que para los análisis *in situ*. Los ecogramas mostraron solapamiento entre los ecos de las anchovetas y las paredes de la jaula debido al pequeño tamaño de la jaula en comparación con los pulsos empleados. A pesar de ello, los resultados obtenidos muestran valores de TS promedio consistentes con los obtenidos mediante la técnica *in situ*. Las relaciones globales TS vs talla fueron: pendientes 17.6 e intercepto -63.8 dB para la 38 kHz, y pendiente 18.4 e intercepto -63.83 dB para la frecuencia de 120 kHz.

Las pendientes para los datos *ex situ* exclusivamente, sin embargo, fueron algo menores (11.5 para 38 kHz y 12.2 para 120 kHz), quizá debido a crecimiento alométrico de la vejiga natatoria respecto de la talla del pez, que pudieron así provocar incrementos comparativamente menores de su TS en las últimas fases del crecimiento. De cara a una posible publicación futura de los datos, podría ser una buena idea restar el eco de la jaula antes de realizar el análisis de TS para evitar posibles sesgos de sobreestimación del valor de TS. Aunque, dada la consistencia entre datos *ex situ* e *in situ*, el posible sesgo no parece muy acusado.

### 5.1.3. Análisis de los factores que afectan al TS de la anchoveta

En este apartado se pueden considerar dos actividades llevadas a cabo en el proyecto: (1) el estudio de la vejiga natatoria y (2) la caracterización de las agregaciones de anchoveta.

#### 5.1.3.1. Estudio anatómico de la anchoveta

Para el estudio anatómico de vejiga natatoria se recogieron ejemplares de anchoa de distintos rangos de talla y de las distintas unidades demográficas. Se midieron parámetros morfométricos estándar de las anchovetas, más mediciones del tamaño de la vejiga natatoria, que se supone que es el órgano que más afecta a la fuerza del blanco. Para obtener mediciones de la vejiga natatoria, se aplicaron varios métodos de medición biológicos e imagenológicos.

En el método biológico, el tamaño de la vejiga se estableció por medición del volumen desplazado por cada ejemplar de anchoveta antes y después de extirpárseles la vejiga natatoria. En cuanto a los métodos imagenológicos, se probaron dos: resonancia magnética y TAC, de entre los cuales, el segundo proporcionó resolución y calidad de imagen considerablemente mayores.

Las imágenes TAC proporcionaron una caracterización anatómica de la vejiga natatoria de la anchoveta muy precisa y detallada. Se pudo observar con gran exactitud la estructura de doble cámara, dividida por un esfínter, así como la comunicación entre esta y la cloaca para la expulsión eventual del aire contenido.

El objetivo de este trabajo consistía en evaluar los efectos de los factores biológicos de la anchoveta en el TS, y poder explicar en caso necesario eventuales diferencias entre zonas geográficas. Para ello se aplicó la metodología descrita por Hazen and Horne (2003) en la cual se reducían los distintos parámetros a escala relativa para poder comparar su posible incidencia en su reflectividad acústica. Los parámetros medidos fueron, entre otros, talla, tamaño de la vejiga o ángulo de inclinación de la vejiga respecto de la horizontal del pez.

De entre estos, el parámetro de mayor impacto potencial resultó ser la talla, y el de menor impacto fue el ángulo de inclinación. Este trabajo obtuvo unos resultados muy prometedores en términos de calidad de las imágenes obtenidas, que podrían dar lugar a una publicación científica de impacto. Para ello, una posible vía consistiría en combinar los resultados de este análisis con los de la caracterización de las agregaciones de anchoveta, para poder añadir datos obtenidos de la acústica, como el ángulo de natación y la profundidad del pez (descritos de en la siguiente sección 5.1.3.2 Caracterización de las agregaciones de anchoveta) en el posible impacto en el TS.

### 5.1.3.2. Caracterización de las agregaciones de anchoveta

Se realizó un análisis de segmentación de las agregaciones de anchoveta, para extraer características morfométricas bidimensionales de estas en los ecogramas acústicos (Reid, 2000; Burgos and Horne, 2008). Las características obtenidas fueron, entre otras, longitud del banco, altura del banco, profundidad media, perímetro o dimensión fractal. Como resultado se presentaron diferencias claras en las características de agregación entre el día y la noche, como era de esperar, mostrando por ejemplo menores densidades y bancos más alargados durante la noche. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre las características diurnas de distintas zonas geográficas.

Asimismo, se realizó un rastreo de ecotrazas individuales (fish tracking, Blackman, 1986) que permite una medición aproximada del ángulo y de la velocidad de natación a partir del seguimiento del mismo individuo a lo largo de varios disparos consecutivos. Entre los resultados obtenidos, se destaca la mayor velocidad registrada en desplazamientos horizontales sobre los verticales (quizá un artefacto debido al efecto de la resolución de la longitud del pulso o quizá una diferencia real debida a la aclimatación al cambio de presión

durante los desplazamientos verticales. También se encontró una diferencia de ángulo de natación promedio entre zonas, que sin embargo no vino acompañada de un cambio de TS promedio.

## 5.2. Fase 2 - Difusión de resultados

### 5.2.1. Revisión del análisis estadístico

Los test realizados para la comparación de relaciones de TS vs talla (t de Student) así como los análisis de la varianza (ANOVA) de los modelos de regresión son adecuados para los objetivos propuestos de acuerdo al criterio del consultor. Recomendaría eso sí realizar comparaciones de pendientes t de Student también entre las relaciones TS-talla a diferentes longitudes del pulso en cada frecuencia, independientemente de la unidad demográfica. También incluiría el resultado de las comparaciones de pendientes t de Student de las relaciones TS-talla entre distintas áreas geográficas (no explícitas en la versión del informe de resultados que he leído).

### 5.2.2. Revisión del informe final

En lo que respecta a la versión del informe final que he podido leer, lo allí descrito es una adecuada descripción del trabajo realizado en el proyecto. Los resultados obtenidos están de acuerdo con la memoria del proyecto, salvo pequeñas desviaciones que quizá convendría solventar o justificar:

- Se echa de menos mostrar con claridad los resultados de diferencias de TS entre zonas geográficas y su análisis estadístico correspondiente.
- Falta también justificar el no haber obtenido relaciones TS-talla-profundidad para el experimento *ex situ*, cuya obtención venía recogida en la memoria.

### 5.2.3. Participación en el taller de diseminación de resultados

El día 19 de enero de 2022 tuvo lugar el taller de disseminación de resultados del proyecto. En dicho taller el consultor presentó la charla titulada “Estimación de fuerza del blanco (TS) de especies pelágicas: **Importancia del parámetro, dificultades que conlleva y metodologías disponibles**” a modo de introducción a la presentación de resultados. En ella se puso de relevancia la importancia de las estimas de la fuerza de blanco en la gestión de los recursos pesqueros por métodos acústicos y las dificultades que entraña obtenerlas de forma robusta y fiable. Tras las presentaciones de resultados de los distintos objetivos, se realizó una discusión sobre la metodología aplicada, los resultados obtenidos y su aplicación a la gestión de la especie objetivo.

## 6. CONCLUSIONES

- Objetivo 1. Se ha propuesto una metodología estandarizada para la obtención de la fuerza del blanco versus longitud para la anchoveta. La metodología propuesta es correcta por lo que se ha cumplido el objetivo.
- Objetivo 2. Se ha estimado la fuerza del blanco de la anchoveta en función a la talla para cada stock pesquero, con lo que se ha cumplido el objetivo.
- Objetivo 3. Se han caracterizado las agregaciones de anchoveta sobre las que se establecieron las mediciones. Objetivo cumplido.
- Objetivo 4. Se ha estimado la importancia relativa de los factores que podrían incidir en la variabilidad de la fuerza del blanco de la anchoveta para las distintas regiones demográficas. Objetivo cumplido.

### Comentario final:

Dada la excelente calidad de los datos y análisis realizados, y el considerable esfuerzo que ha supuesto su obtención, considero que merecería la pena, dedicando algo más de trabajo, tratar de publicarlos en revistas científicas de impacto. Por ejemplo, un artículo sobre la estimación de una relación TS-talla para la anchoveta, el posible cambio del TS de acuerdo a la zona geográfica y la influencia de factores fisiológicos y de comportamiento en estos cambios resultaría en mi opinión muy completo y exhaustivo, y podría tener muy buena acogida en la comunidad científica internacional.

## BIBLIOGRAFÍA

- Ballón, M., Bertrand, A., Lebourges-Dhaussy, A., Gutiérrez, M., Ayón, P., Grados, D., and Gerlotto, F. 2011. Is there enough zooplankton to feed forage fish populations off Peru? An acoustic (positive) answer. *Progress in Oceanography*, 91: 360–381.
- Blackman, S. S. 1986. Multiple target tracking with radar applications. Artech House, Massachusetts.
- Burgos, J. M., and Horne, J. K. 2008. Characterization and classification of acoustically detected fish spatial distributions. *ICES Journal of Marine Science*, 65: 1235–1247.
- Foote, K. G. 1980. Averaging of fish target strength functions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 67: 504–515.
- Gauthier, S., and Rose, G. A. 2001. Diagnostic tools for unbiased in situ target strength estimation. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 58: 2149–2155.
- Hazen, E. L., and Horne, J. K. 2003. A method for evaluating the effects of biological factors on fish target strength. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 555–562.
- Madirolas, A., Membiela, F. A., Gonzalez, J. D., Cabreira, A. G., Dell'Erba, M., Prario, I. S., and Blanc, S.** 2017. Acoustic target strength (TS) of argentine anchovy (*Engraulis anchoita*): The nighttime scattering layer. *ICES Journal of Marine Science*, 74: 1408–1420.
- Ona, E. 2003. An expanded target-strength relationship for herring. *ICES Journal of Marine Science*, 60: 493–499.
- Reid, D. 2000. Report on echo trace classification. ICES Cooperative Research Report: 107. <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Report+on+Echo+Trace+Classification#0>.
- Sawada, K., Furusawa, M., and Williamson, N. J. 1993. Conditions for the precise measurement of fish target strength in situ. *Fish. Sci.*, 20: 15–21.
- Sobradillo, B., Boyra, G., Pérez-Arjona, I., Martínez, U., and Espinosa, V. 2021. Ex situ and in situ target strength measurements of European anchovy in the Bay of Biscay. *ICES Journal of Marine Science*, 78: 782–796.
- Zhao, X. 2004. Depth dependence of the target strength of anchovy measured in situ. ICES CM.

## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Jorge Castillo y a su equipo, por su confianza depositada en mí como consultor para la evaluación de este proyecto. Les felicito también por el buen trabajo desarrollado y los animo a tratar de publicar varios de los excelentes resultados logrados.



---

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO

Almte. Manuel Blanco Encalada 839

Fono 56-32-2151500

Valparaíso, Chile

*[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)*

---



[www.ifop.cl](http://www.ifop.cl)