FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2005

INFORME FINAL CORREGIDO

Proyecto FIP
N° 2005-29

Estimaciones *in situ* de la fuerza de blanco (TS) de merluza de tres aletas

OCTUBRE
2007

INFORME FINAL CORREGIDO

PROYECTO

FIP N° 2005-29

Estimaciones *in situ* de la fuerza de blanco (*TS*) de merluza de tres aletas

• Octubre, 2007 •

REQUIRENTE

FONDO DE INVESTIGACIÓN PESQUERA, FIP

Presidente del Consejo:
Jorge Chocair Santibáñez

EJECUTOR

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO, IFOP

Jefe División Investigación Pesquera:
Mauricio Braun Alegría

Director Ejecutivo:
Ramón Figueroa González

• Octubre, 2007 •

JEFE DE PROYECTO

SERGIO LILLO VEGA

AUTORES

SERGIO LILLO V.
ROBERTO BAHAMONDE F.
CECILIA CANCINO A.
JUAN SAAVEDRA N.
FRANCISCO FLORES
ÁLVARO SAAVEDRA G.

COLABORADOR

GAVIN MACAULAY

• Octubre, 2007 •

RESUMEN EJECUTIVO

En el presente informe se entregan los resultados del proyecto FIP N° 2005-29 "Estimaciones ***in situ*** de la fuerza de blanco de merluza de tres aletas", cuyo objetivo general es estimar mediante métodos ***in situ***, la fuerza de blanco de la especie merluza de tres aletas (***Micromesistius australis***).

El enfoque metodológico propuesto consideró dos formas para la estimación de la fuerza de blanco. El primero correspondió al método de estimación de TS ***in situ,*** en el cual las mediciones acústicas se realizan con los peces en su ambiente natural y en el que la identificación de las especies como la estructura de tamaños de los peces insonificados se obtiene mediante lances de pesca y el segundo método ***ex situ*** basado en la morfometría de la vejiga.

Para llevar a cabo la propuesta metodológica, se procedió a definir el sistema acústico a emplear para lo cual se analizaron diferentes alternativas, seleccionándose un sistema compuesto de un transductor de profundidad, que era desplegado en las profundidades de distribución de la merluza de tres aletas, y unido al buque mediante dos cables uno de transmisión de señal y el otro de soporte. Una vez realizada la selección del sistema acústico, se definió la zona y período de ejecución del crucero de investigación en base a la información disponible sobre la distribución espacial y características biológicas del recurso.

Para la realización de las mediciones ***in situ*** se localizaron zonas con presencia de merluza de tres aletas y condiciones meteorológicas que permitieran mantener el buque con el mínimo de movimiento. Una vez que se cumplieron las dos condiciones previas, se detuvo la marcha del buque y se procedió a bajar el

transductor hasta la profundidad de distribución de los peces y registrar en medios magnéticos la información acústica por ellos generada.

El crucero de investigación se efectuó entre el 19 y 26 de agosto del 2006 a bordo del B/C "Abate Molina" en la zona del mar exterior de la XI Región, donde se realizaron 12 pruebas de mediciones de fuerza de blanco de los cuales sólo en 6 se obtuvieron datos que pudieron ser atribuibles a la merluza de tres aletas. Conjuntamente con las mediciones de fuerza de blanco se realizaron 2 lances de identificación de ecotrazos, recolección de muestreos biológicos y muestras de vejiga natatoria y 2 estaciones oceanográficas donde se registraron los perfiles verticales de salinidad, temperatura y oxígeno. Esta última situación generada por las malas condiciones meteorológicas que imperaron en la zona durante gran parte del estudio.

Las mediciones de fuerza de blanco medidas fluctuaron entre -33 y -38,1 dB con un valor promedio de -34,9 dB para una talla media de 51 cm. Sin embargo, debido a que en los 2 lances de pesca de identificación se obtuvieron valores de talla media similar, no se pudo ajustar a los datos un modelo estadístico.

Basado en los resultados de las mediciones desarrolladas, se proponen dos modelos para estimar la fuerza de blanco y la talla del stock de merluza de tres aletas en Chile. En uno, se asumió una relación cuadrática entre la fuerza de blanco y la talla total del pez con resultado de TS= 20*log(*L*)-69,1 y el otro, asumiendo el valor de la pendiente de la relación TS/talla total propuesta para la especie ***M. poutassou*** y que dió lugar a la relación TS= 21,8*log(*L*)-72,1.

Los resultados obtenidos de las mediciones ***ex situ*** muestran una relación de TS = 32,2*log(*L*)-88,8; la fuerza de blanco estimada hasta los 46 cm de longitud

total es inferior a la utilizada en los estudios previos de merluza de tres aletas efectuadas en Chile, situación que se invierte en ejemplares de mayor tamaño. Esto resulta en que la variación dependerá de la estructura de tallas del stock evaluado, siendo positiva en ejemplares menores a 46 cm y negativa en los individuos de tamaño mayor.

La aplicación de las relaciones obtenidas *in situ* durante el presente estudio en la estimación de la abundancia y biomasa de la merluza de tres aletas, entregan resultados que serían entre 2% y 14,8% mayores que las obtenidas en estudios previos, variación que dependerá de la talla media y la relación utilizada, mientras que al emplear la estimación ***ex situ*** la variación de la abundancia dependerá de la composición de la estructura de tallas, presentando una variación positiva en ejemplares de longitud total inferior a 46 cm y positiva en los individuos mayores a dicha talla.

En lo que respecta a las condiciones hidrográficas medidas en dos estaciones en la zona de estudio, las variables temperatura, oxígeno y salinidad muestran en ambas observaciones estructuras similares y no serían las fuentes causales de la variabilidad registrada en las mediciones de la fuerza de blanco de la merluza de tres aletas.

De acuerdo a los resultados obtenidos, se recomienda emplear en las estimaciones de la abundancia de merluza de tres altas, las relaciones obtenidas mediante el método ***in situ*** y dejar las mediciones ***ex situ*** como valores referenciales. Además, se recomienda continuar con este tipo de estudios pues permitirán validar o modificar los resultados aquí obtenidos.

ÍNDICE GENERAL

Página

RESUMEN EJECUTIVO ---------- **i**

ÍNDICE GENERAL ---------- **iv**

ÍNDICE DE FIGURAS ---------- **vii**

ÍNDICE DE TABLAS ---------- **ix**

ÍNDICE DE ANEXOS ---------- **ix**

1. OBJETIVO GENERAL ---------- **1**

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS ---------- **1**

3. ANTECEDENTES ---------- **2**

3.1 De las mediciones de fuerza de blanco ---------- 2
3.2 Del recurso ---------- 5

4. METODOLOGÍA ---------- **7**

4.1 Objetivo específico 1. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) v/s longitud, asociada a la especie en estudio ---------- 7
4.1.1 Conocimiento previo ---------- 7
4.1.2 Estimación de la fuerza de blanco ---------- 13

4.2 Objetivo específico 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la merluza de tres aletas en función a la talla ---------- 14

4.2.1 Período y área de estudio ---------- 14
4.2.2 Embarcación y equipos acústicos ---------- 15
4.2.3 Mediciones de fuerza de blanco ---------- 16
4.2.4 Lances de pesca de identificación y muestreo biológico ---------- 16
4.2.5 Estaciones oceanográficas ---------- 17
4.2.6 Procesamiento y análisis de los datos ---------- 17
4.2.7 Estimación de TS ***ex situ*** utilizando modelos de vejigas natatorias de merluza de tres Aletas ---------- 19

4.3 Objetivo específico 3. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones ---------- 21
4.3.1 Tratamiento y análisis de la información ---------- 21

4.4 Objetivo específico 4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco ---------- 23
4.4.1 Caracterización de las vejigas natatorias ---------- 23
4.4.2 Factores incidentes en la estimación de la fuerza de blanco ---------- 27

5. RESULTADOS ---------- 28

5.1 Objetivo específico 1. Proponer una metodología estandarizada para estimar la relación fuerza de blanco (TS) v/s longitud, asociada a las especies en estudio ---------- 28

5.2 Objetivo específico 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (TS) de la merluza de tres aletas en función a la talla ---------- 29
5.2.1 Calibración del sistema acústico ---------- 29
5.2.2 Mediciones de fuerza de blanco ---------- 30
5.2.2.1 Mediciones *in-situ* ---------- 30
5.2.2.2 Mediciones *ex-situ* ---------- 31

5.3 Objetivo específico 3. Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones ---------- 32

5.4 Objetivo específico 4. Estimar la importancia relativa de los factores que incidirían en la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco ---------- 33

5.4.1 Caracterización de la vejiga natatoria ---------- 33
5.4.2 Factores incidentes en la estimación de la fuerza de blanco ---------- 35

6. TALLER DE DIFUSIÓN Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA ---------- 37

6.1 Taller de presentación del proyecto ---------- 37

6.1.1 Panel de discusión ---------- 38

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS ---------- 41

8. CONCLUSIONES ---------- 46

9. BIBLIOGRAFÍA ---------- 47

FIGURAS

TABLAS

ANEXOS

ANEXO 1. Acoustic target strength of three-finned hake (***Micromesistius australis***) using swimbladder models

ANEXO 2. Plan de asignación de personal profesional y técnico (HH) por objetivo.

ANEXO 3. CD con Informe Final FIP N° 2005-29 (En PDF).

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Clasificación de métodos para estimar la fuerza de blanco (de Foote, 1991).

Figura 2. Distribución espacial de la merluza de tres aletas en el sector austral.

Figura 3. Distribución mensual de las capturas de merluza de tres aletas en aguas chilenas.

Figura 4 Esquema de metodología para mediciones de fuerza de blanco de merluza de tres aletas.

Figura 5. Registro de cardúmenes de merluza de tres aletas registrados al norte y límite norte del área de estudio.

Figura 6. a) Área de estudio (superior) y b) ampliación de la zona de las mediciones de fuerza de blanco (TS), lances de pesca y estaciones oceanográficas.

Figura 7. Plano de red de arrastre de mediagua utilizada durante el estudio.

Figura 8. Transductor ES38DD en su armazón.

Figura 9. Figura de un ecotrazo en tres niveles de ampliación.

Figura 10. Localización de las medidas tomadas del tamaño de la vejiga (L1, L2, L3).

Figura 11 a) Esquema de mediciones de la vejiga. b) Ejemplo de vejiga reconstruida en el plano x-z, (vista dorsal) a partir de los datos de los moldes.

Figura 12. Morfología transversal de una vejiga natatoria.

Figura 13. Distribución de frecuencia de TS (%) registradas durante las mediciones de fuerza de blanco.

Figura 14. Distribución de las estructuras de tallas de merluza de tres aletas registradas durante los 2 lances de pesca de identificación.

Figura 15. **(a)** Relaciones de fuerza de blanco-talla, estimadas a partir de distintas estimaciones de fuerza de blanco (TS). **(b)** Variación en la estimación de la abundancia en comparación con la relación utilizada en los estudios de merluza de tres aletas en Chile (línea roja). SBW=*M. australis,* BW=*M. poutassou*.

Figura 16. Estimaciones de TS *ex- situ* a 18 (○), 38 (●), 70 (*), 120 (×), y 200 kHz (□). Regresión de merluza de tres aletas chilena 38 kHz en línea sólida. Línea punteada merluza tres aletas de Nueva Zelandia 38 kHz. Datos de mediciones *in -situ 38 kHz de Nueva Zelandia son también incluidos (♦).*

Figura 17. Distribución de la fuerza de blanco individual por pez en relación a la velocidad media, dirección horizontal y dirección vertical.

Figura 18. Morfología externa vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas.

Figura 19. Esquemas de vejiga gaseosa. a) vejiga gaseosa, b) se indica la posición relativa del septo en vista longitudinal y en cortes transversales.

Figura 20. Cara anterior de sección transversal de molde de vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas

Figura 21 Valor del ángulo α Merluza Tres Aletas.

Figura 22. Promedio de valores de ángulo $\tilde{\alpha}$ Merluza Tres Aletas.

Figura 23. Gráfico de dispersión entre la longitud cefálica (LC) y la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

Figura 24. Gráfico de dispersión de la longitud Vejiga y la proporción longitud cefálica (LC)/longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

Figura 25. Gráfico de dispersión de la longitud vejiga y la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

Figura 26. Longitud de las vértebras relacionadas con la vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas (●: machos; **x**: hembras).

Figura 27. Promedio de la longitud de las vértebras normalizado a la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

Figura 28. Promedio L1 – L2 (L1+L2)/2. Merluza Tres Aletas.

Figura 29. Promedio de longitud L1- L2 normalizado a la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

Figura 30. Longitud L3 de las vértebras. Merluza Tres Aletas.

Figura 31. Promedio Normalizado (L3/LS) por vértebra. Merluza Tres Aletas.

Figura 32. Volumen mínimo, de llenado y máximo de vejiga v/s longitud estándar (LS) en hembras. Merluza Tres Aletas.

Figura 33. Volumen mínimo, de llenado y máximo de vejiga v/s longitud estándar (LS) en machos. Merluza Tres Aletas.

Figura 34. Volumen mínimo, de llenado y máximo de vejiga v/s longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

Figura 35. Gráfico de dispersión de los volúmenes mínimo de llenado y máximos de las vejigas de Merluza Tres Aletas.

Figura 36. Distribución de las variables salinidad, oxígeno y temperatura en las estaciones oceanográficas.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes biológicos de la merluza de tres aletas (***Micromesistius australis*).**

Tabla 2. Datos registrados durante las mediciones de fuerza de blanco.

Tabla 3. Controles de operación del sistema acústico.

Tabla 4. Datos operacionales de a) los lances de pesca y b) estaciones oceanográficas.

Tabla 5. Calibración del sistema acústico.

Tabla 6. Valores estimados de la fuerza de blanco de merluza de tres aletas.

Tabla 7. Largo (mm), sexo, volumen de la vejiga (mm3) y TS estimado a frecuencias de 18,38,70,120 y 200 kHz para las muestras de merluza de tres aletas.

Tabla 8. Valores promedio, desviación estándar, mínimo y máximo para los descriptores de 636 observaciones de marcas individuales de merluza de tres aletas.

Tabla 9. Datos morfométricos y de morfología de la vejiga gaseosa. Merluza tres aletas.

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO 1. Acoustic target strength of three-finned hake (***Micromesistius australis***) using swimbladder models.

ANEXO 2. Plan de asignación de personal profesional y técnico (HH) por objetivo.

1. OBJETIVO GENERAL

Estimar mediante métodos ***in situ***, la fuerza de blanco (*TS*) de merluza de tres aletas.

2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

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

2.2 Estimar la relación de fuerza de blanco (*TS*) de merluza de tres aletas en función a la talla.

2.3 Caracterizar las agregaciones sobre las cuales se efectuaron las mediciones.

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

3. ANTECEDENTES

3.1 De las mediciones de fuerza de blanco

La acústica pesquera o bioacústica ha sido definida como el empleo de ondas sonoras de alta frecuencia en el estudio de la distribución, abundancia y comportamiento de un recurso pesquero (Simmonds y MacLennan, 2005; Medwin y Clay, 1998). El sonido en forma de un pulso es transmitido desde un sistema acústico, pulso que se desplaza a través del agua y que al encontrar objetos de densidad diferente al medio, tales como peces o fondo, una parte del sonido es reflejado hacia la fuente emisora conteniendo información acerca de la profundidad, abundancia, tamaño, velocidad y dirección del pez.

El uso de sistemas acústicos en la investigación de ecosistemas acuáticos, permite la posibilidad de registrar y estudiar los recursos pesqueros de manera rápida y directamente en su hábitat, con un método no invasivo de recolectar datos de alta resolución y la posibilidad de muestrear amplias extensiones geográficas, ha incrementado, ya sea en estudios orientados a la evaluación de la abundancia, comportamiento y distribución espacio-temporal de los recursos hidrobiológicos (Bertrand ***et al.***, 2002; Brandt, 1996).

Una prospección acústica de un recurso pesquero debe tener como base tres factores que son: **(a)** un sistema acústico calibrado, con transductores que permitan estimar la posición espacial del pez con respecto al eje del haz acústico, **(b)** un diseño de muestreo asociado a escalas espaciales y temporales, de manera que el recurso se encuentre en la condición de distribución más favorable para su detección con sistemas acústicos y **(c)** un conocimiento de las propiedades acústicas y características biológicas de los peces evaluados (Kloser ***et al.***, 1997).

Para convertir la señal acústica en una estimación de densidad de peces, se requiere de un conocimiento de las propiedades de dispersión acústica de los peces bajo estudio, es decir, su fuerza de blanco la que representa la capacidad de reflejar el sonido por parte de un pez (Kloser ***et al.***, 2003).

En términos generales, se puede señalar que la densidad (ρ_a) de un recurso pesquero se puede estimar a partir de la energía acústica retrodispersada (S_A) y de su fuerza de blanco (*TS*) mediante la relación:

$$\rho_a = S_A / (4\pi * 10^{0,1*TS}) = S_A / (4\pi * 10^{0,1*(m*log(L)-b)})$$

Se tiene entonces que la evaluación directa de un stock pesquero mediante métodos acústicos requiere tener información acerca de la fuerza de blanco (*TS*) o índice de reflexión individual, factor clave en la estimación de la abundancia e identificación de los recursos pesqueros y que corresponde a la fracción de la energía acústica incidente ($\boldsymbol{I_i}$) que es reflejada ($\boldsymbol{I_r}$) por un pez insonificado por un pulso acústico.

$$TS = 10 \log (\boldsymbol{I_r}/\boldsymbol{I_i})$$

Cuando se dispone de varias mediciones de este tipo, realizadas sobre grupos de peces cuyas tallas medias abarcan un rango amplio de valores, es posible ajustar un modelo estadístico ($TS=m*\log(L)+b$) con variable predictora la talla (***L***) y variable respuesta la fuerza de blanco (***TS***) y donde los parámetros a estimar son valores particulares para cada especie o grupo de especies (McLennan y Simmonds, 1992).

Los métodos de estimación de *TS* se pueden clasificar en dos grandes grupos (Foote, 1991) como son métodos *in situ* y ***ex situ*** (**Figura 1**). Las mediciones *in situ,* son aquellas que se realizan sobre peces en su ambiente natural, sin perturbarlos hasta que las mediciones acústicas hayan sido completadas y la identidad precisa de los blancos es desconocida por lo que se requiere una buena

identificación de los blancos, una calibración pertinente del sistema acústico y acercar el transductor a la distribución de peces que se desea medir. En los métodos ***ex situ*** en cambio, las mediciones se efectúan en un ambiente controlado sobre peces removidos de su ambiente natural y donde se tiene una buena identificación de los ejemplares como de su comportamiento. Sus dificultades radican en mantener los peces vivos y alteraciones en el comportamiento en relación a su hábitat.

En la categorías de mediciones ***ex situ*** se ubican también los estudios basados en el uso de modelos para estimar la fuerza de blanco, lo que hace necesario conocer la forma y tamaño de la vejiga natatoria, lo que se consigue mediante la inyección de resinas que permiten obtener un molde de la vejiga, mediante radiografías o el uso de ecotomografías y la fuerza de blanco estimada a partir de la teoría acústica y del conocimiento de las diferentes partes del pez que contribuyen a ella, en especial de la vejiga natatoria la que representaría sobre el 90% de la energía reflejada por un pez (Foote y Traynor, 1988; Simmonds y MacLennan, 2005; Medwin y Clay, 1998).

La vejiga natatoria es una bolsa ubicada en la cavidad celómica que deriva del tramo anterior del tracto digestivo y se encuentra delimitada por las vértebras abdominales, tanto por los cuerpos vertebrales, como por las apófisis que dan forma al techo y a las paredes de la misma, respectivamente. La pared ventral está formada por tejido conectivo, rete mirabile y fibras colágenas que la hacen resistente a tensiones de tracción (Wainwright ***et al.***, 1980, Zwerger ***et al.***, 2002) e impermeable a los gases, incluso a altas presiones (Eckert ***et al.***, 1988) y su posición en relación al centro de gravedad constituye un factor de importancia en la locomoción y la flotabilidad neutra del pez.

3.2 Del recurso

La merluza de tres aletas (***Micromesistius australis*** Norman, 1937) cuyos antecedentes biológicos se presentan en la **Tabla 1**, constituye un componente importante en el ecosistema sur austral, por una parte como consumidor de zooplancton y también como integrante de la dieta de otros peces (***Merluccius australis***, ***Dissostichus eleginoides***, ***Salilota australis***), cetáceos y aves (Arkhipkin y Laptikhovsky, 2003). Esta especie presenta dos poblaciones, que mostrarían características genéticas diferentes, una en el Pacífico suroriental y Atlántico suroccidental (**Fig. 2**), asociada a la plataforma y talud continental de la región sur austral de Chile y Argentina como también alrededor de las islas Malvinas, islas Orcadas del Sur, islas Shetland del Sur, islas Georgias y mar de Bellinghausen, y la otra en aguas subantárticas alrededor de Nueva Zelandia en el Pacífico suroccidental (Ryan ***et al.***, 2002; Chesheva y Barabanov, 2001, Csirke, 1990).

En el Océano Pacífico, Avilés y Aguayo (1979) la sitúan entre las latitudes 42°26'S a 57°30'S, y Lillo ***et al.*** (1993) informan que su distribución está asociada a la plataforma y talud continental en profundidades de 130 a 800 m. La pesquería de este recurso se desarrolla sobre una estrecha franja que no supera las ocho millas náuticas y que abarca longitudinalmente entre las latitudes 43°S a 57°30'S, no obstante la gran extensión longitudinal de su área de distribución, sus capturas más relevantes se realizan en el área comprendida entre las latitudes 47° y 51°S y que han representado en promedio el 75% de la captura total de este recurso (Céspedes ***et al.***, 2007).

Estacionalmente, las capturas de merluza de tres aletas en el sector Pacífico suroriental se llevan a cabo principalmente en el período comprendido entre junio y octubre, cuando se extrae sobre el 90% de la captura anual **(Fig. 3).** Esta estacionalidad en las capturas, responde a la presencia de un pulso migratorio de

carácter reproductivo, el cual ingresa al sector chileno a mediados del segundo trimestre proveniente del sector Atlántico, el que se desplaza asociado a la plataforma y talud continental hacia un área de desove localizada entre las latitudes 47°00' S a 51°00' S, donde se concentra desde mediados de julio a septiembre, retornando luego hacia el sur abandonando el sector Pacífico a mediados de noviembre en dirección al Atlántico sur-occidental (Lillo ***et al.,***1993).

Durante los años 1993 y 2001-2006 se han efectuado en Chile una serie de estudios que tuvieron como objetivo evaluar el stock de merluza de tres aletas (***Micromesistius australis***) en la zona sur austral. Aunque en estos estudios se han efectuado mediciones de fuerza de blanco, sus resultados no se han considerado confiables, debido a la alta probabilidad de incorporar blancos múltiples en los datos, producto de la gran distancia transductor/peces y la alta densidad de las agregaciones que presenta este recurso (Lillo ***et al.***, 1998). Debido a lo anterior, en las estimaciones de la abundancia el escalamiento de las lecturas acústicas a los estimados de biomasa se han realizado mediante la utilización de dos relaciones, una la planteada por Lillo ***et al.*** (1996) para ***Merluccius gayi***, relación que presenta valores similares a los obtenidos para otras especies de merluzas en el mundo como ***Merluccius capensis*** (Svellingen y Ona, 1999), ***Merluccius productus*** (Kieser ***et al.***, 1998), ***Merluccius australis*** (McClatchie ***et al.***, 2003) y la otra corresponde a la relación estimada para ***Micromesistius poutassou*** (Monstad ***et al.***, 1995) y que también es utilizada en las estimaciones de ***Micromesistius australis*** que se efectúan en Argentina y Nueva Zelandia (Hanchet, 2005).

En este contexto, el Consejo de Investigación Pesquera consideró necesario realizar los estudios que permitan efectuar estimaciones de la fuerza de blanco de la ***Micromesistius australis***, de modo de mejorar las estimaciones directas que se efectúen sobre ella.

4. METODOLOGÍA

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

El presente proyecto convocó a presentar una metodología para efectuar mediciones ***in situ*** de la fuerza de blanco de ***Micromesistius australis***. Sin embargo, atendiendo los antecedentes disponibles tanto para la especie como para la zona de estudio, en la oferta técnica se plantearon dos métodos para estimar la fuerza de blanco, una ***in situ*** mediante el uso de un transductor de profundidad, el que es dispuesto a una corta distancia de los peces a medir y otra ***ex situ*** mediante el uso de modelos en base a la morfometría de la vejiga natatoria.

La razón para utilizar ambos métodos se basa en las dificultades que se pueden encontrar en los trabajos de campo debido principalmente a las condiciones meteorológicas que predominan en la zona de estudio durante el período de desarrollo del estudio, los que según Medwin y Clay (1998) deben ser considerados, prefiriéndose períodos con condiciones de mar y viento que mantengan al buque con el mínimo de movimiento, de manera que no se provoquen ruidos en el entorno del transductor que pudieran alterar las mediciones de fuerza de blanco.

4.1.1 Conocimiento previo

En esta etapa se recopilaron los antecedentes disponibles con respecto a la especie objetivo, los métodos de medición de la fuerza del blanco y los recursos tecnológicos disponibles (Fig. 4).

En la planificación de una prospección acústica pesquera se consideran tres elementos como son: **(a)** un conocimiento de las propiedades acústicas (*TS*), biológicas y fisiológicas del recurso en estudio, **(b)** un diseño de muestreo asociado a las escalas espaciales y temporales del recurso, de manera que éste se encuentre en la condición más favorable para su detección con sistemas acústicos y **(c)** un sistema acústico calibrado.

4.1.1.1 Del recurso

Cuando el objetivo de una prospección acústica es estimar el tamaño de un stock o de una fracción de éste, que en el caso de la merluza de tres aletas se ha orientado hacia el stock desovante, es necesario que las mediciones de fuerza de blanco se realicen en períodos similares a los considerados como adecuados para la evaluación con métodos acústicos. De este modo, se logra que las mediciones incorporen las condiciones fisiológicas que los peces presentan durante las evaluaciones por métodos acústicos de su stock.

Un elemento importante para el éxito de las mediciones de fuerza de blanco, radica en el diseño de muestreo a utilizar, el cual debe incorporar el conocimiento disponible que se tenga del recurso objetivo en las distintas escalas espaciales y temporales (Simmonds ***et al.***, 1992) como son: la disponibilidad del recurso objetivo a los equipos acústicos, su grado de agregación o contagio que pueden variar según la estación o hora del día, aspectos reproductivos, tróficos, condiciones ambientales y las condiciones fisiológicas de los peces (estadios de madurez sexual, estado de llenado estomacal e índices gonádicos). Otro elemento a considerar es la distribución temporal, pues las mediciones de fuerza de blanco ***in situ*** se deben realizar en los mismos períodos en que se realizan las evaluaciones del recurso, lo que permite operar sobre peces con características biológicas y fisiológicas similares.

a) <u>Características biológicas</u>:

- <u>Período reproductivo</u>: La merluza de tres aletas es una especie desovadora parcial con fecundidad determinada, con un sólo desove anual. El proceso de desove transcurre mayoritariamente en el bimestre agosto-septiembre (Sánchez ***et al.***, 1986; Macchi, 2004; Lillo ***et al.***, 2005b; Saavedra ***et al.***, 2006). Esta especie se concentra para desovar favoreciendo su disponibilidad a los sistemas acústicos.

- <u>Alimentación:</u> La proporción de estómagos con algún tipo de contenido estomacal es baja (< 27%), situación que ha sido atribuida a la rápida digestión de presas con cuerpos frágiles como son las especies del zooplancton (Pool ***et al.***, 1997). Presenta un comportamiento alimentario de características zooplanctófagas del tipo carcinófago, siendo sus presas en primer lugar crustáceos pelágicos (eufáusidos) y en segundo lugar pequeños peces (mictófidos) (Otero, 1977, Pool, ***et al.***, 1997; Lillo ***et al.***, 2005b).

- <u>Estructura demográfica:</u> La evaluación acústica de la merluza de tres aletas se realiza sobre la fracción desovante del stock y su estructura demográfica está dominada por ejemplares adultos donde participan individuos de un rango de tallas entre 36 y 65 cm que pertenecen a los grupos de edades GE 2 hasta el GE 20+. Esta especie presenta una tasa de crecimiento notablemente lento después de la edad 7 (Saavedra ***et al.***, 2006), lo que se traduce que en un estrecho rango de tallas esté contenida una gran variedad de edades (Lillo ***et al.***, 2003).

- <u>Vejiga natatoria (gaseosa):</u> es el principal órgano de reflexión (95%) de la energía acústica de los peces (Foote y Traynor, 1988; Simmonds y MacLennan, 2005; Medwin y Clay, 1998). La merluza de tres aletas se puede

clasificar según su vejiga natatoria como fisoclistos y la caracterización de su vejiga permitirá analizar su probable impacto en las mediciones de *TS*.

b) ***Dinámica*** **espacial**:

- El pulso migratorio sobre el que se basa la pesquería de la merluza de tres aletas, hace que esta presente una alta variabilidad en su distribución espacial que depende de su proceso reproductivo y migratorio. Sus cardúmenes se destacan por su tamaño, alta densidad y por ser monoespecíficos (Lillo y Céspedes, 1998; Lillo ***et al.***, 2005a) (**Fig. 5**). En este sentido, la definición de las escalas (temporal y espacial) para las mediciones de TS debe buscar la pertinencia de los resultados (Simmonds ***et al.***, 1992), esto es, que puedan ser utilizados en las evaluaciones acústicas del stock.

4.1.1.2 De los sistemas acústicos y de pesca

a) **Sistema acústico**:

Los resultados de las mediciones de la fuerza de blanco expresados en la relación *TS*/talla son empleadas para escalar la señal acústica a densidad de peces, esto implica que se debe utilizar un sistema acústico de frecuencia similar a la utilizada en las prospecciones (ICES, 1999, 2003).

Como las mediciones de TS ***in situ*** requieren que solo un pez se encuentre dentro del volumen del pulso acústico, es necesario disminuir el volumen de reverberación. Para esto, se debe acortar la distancia entre el transductor y el blanco (peces), lo cual lleva al uso de transductores sumergidos ya sea remolcables o de caída, con capacidad de ser desplegados en las profundidades de distribución de los peces (Ona y Barange, 1999), lo que

permite minimizar la probabilidad de incorporar ecos múltiples en la medición de la fuerza de blanco.

En su selección deben considerarse como elementos claves los siguientes:

Frecuencia: En la selección de la frecuencia de un sistema acústico deben incorporarse tres factores como son la ausencia o presencia de vejiga natatoria; la distribución de tamaño de los peces a muestrear y el comportamiento de los peces (Horne y Clay, 1998).

Transmisor: Genera un pulso eléctrico de corta duración, el que es enviado al transductor. Define la duración del pulso y la potencia de transmisión, es decir, el alcance del equipo. El tamaño del pulso, define además la altura del volumen de reverberación mínima con que el sistema acústico puede discriminar los blancos resueltos en el sentido vertical.

Transductor: Constituye la interfase buque-océano, convirtiendo la energía eléctrica en energía acústica durante la etapa de transmisión y de manera inversa, convierte la señal acústica proveniente de un blanco en señal eléctrica. Los tipos de transductores más utilizados en la acústica pesquera corresponden a los transductores de haz doble y haz compartido, que permiten estimar la posición del blanco con respecto al haz acústico mediante múltiples haces almacenados en un solo transductor, permitiendo compensar la intensidad de la ecoseñal por el patrón de directividad del transductor. Los transductores de haz compartido tienen la ventaja de localizar un blanco en el espacio tridimensional (azimut, distancia al eje del haz y distancia al transductor), mientras que los transductores de haz doble sólo permiten determinar la distancia del blanco al eje del transductor (Ehrenberg y

Torkelson, 1996). El patrón de directividad define el ancho del haz acústico y el nivel de discriminación horizontal del volumen de reverberación.

Calibración: Para estimar el valor correcto de la escala de lectura, el sistema acústico debe ser calibrado para determinar sus parámetros de operación (Simmonds y MacLennan, 2005). Estas mediciones se efectúan aplicando métodos estándares recomendados por los fabricantes de los equipos acústicos y consiste en disponer un blanco de referencia de intensidad conocida en el eje del haz acústico y ajustar las ganancias del sistema a dicho blanco (Foote ***et al.***, 1986). Durante el estudio, la esfera se localizó con tres cabos de nylon de 17 metros de longitud, fijos a distancias equidistantes al armazón del transductor.

b) **Red de arrastre de mediagua**: El sistema de pesca debe presentar un amplio rango de selección de las capturas, que permita retener todas las tallas presentes en el área de estudio. Además, debe poder operar a las profundidades en que se distribuye mayoritariamente la merluza de tres aletas (150 – 300 metros),

4.1.1.3 Diseño de muestreo para la medición de *TS in situ*

a) Definición de la escala espacial (área de estudio)

El área de estudio se definió en la zona del mar exterior comprendido entre las latitudes 47° a 51° sur (**Fig. 6a**) que constituye la principal área reproductiva de la especie (Lillo ***et al.***, 2005a).

b) Definición de la escala temporal (período del estudio)

Las evaluaciones acústicas de merluza de tres aletas se efectúan sobre la fracción desovante o adulta del stock. Reconociendo la existencia de variabilidad interanual en los procesos biológicos-espaciales del recurso objetivo, es posible definir el período adecuado para la realización del estudio como al bimestre julio-agosto, que corresponde al lapso de tiempo en el cual la merluza de tres aletas se concentra en el área de estudio. Las mediciones de fuerza de blanco realizadas durante el período seleccionado, deben reflejar las características fisiológicas que los peces presentan durante las prospecciones.

4.1.2 Estimación de la fuerza del blanco

En el procesamiento y análisis de los datos se desarrollaron las siguientes etapas**:**

a) **Análisis exploratorio**: inspección, revisión y selección de los datos acústicos y biológicos.

b) **Procesamiento de los datos**: el procesamiento y análisis de los datos contempla:

- Una inspección de los datos y ecogramas, para remover aquellos datos que no correspondieran a las especies objetivos, como plancton, interferencias acústicas u otros.
- Adquirir los datos de la fuerza de blanco, profundidad, distancia del blanco al transductor, dirección y velocidad en los planos horizontal y vertical y el número de veces insonificado, mediante el empleo del módulo Fish Tracking del software Echoview.

- Estimar el coeficiente individual de retrodispersión promedio ($\overline{\sigma}_{(j)}$), a partir de la fuerza de blanco promedio ($\overline{TS_j}$) de cada medición y que fue asociada a la talla promedio.

- Para la estimación de la fuerza de blanco ***ex situ***, la vejiga natatoria se caracterizó en relación a su tamaño, volumen y posición relativa con respecto al pez según la metodología descrita en el numeral 4.2.7. El cálculo de la fuerza de blanco se efectuó mediante la aproximación de Kirchhoff (Clay y Horne, 1994).

- Ajustar un modelo estadístico del tipo:

$$\widehat{TS} = m * \log(talla) + b$$

c) **<u>Validación de los datos</u>**: análisis comparativo con estudios efectuados sobre especies similares.

4.2 Objetivo específico 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (*TS*) de merluza de tres aletas en función a la talla.

4.2.1 Período y área de estudio

El tiempo dedicado al desarrollo del crucero de prospección fue de 7 días. Este se realizó entre el 19 y 26 de agosto del 2006 según el siguiente desglose temporal: navegación a zona de estudio (2 días), en zona (3,5 días) y navegación a puerto (1,5 días).

Para el desarrollo de las mediciones de fuerza de blanco, se buscó un área que cumplieran con las condiciones adecuadas para efectuar las mediciones, esto es, el

recurso objetivo disponible al sistema acústico y condiciones meteorológicas adecuadas. Para esto se exploró con el sistema acústico del buque detectándose la presencia de registros de merluza de tres aletas desde la latitud 46°57'S hacia el sur (**Fig. 5**), seleccionándose como área de trabajo para las mediciones de fuerza de blanco la comprendida entre las latitudes 47°00'S y 47°10'S (**Fig. 6**).

Aunque en el estudio se consideraba como área de estudio la comprendida entre las latitudes 47° a 51° sur, las condiciones meteorológicas imperantes en la zona obligaron a circunscribir el desarrollo del crucero de prospección hacia el límite norte del área de estudio (**Fig. 6b**).

4.2.2 Embarcación y equipos acústicos

El crucero de prospección se efectuó a bordo del B/C "Abate Molina", nave del tipo arrastrero, tiene una eslora de 43,6 metros, equipada con un sistema de evaluación acústica especializado y una red de arrastre de mediagua de 119 metros de relinga (**Fig. 7**).

Se utilizó un sistema acústico marca Simrad modelo EK500, conectado mediante un cable de transmisión de 500 metros de longitud a un transductor de profundidad de haz dividido modelo ES38DD, el que fue alojado en un canastillo metálico con una veleta estabilizadora (**Fig. 8**). Para desplegar el transductor a la profundidad requerida por la distribución de los peces, se utilizó un winche oceanográfico y un cable de acero de 4 milímetros de diámetro, que permitió regular la profundidad del transductor mediante el contámetro del winche. Con el objeto de evitar enredos y torceduras de los cables sumergidos, a medida que se bajaba el transductor, ambos cables eran unidos mediante amarras.

4.2.3 Mediciones de fuerza de blanco

Durante el crucero se efectuaron 12 pruebas de medición de la fuerza de blanco con el transductor de profundidad ES38DD. Para llevar a efecto las mediciones y una vez localizada una zona adecuada para este tipo de trabajo, el buque detenía su marcha y el transductor era bajado por un costado del buque hasta una profundidad de 50 metros del límite superior de distribución de los peces. Una vez que el sistema se estabilizaba a la profundidad deseada y con el buque derivando con la corriente, se iniciaba el proceso de medición y registro de los datos (**Tabla 2**) con la disposición de los controles del sistema que se presentan en la **Tabla 3.**

Los datos de cada ping recopilados fueron: fecha, hora, número del ping, posición geográfica, profundidad del transductor, profundidad del blanco y del fondo relativa al transductor y distancia angular del blanco al centro del haz. Estos datos fueron almacenados en archivos magnéticos para su posterior proceso.

4.2.4 Lances de pesca de identificación y muestreo biológico

Durante el crucero y con el objetivo de obtener muestras biológicas que permitieran estimar la estructura de tallas y características de los peces insonificados durante las mediciones, se realizaron cuatro lances de pesca (**Tabla 4a)**. Para ello, se utilizó la red de mediagua marca Motueka que presentó un desarrollo vertical de 35 metros a una velocidad de arrastre de 3 a 3,3 nudos. Para disminuir el efecto selectivo, el túnel de la red se armó con una cubierta interior de 50 milímetros de tamaño de malla.

Al terminar el virado de la red, la captura se depositó sobre la cubierta y se procedió a tomar una submuestra al azar y sobre la cual se efectuó un muestreo biológico de los ejemplares capturados. En esta actividad se registraron los datos

operacionales del lance (fecha y hora del lance, posición, profundidad y captura) y los datos de los peces como: longitud o talla total, peso total, peso eviscerado, peso de las gónadas y peso del contenido estomacal, sexo, y estado de madurez sexual macroscópica.

4.2.5 Estaciones oceanográficas

Con posterioridad a los lances con capturas de merluza de tres aletas, se realizaron dos estaciones oceanográficas (**Tabla 4b**) donde se registró la distribución en la columna de agua de la salinidad, temperatura y contenido de oxígeno. En cada una de las estaciones oceanográficas se obtuvieron perfiles verticales de temperatura (ºC), salinidad (psu) y oxígeno disuelto (ml l^{-1}) mediante un CTDO marca Neil Brown, modelo Mark III.

4.2.6 Procesamiento y análisis de los datos

El procesamiento de los datos comprendió los siguientes pasos:

- Una inspección de los datos y ecogramas, para remover aquellos datos que no correspondieran a las especies objetivo, como plancton, interferencias acústicas u otras.

- Utilización del software de seguimiento de blancos “Fish tracking” del programa Echoview, que permite a partir de los datos acústicos detectar blancos individuales de peces. Estos últimos 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 (**Fig. 9**). En el seguimiento de los blancos se consideró que calificaban para su procesamiento aquellos blancos que eran insonificados a lo menos en tres

pings y que la variación de profundidad entre pings consecutivos, no excediera a la altura del pulso utilizado. Para la estimación de la fuerza de blanco no se consideraron los datos de aquellos peces de fuerza de blanco superior a -30 decibeles, asumiendo que ellos corresponderían a ecos múltiples, de igual manera no se consideró en los cálculos a 22 registros con un valor de fuerza de blanco de -49 dB.

- Se registraron los datos de la fuerza de blanco, profundidad, distancia del blanco al transductor, dirección y velocidad en los planos horizontal y vertical y el número de veces insonificado.

- 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:

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

Luego, la fuerza de blanco promedio de cada medición fue asociada a la talla promedio estimada para las capturas obtenidas en los lances de pesca de identificación.

4.2.7 Estimación de TS ex-situ utilizando modelos de vejigas natatorias de merluza de tres aletas (Anexo 1)

Esta actividad fue desarrollada con la consultoría del Dr. Gavin Macaulay del National Institute of Water and Atmospheric Research Ltd (NIWA) de Nueva Zelandia. El informe por él preparado se entrega en el anexo 1.

4.2.7.1 Modelos de vejigas

Se prepararon moldes de las vejigas natatorias de las 23 muestras de merluzas de tres aletas. Los moldes fueron cortados en rodajas en cada vértebra y fueron tomadas tres medidas del tamaño de la vejiga relativa al centro de la vértebra (**Fig. 10**) El espacio entre las vértebras fue medido y relacionado con el sexo y el largo de cada pez.

El método utilizado para medida de fuerza de blanco (*TS*) en NIWA requiere que la superficie de la vejiga sea definida por un conjunto de triángulos (esto es, cada triangulo se junta con el lado de otro triángulo, no produciéndose espacios entre ellos). Sin embargo el conjunto de datos entregado fue el de diámetro de la vejiga tomados a intervalos regulares a lo largo de ella. Por tanto la forma de la vejiga fue reconstruida usando el diámetro, espacio y ubicación para generar un conjunto de círculos de un diámetro apropiado en ubicación y espacio. Estos fueron convertidos en una representación triangular dividiendo cada círculo en 25 segmentos y construyendo triángulos entre los discos adyacentes.

Utilizando la ley del coseno y referido a la **figura 10**, la posición del centro de cada vejiga fue calculada usando:

$$x = \frac{L3}{2} - L1 * \cos(A)$$

$$y = -L1 * sen(A)$$

donde L1, L2 y L3, son los lados del triángulo inscrito dentro de la vejiga gaseosa y con centro A en la vértebra (Fig. 10) y donde A se estima como:

$A = \cos^{-1}\left(\frac{L2^2 - (L1^2 + L3^3)}{-2 * L1 * L3}\right)$, con el origen tomado en el centro de la vértebra.

La coordenada **z** fue tomada como una suma acumulativa del espacio vertebral, y los discos reconstruidos orientados perpendicularmente hacia el eje **z** (**Fig. 11a**). No se dispuso de los datos en los puntos de inicio y término de las vejigas, por lo que se asumió para los puntos extremos el espesor de la vértebra inmediatamente después del último dato. No hubo información disponible sobre el desplazamiento relativo de la vértebra o de la rodaja o corte de la vejiga, por lo que se asumió que todas las vértebras estaban alineadas en una línea recta. Un ejemplo de una vejiga reconstruida se observa en la **figura 11b.**

4.2.7.2 Estimación del TS *ex-situ*

La aproximación de Kirchhoff fue utilizada para estimar el TS (Foote 1985, Medwin y Clay 1998). La fuerza de blanco fue estimado a inclinaciones de vejiga con ángulos entre -40 y +40 grados a intervalos de 1 grado. Las estimaciones de TS con la inclinación promedio fueron entonces derivadas entre la relación TS-inclinación con la distribución del ángulo de inclinación con un promedio de 0 grados y una desviación estándar de 15°. Esta es una distribución que es consistente con medidas en muchas otras especies de peces (McClatchie ***et al.*** 1996), y en vez de las medidas reales de ángulos de inclinación es una buena

aproximación. Estos cálculos fueron repetidos para frecuencias de 18, 38, 70, 120 y 200 kHz, siendo estas las frecuencias mas usadas en estimaciones acústicas. Se utilizó una velocidad del sonido de 1479,6 m/s, una profundidad estimada del recurso en 300 m, una salinidad de 35 ppm, y una temperatura del agua de 6°C (Mackenzie 1981). El cambio en la impedancia de la vejiga fue tomada para reflejar el 100% de la energía acústica. Se debe hacer notar que el procedimiento para la estimación de TS es el mismo utilizado en Nueva Zelanda y reportado por Dunford y Macaulay (2006).

Las 23 vejigas muestreadas provenían de peces con tamaños de longitud total entre 30,7 y 51,4 cm, con una distribución apropiada y bien distribuida para ajustar una regresión con los puntos de TS. Con una regresión de la forma: TS= m Log(l)+c (donde TS es el promedio en dB por m^2, m es la pendiente y c el intercepto), ésta fue ajustada con los datos para cada frecuencia utilizando la función de Matlab robustfit (The MathWorks Inc. 2001).

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

4.3.1 Tratamiento y análisis de la información

Se realizó un análisis general de los ecotrazos registrados durante los trabajos de medición de fuerza de blanco de merluza de tres aletas, aplicando estadística descriptiva referida a los valores promedios, máximos, mínimos desviación estándar y coeficientes de variación para las siguientes variables descriptivas de profundidad (m), fondo (m), *TS* (dB ref 1m^2), velocidad (m/s) y 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

Se estimó el Índice de altura (%), como la medida porcentual de ubicación en la columna de agua del ecotrazo con respecto al fondo, con valores entre 0 y 100 significando valores altos cuando el pez se encuentra cercano a la superficie y, valores bajos, que se encuentra más cercano al fondo.

Finalmente, se analizó la variación en la velocidad promedio, dirección y angulo de inclinación de los peces insonificados, medidos mediante el módulo "fish tracking", con respecto a los rangos de *TS* observados, graficándose la dispersión de los datos de la dirección vertical y de velocidad con respecto a los rangos de *TS*.

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

4.4.1 Caracterización de las vejigas natatorias

a) Toma de muestras

Teniendo en consideración la diferencia en la estructura gonádica de ambos sexos, su disposición en la cavidad celómica y las diferencias en el estado de desarrollo de las mismas de acuerdo al estado de madurez sexual de los especímenes, las vejigas de la merluza de tres aletas son tratadas separadamente por sexo y por talla. La definición de la muestra se basó en los resultados de los proyectos de evaluación directa que se han realizado sobre este recurso y de los muestreos de las capturas comerciales obtenidas en los mismos períodos en que se han desarrollado los cruceros de investigación (Lillo ***et al.***, 2003, Saavedra ***et al.***, 2006), que han registrado una estructura de tallas del stock que abarca entre los 35 y 64 cm. Se recolectaron un total de 36 ejemplares para ser seleccionados en tierra, de los cuales 18 correspondieron a hembras de tallas entre 35 y 64 cm de longitud y 18 a machos de un rango de tallas entre 35 y 59 centímetros. Estas muestras fueron obtenidas a partir de los muestreos biológicos de las capturas, identificados, congelados y transportados al laboratorio en tierra para su análisis.

b) Procesamiento de los datos

A los especimenes utilizados en el estudio se les asignó un número correlativo a medida que fueron traídos desde la bodega de IFOP al Laboratorio de Morfología Funcional Animal de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso. El rango de tallas (LT) de los especímenes estudiadas es 35 – 60 (cm), el único intervalo no representado para especímenes hembra es 39-40; mientras que para machos no se encontró especímenes en los rangos 53-54 y 59-60. Del total de 23 ejemplares

de ***M. australis*** estudiados, 11 ejemplares correspondieron a machos y 12 a hembras.

Los caracteres externos medidos para los especímenes estudiados fueron: longitud total (LT) longitud estándar (LS), longitud cefálica (LC) altura máxima (Hmáx) y altura mínima (Hmín). Las medidas fueron tomadas por un mismo observador con ictiómetro y pie de metro con precisión 0,02 mm, tres veces consecutivas, de tal manera que los datos utilizados en el análisis corresponden al promedio de las medidas. A cada vértebra constituyente de la vejiga se le midió la longitud del cuerpo vertebral y el ancho de la apófisis derecha en el punto medio, con pie de metro (precisión 0,02 mm.). Se determinó el peso de las gónadas con una balanza digital de precisión 1 g. Posteriormente los ejemplares fueron eviscerados y se extrajo la columna vertebral con la vejiga gaseosa efectuándose las siguientes mediciones de acuerdo a los protocolos establecidos por Hubbs y Lagler (1947), que fueron:

- Número de vértebras **(N^o_{ver}).** Por conteo visual. Se determina el número de vértebras que conforman la vejiga, como también la vértebra de inicio y final de la vejiga.

- Diseño de las vértebras. Para cada una de las vértebras se define el punto central del cuerpo vertebral y los puntos distales de las apófisis vertebrales. La figura geométrica obtenida en base a la definición de dichos puntos en la vértebra (triángulo), es ingresada como imagen a un computador y analizada en AutoCad, a partir del cual las dimensiones lineales se miden en centímetros (cm) y las volumétricas en centímetros cúbicos (cm^3)

– Longitud del cuerpo vertebral **(L_{cv})**; distancia entre los puntos distales de las apófisis vertebrales **(D_{apo})**; el ángulo formado entre las apófisis y cuerpo vertebral **(ángulo α)**.

- Volumen mínimo **($Vol_{mín}$)**: estimado matemáticamente a partir de los resultados del diseño de la cara anterior de las vértebras y longitud del cuerpo vertebral, como:

  $Vol_{mín}$ = Σ área vertebral anterior **x** longitud del cuerpo vertebral **(L_{cv})**

- Volumen máximo **($Vol_{máx}$)**: estimado a partir de la obtención de los moldes del volumen máximo que soporta la vejiga.

- $Vol_{máx}$ = Σ área sección transversal de cada corte **x** longitud del cuerpo vertebral **(L_{cv})**

Para la determinación de los volúmenes se inyectó a la vejiga gaseosa una solución gelificante coloreada, hasta que el tejido de la pared ventral se tensiona al máximo posible. Posteriormente, se separaron los cuerpos vertebrales y se cortaron en las zonas de articulación, obteniéndose las porciones de volumen de vejiga con sus correspondientes vértebras. La secuencia ordenada de secciones transversales anteriores fueron escaneadas, utilizando un scanner AGFA SNAPSCAEN E40. Las imágenes escaladas (1 mm.) fueron digitalizadas con el software IMAGE PRO PLUS 4.5.1, que permite calcular parámetros como ángulo, longitud, área y volumen necesarios para el estudio.

Debido a la libertad de la pared de la vejiga respecto de la estructura vertebral, se definió el volumen mínimo de cada segmento de acuerdo a la determinación de los parámetros estructurales L1, L2 y L3 de la siguiente manera: se identificó el centro de crecimiento de la vértebra y se trazó una recta hasta el punto distal del borde ventral del segmento de vejiga, para luego ubicar la perpendicular a esta recta que pase por la porción más ancha, es decir una recta entre apófisis, la que corresponde al parámetro L3. Entonces, a partir de los extremos de L3, se proyectan hacia el centro de crecimiento vertebral las rectas que definen los parámetros L1y L2. De esta

manera se obtiene el ángulo alfa (α) (**Fig. 12**), siempre considerando la superficie anterior de la figura obtenida del corte transversal.

La longitud de la vejiga se estima a partir de la sumatoria de la longitud de los cuerpos vertebrales que la componen. El volumen mínimo y máximo de cada segmento de vejiga se estimó multiplicando el área de sección transversal por la longitud del cuerpo vertebral, mientras que la diferencia entre ambos corresponde al volumen de llenado. Por lo tanto los volúmenes mínimo, máximo y de llenado de la vejiga, corresponden a la sumatoria de los volúmenes de todos los segmentos.

Visualmente se contó el número de vértebras relacionadas con la vejiga y cada cuerpo vertebral **(L_{cv})** fue medido con pie de metro de precisión 0,02 mm. cuya sumatoria permite conocer la longitud total de la vejiga, expresada en milímetros.

Estos datos fueron enviados al Dr. Gavin Macaulay (NIWA) para ser considerados en la estimación de la fuerza de blanco ***ex situ***.

c) Análisis de los datos

Se calculó la proporción entre la longitud cefálica y longitud estándar (LC/LS) por sexo y sus estadísticos correspondientes (promedio, varianza y coeficiente de determinación).

Se estimaron los valores de alometría entre la proporción LC/LS y la longitud de la vejiga, como también el valor de alometría entre LC/LS y el volumen mínimo y máximo.

Se modeló la variación del volumen de la vejiga por especie y por sexo, utilizando los resultados obtenidos entre los volúmenes mínimos y máximos de las tallas analizadas, en base a la simplificación de los parámetros estructurales.

A través del modelo se evaluó cual de los parámetros estructurales de la vejiga presenta la más alta correlación con la variación volumétrica entre el mínimo y el máximo teórico de la misma, dentro del rango de tallas analizadas por sexo.

4.4.2 Factores incidentes en la estimación de la fuerza de blanco

a) Toma de datos

Durante el crucero se efectuaron mediciones de datos de la *TS* ***in situ,*** además de estaciones oceanográficas y lances de pesca donde colectó información de salinidad, temperatura, información biológica como la: profundidad de los peces, dirección vertical (tilt), medida como la distancia angular entre dos ping consecutivos del mismo blanco, estadio de madurez sexual, peso de las gónadas y estado de repleción estomacal.

b) Procesamiento de los datos

Los datos provenientes de los muestreos acústicos y biológicos fueron inspeccionados para verificar la ausencia de datos atípicos e ingresados a una base de datos.

De los datos biológicos se procedió a estimar: el índice gonádico (IGS) por lance y un indicador de masa corporal como:

$$\overline{IGS} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{Pg_i}{(Pc_i - Pg_i)} \quad ; \quad \overline{ICE} = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\frac{Pe_i}{(Pc_i - Pe_i)}$$

siendo Pg_i el peso de la gónada, Pc_i el peso total del pez y , Pe_i el peso del contenido estomacal, todos expresados en gramos.

5. RESULTADOS

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

En el enfoque metodológico propuesto se consideró dos formas para la estimación de la fuerza de blanco, como fueron los métodos ***in situ***, con mediciones de peces en su ambiente natural y el otro ***ex situ*** basado en la morfometría de la vejiga natatoria.

Para un recurso como la merluza de tres aletas, donde la factibilidad de evaluarlo mediante métodos acústicos depende del avance de su proceso reproductivo y migratorio, conformando agregaciones o cardúmenes que se destacan por su tamaño y alta densidad. Las mediciones de su fuerza de blanco deben realizarse bajo el siguiente esquema:

a) Escala temporal

Como las evaluaciones acústicas se realizan sobre el pulso migratorio de la fracción desovante de la merluza de tres aletas, las mediciones de fuerza de blanco deben efectuarse en concordancia con el proceso reproductivo del recurso, lo que implica que el período de desarrollo de estas mediciones debe acotarse al período de los meses de julio y agosto.

b) Escala espacial

El área seleccionada para las mediciones de fuerza de blanco, está referida a aquella donde se efectúa la evaluación acústica y que corresponde a la plataforma y talud continental comprendida en el área limitada por las latitudes 47° S y 51°S.

c) Sistema acústico

Las características de distribución batimétricas de la merluza de tres aletas (> 130 m) y la densidad de sus agregaciones, requiere que las mediciones de *TS* se realicen mediante un sistema acústico que cuente con un transductor con capacidad de ser sumergido. Esto permite disminuir el volumen de reverberación y aumentar la capacidad de resolución de los registros acústicos.

El sistema debe poseer un transductor de igual frecuencia al utilizado en las evaluaciones acústicas, que para el caso de la merluza de tres aletas, corresponde a un transductor de 38 KHz y de haz dividido, de modo de permitir la localización espacial dentro del pulso de los peces detectados.

d) Sistema de pesca

El sistema de pesca para la obtención de muestras de los peces insonificados, debe poseer una baja selectividad tanto en tamaño de peces como de especies, de modo de capturar de manera completa los organismos que están siendo insonificados. Para esto, se deben utilizar redes que puedan operar a las profundidades de distribución de los peces y que cuenten con tamaños de malla reducidos que eviten su escape.

5.2 Objetivo específico 2. Estimar la relación de fuerza de blanco (*TS*) de merluza de tres aletas en función a la talla.

5.2.1 Calibración del sistema acústico

Los resultados de la calibración del sistema acústico se entregan en la **Tabla 5**. Esta actividad se efectuó con el transductor localizado a 220 metros de profundidad y sobre un fondo de 400 metros.

5.2.2 Mediciones de fuerza de blanco

5.2.2.1 Mediciones *in situ*

En la figura 13 se entregan las distribuciones de fuerza de blanco de las diferentes mediciones y en la figura 14 la distribución de la estructura de talla asociada a las mismas.. En la **Tabla 6** se entregan los valores de fuerza de blanco promedio y la desviación estándar estimados a partir de las mediciones de fuerza de blanco efectuados durante el crucero de investigación.

Las estimaciones de la fuerza de blanco muestran valores que variaron entre -33,0 y -38,1 dB, con un valor medio global de -34,9 dB. Como consecuencia de que en los dos lances en que se registró captura del recurso objetivo la talla media fue similar (51 y 51,7 cm), no se pudo ajustar a los datos un modelo estadístico. Debido a lo anterior, se ajustó un modelo asumiendo conocido el valor de la pendiente (*m*) y estimando el intercepto (*b*), para esto se consideró primeramente una relación cuadrática (20*log(L)) entre la talla y la *TS* y luego se dedujo el intercepto, utilizando el valor de la pendiente de la relación *TS* = 21,8*log(L) – 72,8 estimada para ***M. poutassou*** (Monstadt ***et al.***, 1995) y que es también utilizada en las evaluaciones de ***M. australis*** efectuadas en el Atlántico suroccidental y en Nueva Zelandia. Las relaciones obtenidas fueron los siguientes:

$$\overline{TS} = 20*\log(\overline{L}) - 69{,}1 \quad dB$$

$$\overline{TS} = 21{,}8*\log(\overline{L}) - 72{,}1 \quad dB$$

La relación cuadrática presentó una diferencia de -0,6 dB en relación con la utilizada en las evaluaciones de merluza de tres aletas en Chile (20*log (*L*) – 68,5), en tanto que la otra relación mostró una diferencia de +0,7 dB en comparación con la estimada para ***M. poutassou***. Para analizar el impacto sobre la abundancia que se produce al utilizar las distintas relaciones, se estimó el efecto que produce

cada una de ellas, en relación a la utilizada en las evaluaciones acústicas realizadas sobre este recurso en Chile.

En la figura 15a y Tabla 7 se presentan curvas de fuerza de blanco-longitud total obtenidas a partir de diferentes relaciones estimadas para este género, en tanto que en la figura 15b se muestran las variaciones porcentuales que se producirían en las estimaciones de abundancia al utilizar las distintas relaciones estimadas en comparación con la relación base (TS=20*log(L) – 68,5). Los resultados obtenidos en el presente estudio estiman abundancias 14,8% superior con respecto a la relación base al utilizar la relación cuadrática (TS=20*log(L) – 69,1).

De acuerdo a lo anterior, la relación de *TS*-talla utilizada en estudios previos (*TS = 20*log(L)-68,*5) en las evaluaciones hidroacústicas realizadas sobre merluza de tres aletas presentan una subestimación de los niveles de abundancia del stock frente a las demás relaciones presentadas, a excepción de la relación ***ex situ***, donde el signo de la variación dependerá de la estructura de tallas del stock evaluado.

5.2.2.2 Mediciones *ex situ* (Anexo 1)

Los datos utilizados de las 23 vejigas se entregan en la **Tabla 8**, con sus respectivas estimaciones de TS. Los mismos valores de TS se grafican en la **figura 16**, ésta presenta la relación obtenida con la modelación de la vejiga de merluza de tres aletas chilena con la obtenida en estudios de merluza de tres aletas de Nueva Zelanda. Los puntos obtenidos con merluza de tres aletas chilena son consistentes con la relación obtenida en Nueva Zelanda, aunque la relación es aproximadamente 1,5 dB más baja para peces grandes. Esta variación podría

deberse a diferencias entre ambas poblaciones de peces o en el procedimiento de moldeado de las vejigas.

La relación de TS ***ex situ*** para merluza de tres aletas para la frecuencia de 38 KHz fue de:

$$TS = 32,2Log_{10}(l) - 88,8$$

Donde l es el largo total del pez en centímetros y TS es la fuerza de blanco del pez en dB por m^2

Los datos *in-situ* (en 38 kHz) obtenidos para merluza de tres aletas en Nueva Zelanda que son presentados por Dunford y Macaulay (2006) están incluidos en la figura 16. Los valores para rangos de talla de 30 cm son similares para la merluza de tres aletas de Nueva Zelandia y la chilena, pero se observa una diferencia de casi 4 dB en ejemplares de 40 cm.

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

Para el análisis de los ecotrazos de merluza de tres aletas, se utilizaron los datos provenientes de todas las observaciones efectuadas durante las mediciones de fuerza de blanco. Los valores promedio, máximos, mínimos y desviación estándar de los descriptores de los ecotrazos de merluza de tres aletas se presentan en la **Tabla 9**. Esta especie presentó valores de *TS* en un rango entre -30 y -45 dB, con un promedio de -34,7 dB.

En la **figura 17** se presenta en forma gráfica la distribución de TS frente a las variables velocidad promedio pez, dirección horizontal y dirección vertical del

blanco. La velocidad promedio de merluza de tres aletas registrada fue de 0,71m/s con valores que fluctuaron entre 0,05 y 2,26 m/s. La dirección horizontal mostró que los peces de desplazaban en distintas direcciones, abarcando un rango que varió entre los 17° y 354°. Sin embargo, la dirección vertical promedio alcanzada fue de -4,3°, con rangos entre -79° y 68°, ubicándose el 90% de los datos en el rango ± 20°, lo que implica que los peces se desplazaban en una posición casi horizontal, lo que aumenta la probabilidad de reflejar completamente el sonido de un pez. En los tres casos no se detecta algún tipo de tendencia en la fuerza de blanco promedio como efecto de las fluctuaciones de las variables consideradas.

La distribución batimétrica de la merluza de tres aletas fue mesopelágica, con agregaciones que presentaron un índice de altura promedio del 46% con un rango entre el 30 % y 72%, lo cual permite afirmar que se distribuía mediagua.

5.4 Objetivo específico 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

En la **figura 18** se muestra una imagen de la vejiga gaseosa de ***Micromesistius australis***; se observa que es fusiforme en toda su extensión y que la *rete mirabile* se encuentra en la porción media de la superficie ventral. En el esquema de la vejiga se muestra la presencia de una cámara interna que ocupa la zona media posterior; el septo que define a dicha cámara es muy delgado con escasas fibras colágenas (**Fig. 19 y 20**). La ubicación de la cámara es siempre al costado derecho de la vejiga.

La extensión de la cámara interna es coincidente con el total de vértebras en donde el ángulo α es poco variable (**Fig. 21 y 22**); así como también con el segmento de vértebras que presentan bajo incremento de la longitud corporal.

La proporción entre la longitud cefálica (LC) y la longitud estandar (LS) (**Tabla 10**) muestra un valor de desviación estándar de 0,01, con un valor de alometría de aproximadamente 20% (**Fig. 23**). Dicha alometría cefálica característica de la especie interfiere en el valor de correlación con la longitud de la vejiga (**Fig. 24**), razón por la cual la búsqueda de correlaciones se refiere sólo a la longitud estándar, toda vez que el valor de correlación entre la longitud estándar y la longitud de la vejiga es de 0,7595 (**Fig. 25**)

La cantidad de vértebras asociadas a la vejiga gaseosa fluctúa de 12 a 22, con una moda de 19, siendo variable tanto la vértebra de inicio como la de término (**Tabla 9**).

El diseño de las vértebras que sostienen la vejiga es uniforme; cuerpo vertebral cilíndrico, espina neural con arco neural y dos apófisis laterales cortas. El análisis de los resultados muestra que la longitud del cuerpo vertebral se incrementa en las primeras vértebras, para luego estabilizarse (**Fig. 26 y 27**).

El promedio entre L1 y L2 así como la longitud L3 presentan una tendencia similar de aumento en vértebras anteriores, manteniéndose las longitudes relativamente estables en las vértebras siguientes y disminuyendo hacia las últimas 5-6 vértebras asociadas a la vejiga. (**Fig. 28 a 31**).

El ángulo α muestra un aumento rápido en las vértebras anteriores para luego mantenerse estable (**Fig. 21 y 22**). El aumento observado al final de la gráfica se debe al efecto del único ejemplar cuya vejiga finaliza en la vértebra 25.

En la figuras **32 a 34** se presentan los gráficos de dispersión y las curvas de regresión ajustadas a los volúmenes mínimo, llenado y máximo de las vejigas natatorias analizadas en laboratorio, observándose en general niveles aceptables de ajuste de las curvas. Al considerar en forma separada cada tipo de volumen medido (**Fig. 35**) se puede inferir que hacia los rangos de tallas mayores las vejigas natatorias de las hembras presentarían un menor volumen, el que podría ser asociado al estado de madurez avanzada que presentaban los ejemplares analizados. Sin embargo, la variabilidad observada en las mediciones hace necesario continuar con este tipo de estudios, de manera de cuantificar el impacto sobre los valores de fuerza de blanco y en consecuencia en la estimación de la abundancia de este recurso.

5.4.2 Factores incidentes en la estimación de la fuerza del blanco

a) Factores oceanográficos

Los datos recolectados en las 2 estaciones oceanográficas efectuadas durante el crucero y asociadas a los lances de pesca se presentan en la **figura 36.**

Los perfiles verticales de temperatura muestran en las dos estaciones una estructura térmica con una disminución monotónica con la profundidad alcanzando una temperatura mínima de 6°C a la profundidad de 380 metros. Con respecto a los perfiles verticales de salinidad, se tiene que hasta los 250 metros hay un aumento con la profundidad, y hacia los niveles mas profundos una estructura salina homogénea (34,3 psu). En relación con la estructura vertical de la distribución de oxígeno disuelto, este mostró una disminución sostenida con la profundidad, hasta alcanzar un mínimo a los 254 metros de profundidad y un aumento de la concentración hacia rangos batimétricos mayores.

Al considerar el rango batimétrico en que se efectuaron las mediciones, 150-400 metros, se puede considerar que las condiciones ambientales en que se efectuaron los trabajos de medición de fuerza de blanco fueron similares y permanecieron estables durante el período de desarrollo de los mismos.

b) Factores biológicos

Entre los factores biológicos que se habían considerado como fuente de variabilidad en la estimación de la fuerza de blanco se encontraban los relacionados al desarrollo gonadal y contenido estomacal de los peces presentes en la zona en que se efectuaron las mediciones de *TS*.

En lo que respecta a los índices gonádicos, los muestreos biológicos realizados a los ejemplares capturados en los lances de pesca de identificación muestran la presencia dominante de ejemplares maduros (EMS 3 y 4), que constituyeron el 100% de los individuos capturados y muestreados. La distribución observada en los estados de madurez se reflejó en un valor del índice gonadosomático (IGS) que presentó valores promedios similares en ambos lances (0,07). En consideración a lo anterior, se puede señalar que el IGS presentó un valor prácticamente constante en los dos lances de pesca, lo que no permite atribuir a esta condición la variabilidad en la estimación de la fuerza de blanco calculada en cada lance.

Ahora en lo que respecta al contenido estomacal, el índice de contenido estomacal presentó valores muy bajos de 0,003 y 0,004 en cada uno de los lances, esto significa que el contenido estomacal representaba entre el 0,3 y 0,4% del peso del pez, y su probable impacto sobre la fuerza de blanco podría considerarse como marginal.

6. TALLER DE DIFUSIÓN Y DISCUSIÓN METODOLÓGICA

El proyecto contemplaba la realización de dos talleres, uno de presentación del proyecto y el otro de difusión y entrega de resultados. Para dar cumplimiento a la primera de estas actividades se cursaron invitaciones a profesionales relacionados con el tema tanto del sector público institucional como el de la investigación. El 26 de julio se efectuó en el auditórium "Marcos Espejo Vidal" del Instituto de Fomento Pesquero, en Valparaíso, el taller de presentación del proyecto y discusión metodológica, denominado Taller N°1 el cual tuvo una asistencia compuesta por el Secretario Ejecutivo del FIP Sr. Rubén Pinochet, el Sr. Dante Queirolo Ingeniero pesquero de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, la Srta. Paz Pantoja del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada e investigadores del Instituto de Fomento Pesquero.

6.1 Taller de presentación del proyecto

El Jefe de Proyecto efectuó una presentación del proyecto en la cual describió la importancia que representa la fuerza de blanco en el estudio de los recursos pesqueros cuando se emplean métodos acústicos. También señaló que este proyecto que fue llamado a concurso en el primer semestre del 2005 y que en la propuesta se ofrecía efectuar el crucero en agosto del mismo año a continuación de un crucero de prospección que realizaría el B/C Abate Molina en las aguas interiores de la XI región, lo que permitía disminuir el tiempo de navegación a la zona de estudio. Sin embargo, la aprobación del proyecto solo se efectuó en noviembre del 2005, es decir, fuera de la ventana temporal adecuada para este estudio, lo que obligó a desplazarlo para el año 2006. Sin embargo, durante el presente año no hubo crucero en aguas interiores durante el mes de agosto, lo que impactó en un aumento de 2,5 días en navegación hacia y desde la zona de estudio.

A continuación se describieron los dos grandes grupos de clasificación de los métodos utilizados para efectuar las mediciones de fuerza de blanco (*TS*), como son los llamados "***in situ***", como se clasifican aquellos que se realizan sobre peces en su ambiente natural, sin perturbarlos hasta que las mediciones acústicas hayan sido completadas y, los métodos ***ex situ***, donde las mediciones se efectúan en un ambiente controlado, sobre peces que han sido removidos de su ambiente natural.

Luego se refirió a las relaciones de fuerza de blanco utilizadas en las evaluaciones de merluza de tres aletas realizadas durante la última década en Chile, indicando que se han utilizado dos relaciones, una estimada para la merluza común (**M*erluccius gayi***) por Lillo ***et al.*** (1996) y la otra estimada para ***Micromesistius poutassou*** por Monstadt ***et al.*** (1995). Señaló que el utilizar una u otra relación genera resultados que pueden llegar a diferir hasta en un 30%, de allí la importancia de estimar valores propios para la merluza de tres aletas.

A continuación se presentó cada uno de los objetivos específicos, describiéndose las metodologías de trabajo, configuración del equipo y recolección de datos.

6.1.1 Panel de discusión

Posterior a la presentación oral del proyecto se efectuó un panel de discusión general con especial relevancia en los aspectos metodológicos a desarrollar durante el proyecto.

a) Aspectos operacionales

Se consultó acerca de la capacidad operativa del B/C "Abate Molina" para efectuar el crucero de evaluación hidroacústica y el impacto que puede tener en los resultados las condiciones meteorológicas que podrían imperar en la zona durante el desarrollo del crucero. Se señaló que era por todos conocidos las condiciones

meteorológicas que imperan en la zona y que por esa razón también se propuso estimar la fuerza de blanco por métodos ***ex situ***.

También se discutió acerca de la configuración del sistema de ecointegración que se empleará en las mediciones, señalando que las mediciones serán prácticamente estáticas (deriva del buque) y se utilizará un sistema en el cual se bajará el transductor, montado en una armazón similar al empleado con la roseta oceanográfica, hasta la profundidad de distribución de los peces. El sistema estará compuesto por un transductor de profundidad (ES38DD), un cable transmisor y un cable de soporte o umbilical de acero de 4 mm.

b) Diseño de muestreo

En lo referente al diseño de muestreo, se señaló la necesidad de efectuar las mediciones en períodos cercanos a la ejecución del crucero de prospección.

Se consultó si la vejiga, como responsable principal de la fuerza de blanco, se mantiene en igual proporción a lo largo de la vida del pez, a lo cual se respondió que de acuerdo a la bibliografía, dependería de factores tales como: estadios de madurez sexual, talla, llenado del estómago, entre otros.

c) Aspectos biológicos

En relación a los muestreos biológicos, éstos se efectuarán con una red de mediagua una vez finalizadas las mediciones de fuerza de blanco. Estos muestreos se efectuarán con el objeto de estimar la estructura de las concentraciones de peces sobre las cuales se están efectuando las mediciones de fuerza de blanco.

También se consultó acerca de la manera en que serán fijadas las muestras de merluza tres aletas, para su posterior caracterización de la vejiga natatoria. Se señaló que éstas serán congeladas y trasladadas en ese estado a los laboratorios del Instituto de zoología de la PUCV.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

La merluza de tres aletas es un recurso cuya distribución en el Pacífico suroriental presenta fuertes variaciones espaciales y temporales que están asociadas a la fase de desarrollo de su proceso migratorio y reproductivo que se observa en la zona sur austral de Chile (Lillo ***et al.***, 1993, Córdova y Céspedes, 1997 y Lillo y Céspedes, 1998; Lillo ***et al.***, 2005a).

Considerando, que la pesquería de la merluza de tres aletas se verifica sobre la fracción del stock que compone el pulso migratorio y que las evaluaciones acústicas también se desarrollan sobre este contingente, las mediciones de fuerza de blanco deben acoplarse a la ventana espacio/temporal de los cruceros de prospección acústica.

Los resultados obtenidos durante el presente estudio señalan por una parte, la factibilidad de efectuar estimaciones de la fuerza de blanco (*TS*), pero también la dificultad para obtener en una sola campaña datos que permitan cumplir a cabalidad con los resultados esperados del proyecto. Lo anterior, especialmente en lo relativo a la amplitud de la distribución de la estructura de tallas, que durante el estudio se concentraron en un rango relativamente estrecho, como también la homogeneidad de factores asociados al desarrollo gonadal, contenidos estomacales y condiciones oceanográficas, no permitiendo medir el impacto que las variaciones de estos factores tendrían sobre la variabilidad en las mediciones de fuerza de blanco, situación también observada en un estudio de similares características efectuado sobre la merluza del sur y la merluza de cola (Lillo ***et al.***, 2005b)

En lo que respecta al enfoque metodológico propuesto, se recogen los principales procedimientos para las mediciones de fuerza de blanco ***in situ*** señalados por los

mas importantes grupos de trabajo de evaluación acústica que operan en las principales pesquerías del mundo (Heino ***et al.***, 2006, 2003; Macaulay ***et al.***, 2002).

Aún cuando el método ***in situ*** aparece como el método más recomendado para mediciones asociadas a las evaluaciones de la abundancia y biomasa de los recursos pesqueros (Ona, 2003), su implementación y aplicación está sujeta a factores asociados a los recursos pesqueros que se desean evaluar y al equipamiento tecnológico disponible o factible de incorporar en el estudio. Este tipo de estudios necesita incorporar en su proceso de desarrollo todo el conocimiento previo que se tenga del recurso pesquero, pero también deben complementarse aquellos niveles deficitarios que se requieran para el logro de los resultados esperados. En el caso de algunas de las especies objetivo es necesario reforzar los estudios referidos a su conocimiento, sin embargo, estas actividades podrían requerir el uso de enfoques diferentes, como podrían ser los métodos ***ex situ*** o mediante la modelación matemática, que permitan complementar las mediciones ***in situ***, y por ende lograr una mejor interpretación de los resultados de las evaluaciones acústicas de los recursos pesqueros.

En relación con las estimaciones de fuerza de blanco ***in situ*** realizadas durante el presente estudio, en primer lugar cabe mencionar que la alta participación de la merluza de tres aletas en las capturas favorece el empleo del método acústico. Sin embargo, su estrecha estructura de tallas impide ajustar modelos estadísticos a los datos, debiéndose asumir relaciones del tipo cuadrática o bien como en este caso, suponer parámetros de una relación TS-talla estimados para especies símiles y que en el presente estudio se consideró la relación estimada para *M. poutassou*.

Los resultados obtenidos muestran que las estimaciones de abundancia de merluza de tres aletas estimadas anteriormente utilizando la relación base de *TS=20*log(L)-*

68,5 (Lillo ***et al.***, 1996) estarían subestimadas en comparación a las distintas relaciones estimadas ***in situ*** durante el presente estudio en niveles que fluctuarían entre el 2% y el 7%, cuando se utiliza la relación *TS=21,8*log(L)-72,1* y del 14,8% si se emplea la relación *TS=20*log(L)-69,1*. Por otra parte, la abundancia aumentaría entre 20% y 25% en caso que se utilice la relación estimada para *M. poutassou*

En el caso de la estimación ***ex situ,*** los resultados obtenidos presentan hasta los 46 cm de longitud total valores TS inferiores a la relación base (*TS=20*log(L)-68),* situación que se invierte hacia tallas mayores. Esto trae como consecuencia que en el caso de ser usada, la variación dependerá de la composición de la estructura de tallas del stock evaluado, pues sería positiva en los individuos menores a 46 cm y negativa hacia tallas mayores. Una diferencia aun mayor se observaría si se considera la relación TS = 30*log(*L*) -97 estimada por Dunford y Macaulay (2006) para la *M. australis* en Nueva Zelandia, la que en el rango de tallas de 45-60 y que son los de mayor presencia en el stock desovante de la merluza de tres aletas presente en Chile, lo que implicaría una reducción en promedio del 50% en la abundancia.

En todo caso, los resultados de este estudio, indican primeramente la conocida variabilidad que se registra en las mediciones de fuerza de blanco, situación que también se puede observar en el resumen mostrado por Dunford y Macaulay (2006) acerca de distintas mediciones de fuerza de blanco realizadas sobre *M. poutassou* y *M. australis*. En este escenario, el utilizar la relación estimada para la merluza común (Lillo ***et al.***, 1996) y que ha sido empleado en las evaluaciones acústicas de merluza de tres aletas, se podrían calificar dentro del margen de variación de este tipo de mediciones y se propone el uso de la relación cuadrática estimada en el presente estudio en las futuras evaluaciones acústica que se realicen sobre este recurso. Sobre la aplicación de la relación estimada mediante la modelación de la

vejiga natatoria, no se recomienda aún su utilización en las evaluaciones que se realicen en Chile, pudiéndose en todo caso su uso como valor referencial.

Aunque los resultados obtenidos muestran diferencias entre ellos, las que se ubican dentro de los rangos típicos en este tipo de estudios, se señala la necesidad de continuar efectuando mediciones de este tipo como parte integral de los cruceros de evaluación acústica, pues los resultados del presente estudio solo constituyen el inicio de este tipo de estudio sobre este recurso, y deben ser por cierto mejorados en el futuro, dentro de las facilidades de adquisición de equipos como sistemas de video submarino y sistemas acústicos de multifrecuencia, como también de las capacidades de operación en las naves utilizadas en las prospecciones, herramientas permitiría robustecer las estimaciones de fuerza de blanco.

Respecto a la vejiga gaseosa de *M. australis,* ésta presentó una estructura esbelta cuya longitud presenta un índice de correlación de 0,7595 con la longitud estándar de los especimenes estudiados. Este valor de correlación es un 12% y 19% menor que los valores de correlación reportados para merluza de cola y merluza del sur (R^2= 0,8798 y R^2=0,9547, respectivamente) por Lillo ***et al.*** (2005b).

Dichas diferencias pueden ser explicadas por la relación de continuidad que se establece entre las vértebras que conforman la vejiga y la cantidad de tejido conectivo que mantiene unida la vejiga a los cuerpos y apófisis vertebrales. En el caso de la merluza de tres aletas el tejido que sostiene la vejiga a las vértebras es bastante laxo, lo que permite la mayor variación en la longitud de la vejiga al quedar poco restringida a la estructura vertebral. Situación completamente opuesta a la descrita para merluza del sur, en donde la pared ventral de la vejiga presenta una extensión similar a la distancia L3 o en merluza de cola sólo los dos tercios anteriores de la vejiga se encuentran fuertemente adheridos a las vértebras

correspondientes posibilitando la variación del tercio posterior de la longitud de la vejiga. (Lillo ***et al.*** 2005b).

La variación del volumen de vejiga en merluza de tres aletas es equivalente a los resultados obtenidos para las especies de merluza del sur y merluza de cola, es decir el incremento del volumen referido a la longitud estándar de los individuos presenta una correlación de tipo potencial. Sin embargo en *M. australis* se observa un posible comportamiento diferencial entre los individuos de la especie, ya que el valor de la pendiente de la curva en los individuos de menor talla es mayor que en los individuos de baja talla, que es justamente lo opuesto al análisis obtenido cuando se analizan todos los especimenes juntos, es decir, mientras mayor es la talla, menor es el incremento del volumen de la vejiga gaseosa por unidad de longitud.

En lo que respecta a los factores que inciden a la variabilidad de la fuerza de blanco, los datos obtenidos no permitieron efectuar estimaciones de su impacto, pues factores como estadios de madurez, índices gonádicos, contenido estomacal y condiciones oceanográficas permanecieron prácticamente constantes entre los dos lances y estaciones oceanográficas realizadas durante el estudio. Como una manera de mejorar el conocimiento de estos factores, es recomendable que estas mediciones se efectúen en escalas temporales y espaciales más amplias, de modo de incorporar la variabilidad que experimenta un recurso durante los diferentes estadios de vida.

8. CONCLUSIONES

- El enfoque metodológico propuesto para mediciones de fuerza de blanco ***in situ*** fue factible de ser aplicado, pero aún es necesario continuar con este tipo de estudios de modo de robustecer sus resultados. Además es conveniente su complementación con métodos ***ex situ*** de estimación de fuerza de blanco.

- La aplicación del enfoque metodológico permitió estimar relaciones de fuerza de blanco-talla ***in situ*** para la merluza de tres aletas.

- Se estimaron dos relaciones ***in situ*** TS-talla para la merluza de tres aletas que fueron: *TS= 20*log(L)-69,1* y la otra *TS=21,8*log(L)-72,1*. La aplicación de cualquiera de estas relaciones entrega resultados que se pueden considerar dentro de los rangos de variación normales en este tipo de estudios.

- El ajuste para la estimaciones de fuerza de blanco ***ex situ*** a 38 kHz obtenido fue de $TS = 32,2Log_{10}(l) - 88,8$. Estos datos son consistentes con las estimaciones obtenidas en vejigas en estudios realizados para la misma especie en Nueva Zelanda.

- Los volúmenes mínimo, de llenado y máximo, no presentan mayores diferencias entre machos y hembra.

- Factores como el estadio de madurez sexual, índices gonádicos, contenido estomacal y condiciones oceanográficas, estimados a partir de los lances de pesca de identificación y estaciones oceanográficas, permanecieron prácticamente constantes y su impacto sobre la variabilidad de las estimaciones de fuerza de blanco, se puede considerar neutro.

9. BIBLIOGRAFÍA

Arkhipkin, A., V. Laptikhovsky. 2003. Variation in the diet of the Patagonian toothfish with size, depth and season around the Falklands Islands. Journal of Fish Biology 63(2):428-441.

Avilés, S. y M. Aguayo. 1979. Merluza de tres aletas (***Micromesistius australis***). En: Estado actual de las principales pesquerías nacionales. Bases para un desarrollo pesquero. Ifop-Corfo. AP-79-18.

Brandt, Stephen B. 1996. Acoustic Assessment of Fish Abundance and Distribution. Chapter 13 in Murphy, Brian and David W. Willis (Editors). Fisheries Techniques. Second Edition. Am. Fish. Soc. 385-421.

Bertrand, A., E. Josse, P. Bach y L. Dagorn. 2002. Acoustic for ecosystem research, lessons and perspectives from scientific programs focusing on the tuna-environment relationships. ICES Symposium on acoustic and fisheries aquatic ecology. Montpellier, France.

Cespedes, R., L. Adasme, L. Chong, V. Ojeda, L. Muñoz, H. Hidalgo, R. Bravo, L. Cid y K. Hunt. 2007. Investigación Situación Pesquería Demersal Zona Austral 2006. Programa de Seguimiento del Estado de Situación de las Principales Pesquerías Nacionales. SUBPESCA. Informe Final, IFOP, 198 p. (más anexos).

Cheseva, Z., A. Barabanov. 2001. Distribution of south blue whiting ***Micromesistius australis*** (Norman) in the Atlantic sector of Antartica. 3rd

International Symposium on Functioning of Coastal Ecosystems Various Geographical Regions (Abstracts). Gdynia, 19-22 June 2001.

Clay, C.S. y J.H. Horne. 1994. Acoustics models of fish: Atlantic cod (*Gadus morua*). J. Acoust. Soc. Am. 96:1661-1668.

Córdova, J. y R. Céspedes. 1997. Pesca de investigación de la fluctuación interanual y comportamiento del recurso merluza de tres aletas. Informe final IFOP, 34 p.

Csirke, J. 1990. Los recursos pesqueros patagónicos y las pesquerías de altura en el Atlántico sudoccidental. FAO. Doc. Téc. de Pesca. 288

Dunford, A. (2003). Review and revision of southern blue whiting (***Micromesistius australis***) target strength, 1994-2002. Final Research Report to the Ministry Fisheries. 17 p.

Dunford, A.; y G. Macaulay. (2006). Progress in southern blue whiting (***Micromesistius australis***) target strength: results of swimbladder modelling. ICES Journal of Marine Science 63: 952-955.

Eckert R., D. Randall y G Augustine. 1988. Fisiología Animal. Mecanismos y Adaptaciones. Interamericana. McGraw-Hill.

Ehrenberg, J. and T. Torkelson, 1996. Application of dual beam and split beam target tracking in fisheries acoustics. ICES J. Mar. Sci. 53:329-334.

Foote, K.G., y Traynor, J.J. 1988. Comparison of walleye Pollock target strength estimates determined from ***in situ*** measuremen*TS* and calculations based on swimbladder form.J.Acoust.Soc.Am., 83: 9-17.

Foote, K. 1991. Summary of methods for determining fish target strength at ultrasonic frequencies. ICES J. Mar. Sci. 48:211-217.

Foote, K., A. Aglen y O. Nakken. 1986. Measuremen*TS* of fish target strength with split beam echosounder. J. Acoust. Soc. Am. 80(2):612-621.

Foote, K.G. (1985). Rather–high–frequency sound scattering of swimbladdered fish. Journal of the Acoustical Society of America 78 (2): 688–376.

Hanchet, S.M. (2005). Southern blue whiting (***Micromesistius australis***) stock assessment update for the Campbell Island Rise for 2005 New Zealand Fisheries Assessment Report 2005/40. 40 p.

Heino, M, O.R. Godø, H. Søiland, J.E. Nygaard, J. Alvarez, L. Drivenes, J. de Lange, O.Gullaksen, Ø.Tangen y T. Torkelsen. 2003. Blue Whiting Survey During Spring 2003. Working Document to the Northern Pelagic and Blue Whiting Fisheries Working Group. Institute of marine research, Bergen, Norway. April 2003. 40 pp.

Heino, M., Søiland, H., Dahl, M., Alvarez, J., Anthonypillai, V., Eriksen, K. B., de Lange, J., Meland, E. S., Pedersen, R., Tangen, Ø. y Torkelsen, T. 2006. Blue whiting survey during spring 2006. Toktrapport/Havforskningsinstituttet/ISSN 1503-6294/Nr. 3 – 2006.

Holland, P. y R. Welsch. 1977. Robust regression using iteratively reweighted least-squares. Communications in Statistics: Theory and Methods A6: 813-827.

Horne, J., y C. Clay, 1998. Sonar systems and aquatic organism: matching equipment and models parameters. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 55: 1296-1306.

Hubbs, C. y K. Lagler. 1947. Fishes of the great lake region. Cranbook Institute of Science. 26:1-186.

ICES, 1999. Methodology for target strength measurements *TS* (with special references ***in situ*** techniques for fish and mikronekton). ICES Coop. Res. Rep. 235.

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

Kieser, R., W. Saunders y K. Cooke. 1998. Review of hydroacoustic methodology and Pacific kake biomass estimates for the Strait of Georgia, 1981 to 1998. Can. Stock. Asses. Res. Secret. Res. Doc. 99/15. 53 p.

Kloser, R. J., y Horne, J. K. 2003. Characterizing uncertainty in target-strength measurements of a deepwater fish: orange roughy (***Hoplostethus atlanticus***). – ICES Journal of Marine Science, 60: 516–523

Lillo, S., A. Paillamán y S. Pino. 1993. Pesca de investigación de merluza de cola y merluza de tres aletas al sur del paralelo 47° L.S. Informe Final. Requirente SUBPESCA. IFOP, 65 p.

Lillo S., Córdova J. and Paillaman. 1996. A. Target Strength measurements of hake and Jack mackerel ICES J. Mar. Sci. 53: 267-271 p.

Lillo, S., R. Céspedes, V. Ojeda, F. Balbontín, L. Adasme y A. Saavedra. 2003. Evaluación hidroacústica del stock desovante de merluza del sur en aguas exteriores. Informe Final Proyecto FIP 2002-19, IFOP.

Lillo, S., R. Céspedes, F. Balbontín, V. Ojeda y A. Saavedra. 2005a. Evaluación del stock desovante de merluza del sur y merluza de cola en la zona sur-austral, año 2004. Informe Final (FIP 2004-07), IFOP, 94 p. (+ figuras, tablas y anexos).

Lillo, S., M. A. Barbieri, M. Espejo, J. Castillo y H. Miranda. 2005b. Estimaciones ***in situ*** de la fuerza de blanco de merluza del sur y merluza de cola. Informe final (FIP 2003-34). Http//FIP.cl/proyectos/2003/2003-34.pdf.

Lillo, S., R. Céspedes. 1998. Análisis de los procesos migratorios y biológicos de la merluza de tres. Informe final. IFOP.

Macchi, G., M. Pájaro y O. C. Wöhler. 2004. Batch fecundity and spawning frequency of southern blue whiting (***Micromesistius australis***) in the southwest Atlantic Ocean. New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research, 2005, Vol. 39: 993-1000.

Macaulay, G., Hart, A., Grimes, P., Diggles, B. y B. Bull. 2002. Target strength estimates of hoki and associated species. Final Research Report for Ministry of Fisheries. HOK2000/03.

McClatchie, S.; Aslop, J.; Coombs, R.F. (1996). A re–evaluation of relationships between fish size, acoustic frequency, and target strength. ICES Journal of Marine Science 53: 780–791.

Mackenzie, K.V. (1981). Nine–term Equation for Sound Speed in the Oceans. Journal of the Acoustical Society of America 70: 807–812.

Medwin, H.; Clay, C.S. (1998). Fundamentals of acoustical oceanography. Academic Press, Boston. Applications of modern acoustics. 712 p.

McClatchie, S., G.J., Macaulay y R. F. Coombs. (2003). A requiem for the use of $20\log_{10}$ length for acoustic target strength with special reference to deep-sea fishes. ICES J. Mar. Sci., 60(2): 419-428.

Medwin, H. y C. Clay.1998. Fundamentals of Acoustical Oceanography. Academic Press. San Diego 712 p.

Mikko, H., H. Søiland, M. Dahl, J. Alvarez y O. Tangen. 2006. International Blue Whiting Spawning Stock Survey Spring 2006. ToktrapportY/Havforskningsinstituttet/ISSN 1503-6294/Nr. 3 – 2006.

Monstadt, T., S. Belikov, E. Shamrai y J. McFadzen. 1995. Investigations on the blue whiting in the area of the British island, spring 1995. ICES.CM 1995/H:7. Pelagic Fish. Comm. 22 p.

Ona, E., y Barange, M. 1999. Single-target recognition. ICES Cooperative Research Report, 235:28-43.

Ona, E. 2003. An expanded target strength relationship for herring. ICES J. Mar. Sci. 60: 493-499.

Otero, H. 1977. Relación largo-peso y alimentación de la polaca (gadidae, ***Micromesistius australis*** Norman 1937) del Atlántico sudoccidental. Phycis (37): 13-23.

Pool, H., F. Balbontín, C. Montenegro, N. Cortes y M. Arriaza. 1997. Interacciones tróficas de recursos demersales sur-austral. Informe final FIP 94-32. Http//FIP.cl/Proyectos/1994/FIP94-32.pdf.

Ryan, A. W., P. J. Smith, J. Mork. 2002. Genetic differentiation between the New Zealand and Falkland Islands populations of southern blue whiting ***Micromesistius australis*** J. Mar. and Freshwater Research, 2002, Vol. *36*: 637–643

Saavedra, A., V. Correa, R. Céspedes, V. Ojeda, L. Adasme, E. Díaz, J. Oliva y P. Rojas. 2006. Evaluación hidroacústica del stock desovante parental de merluza de tres aletas en su unidad de pesquería, año 2005. Informe Final FIP 2005-06.

Sánchez, R., J. de Ciechomski y E. Acha. 1986. Estudios sobre la reproducción y fecundidad de la polaca (*Micromesistius australis*, Norman, 1937) en el Mar Argentino. Rev. Inv. Des. Pesq. INIDEP, N° 6: 21-43.

Simmond, J. y D. MacLennan. 2005. Fisheries acoustic. Theory and practices. 2° Ed. Chapman y Hall, 325 p.

Simmonds, J., N. Williamson, F. Gerlotto y A. Aglen. 1992. Survey design and analysis procedures: A comprehensive review of good practices. ICES C.M. 1991, 113 p.

Svellingen, I. y E. Ona. 1999. A summary of target strength observations on fishes from the shelf off West Africa. Target strength conference. Berlin 1999. 4 p.

The MathWorks Inc. (2001). Statistics ToolBox User's Guide. The Mathworks, Inc.,
Natick, MA. 560 p.

Wainwright S.A., W.D. Biggs, J.D. Currey y J.M. Gosline. 1980. Diseño Mecánico en Organismos. H. Blume Ediciones. Madrid. 481 p.

Zwerger P., K. Nimeth, J. Wür*TS*, W. Salvenmoser y B. Peltzer. 2002. Development of the swimbladder in the European eel (***Anguilla anguilla***). Cell Tissue Research 307:155-164.

F I G U R A S

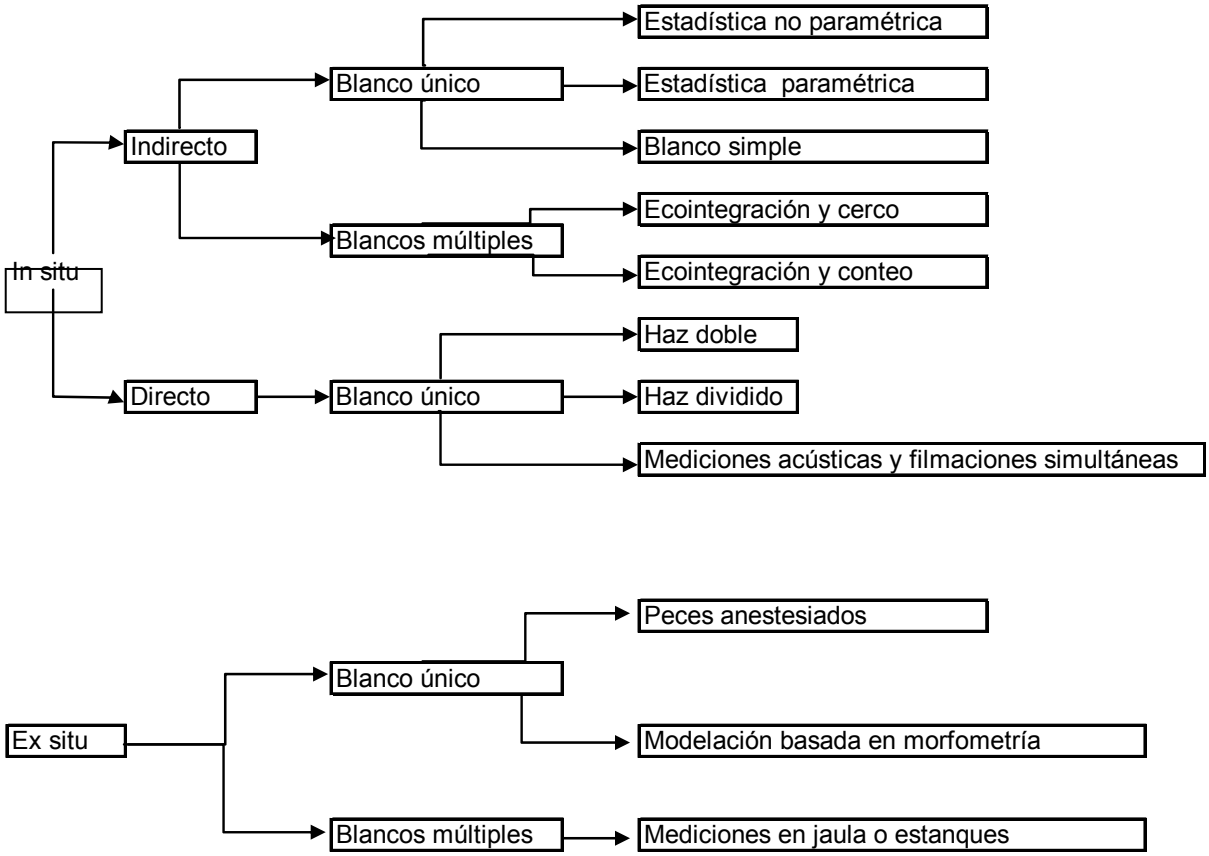


Figura 1. Clasificación de métodos para estimar la fuerza de blanco (de Foote, 1991).

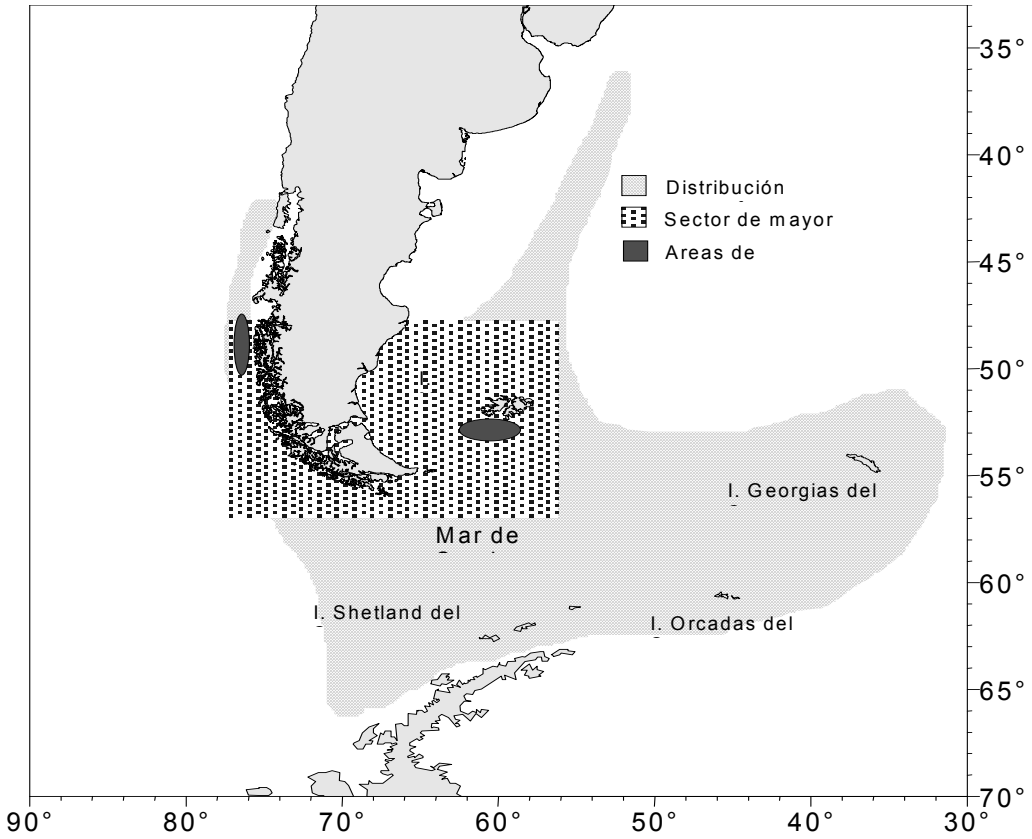


Figura 2. Distribución espacial de la merluza de tres aletas en el sector austral.

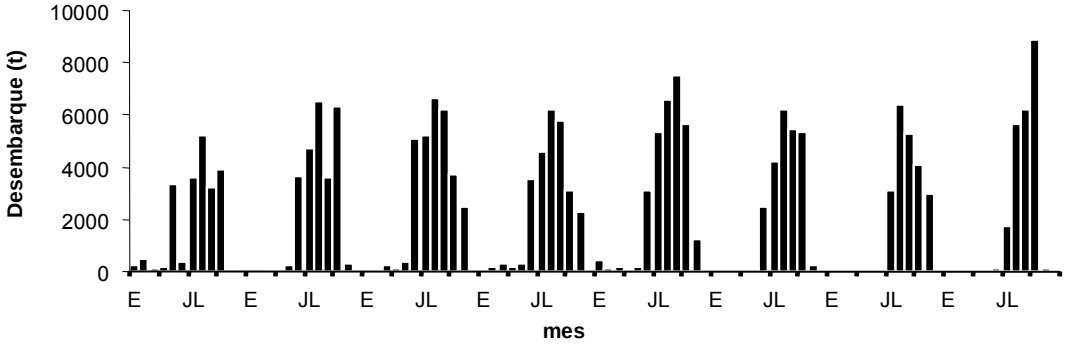


Figura 3. Distribución mensual de las capturas de merluza de tres aletas en aguas chilenas.

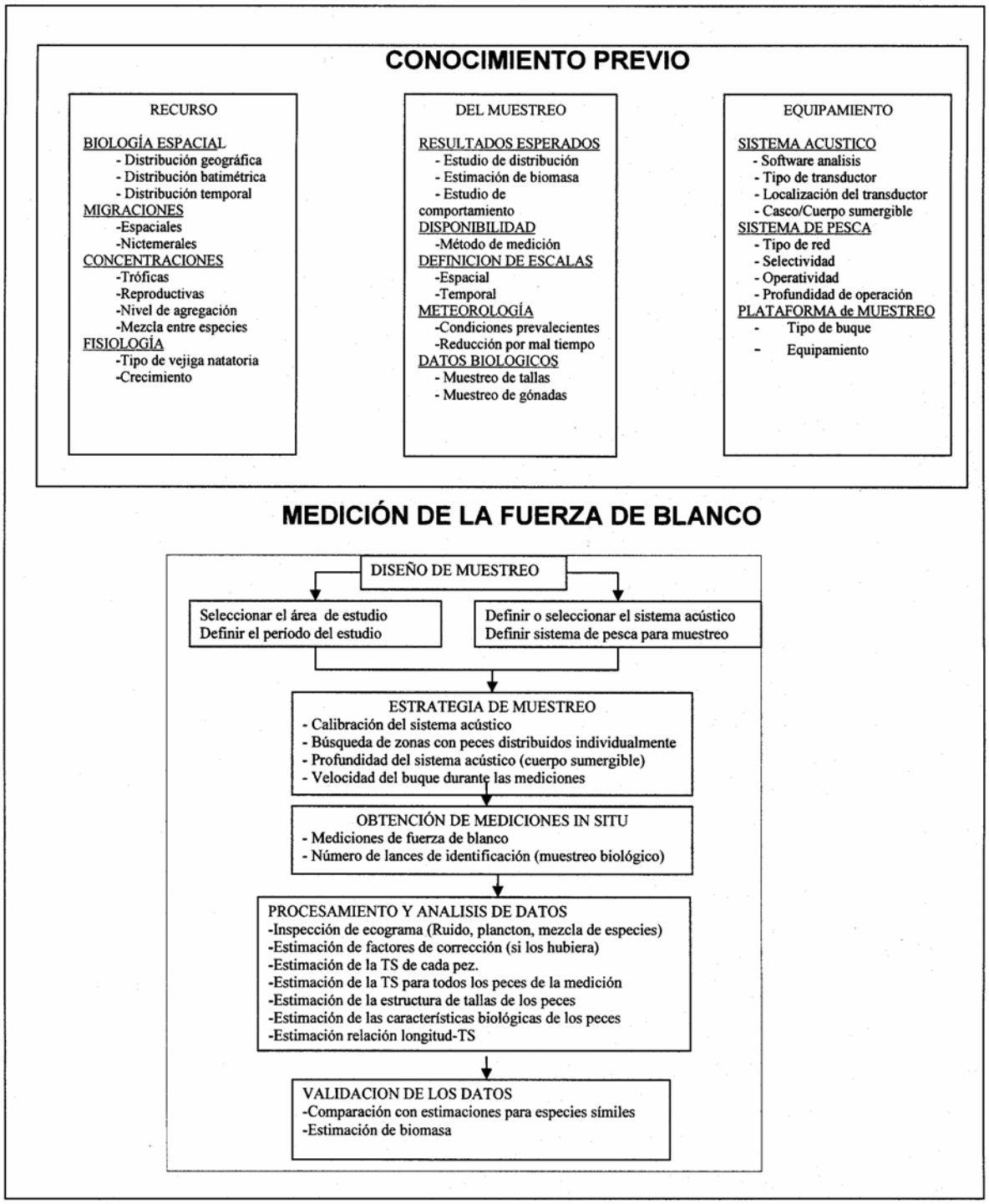


Figura 4. Esquema de metodología para mediciones de fuerza de blanco de merluza de tres aletas

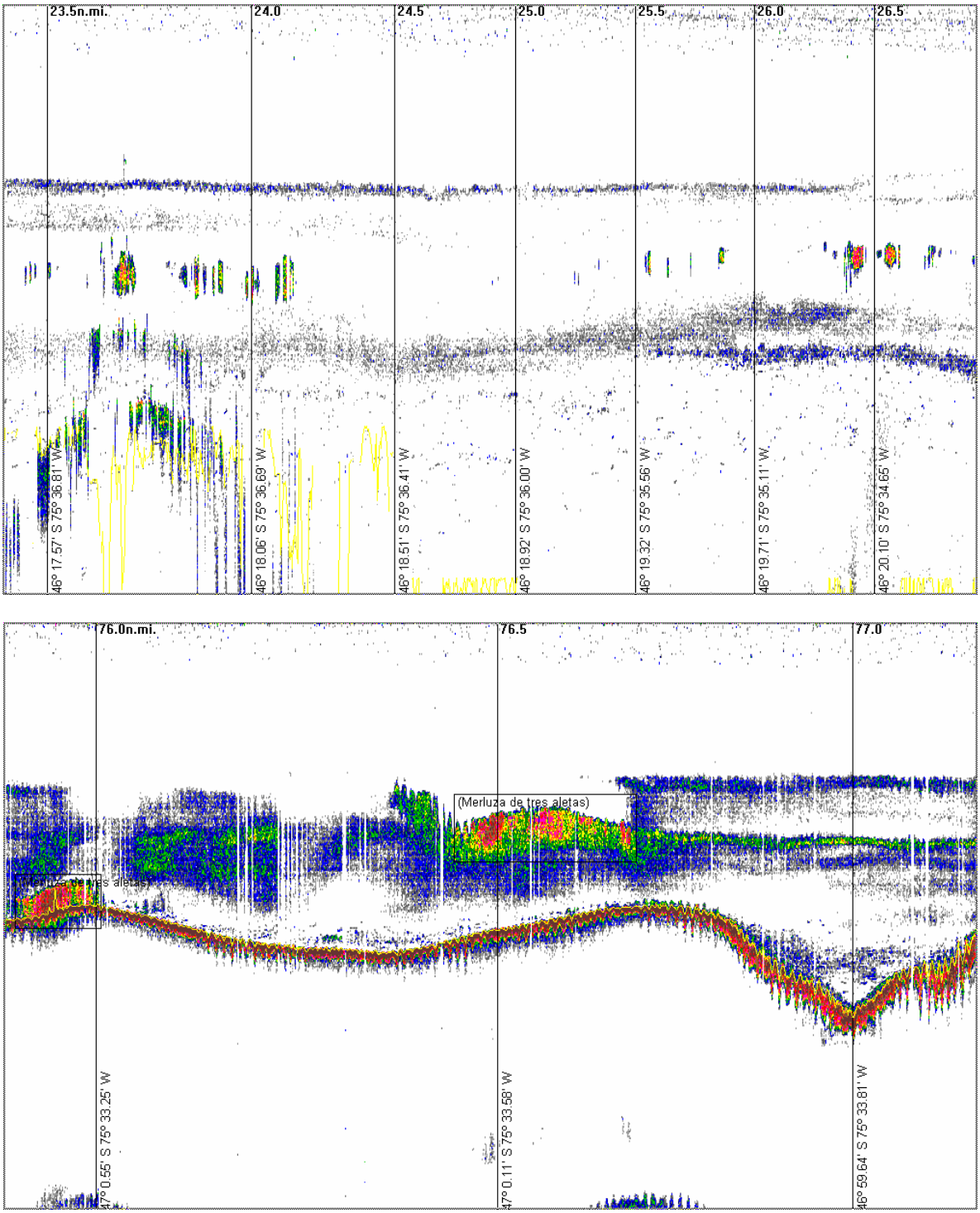


Figura 5. Registro de cardúmenes de merluza de tres aletas registrados al norte y límite norte del área de estudio.

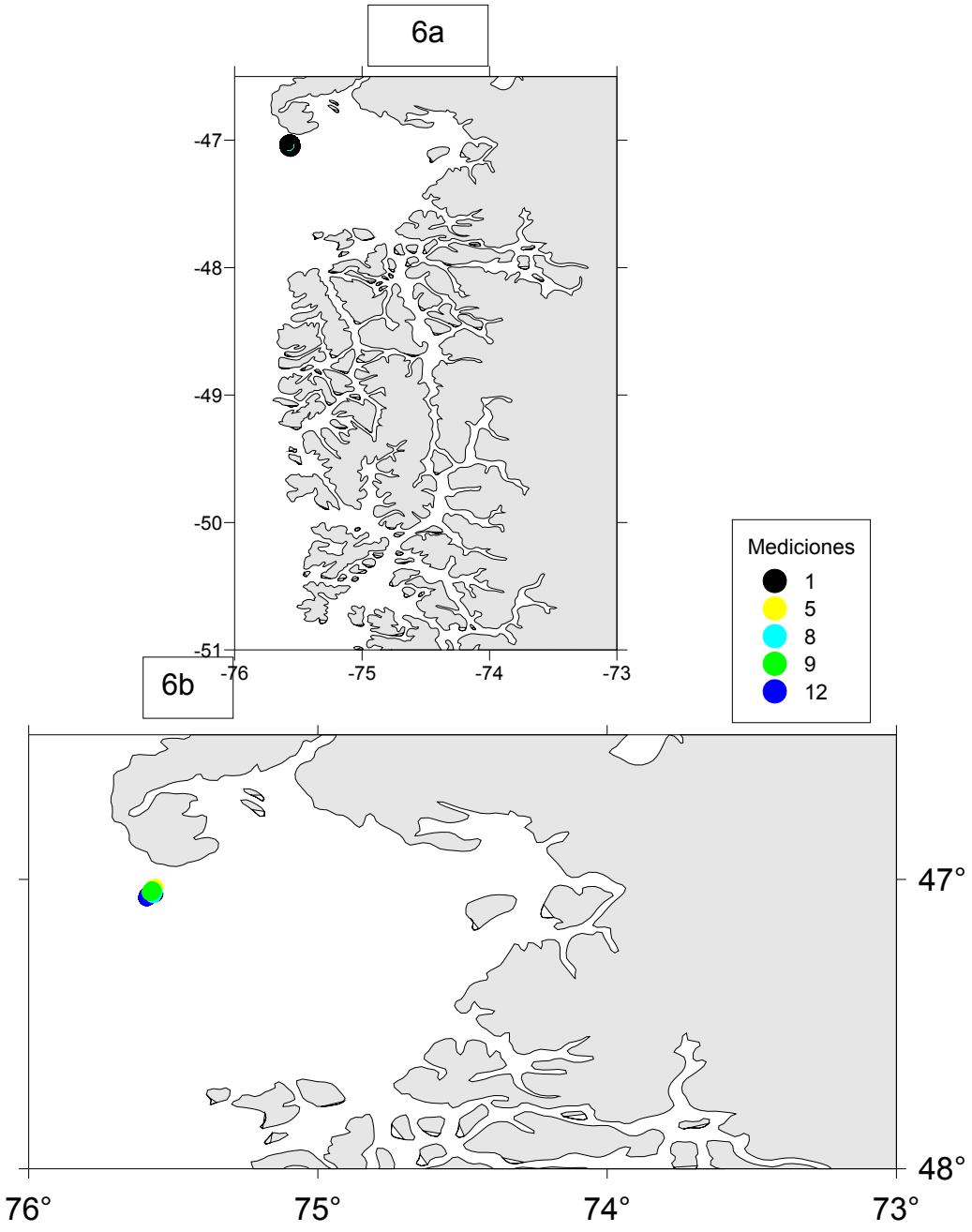


Figura 6. a) Area de estudio (superior) y b) ampliación de la zona de las mediciones de fuerza de blanco (TS), lances de pesca y estaciones oceanográficas.

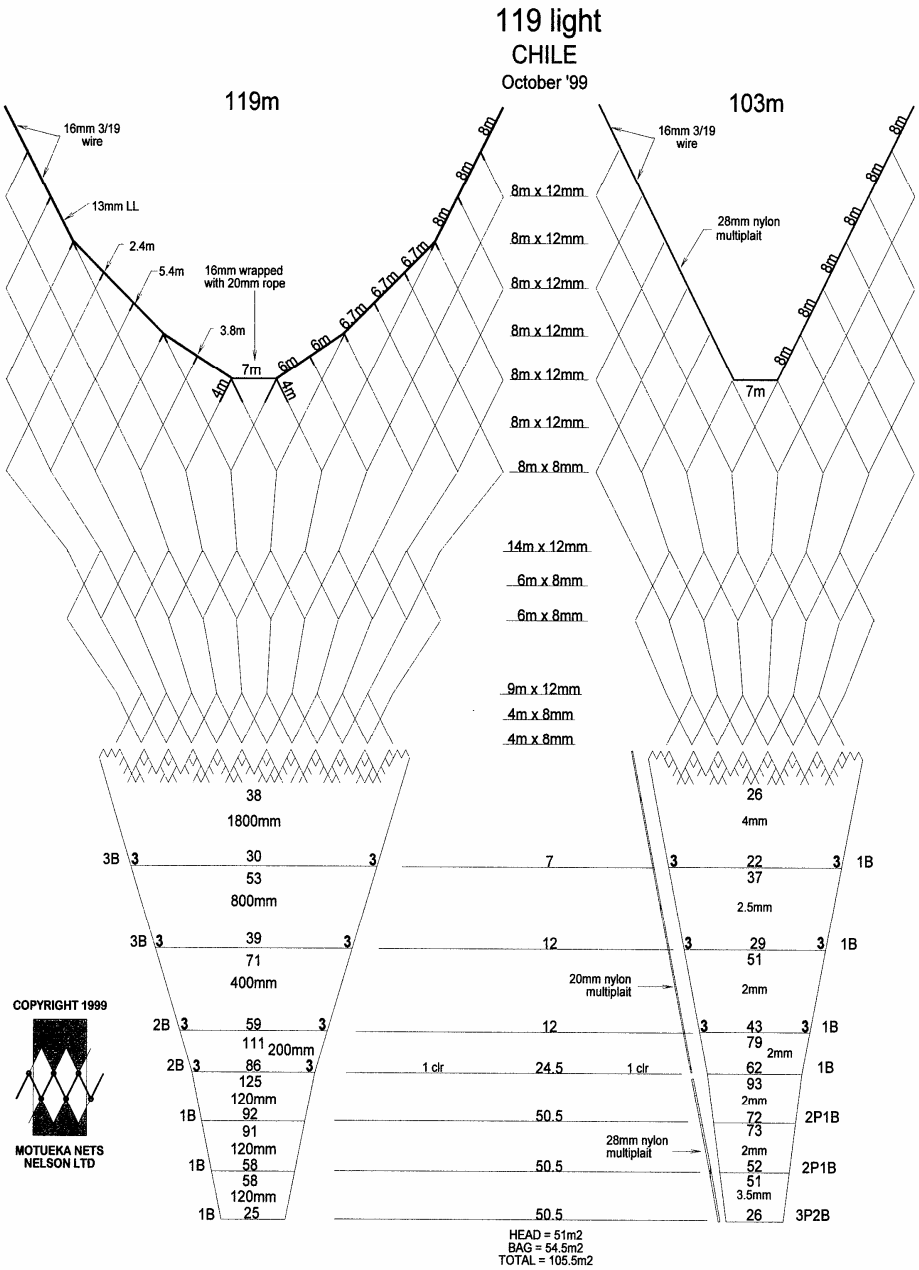


Figura 7. Plano de red de arrastre de mediagua utilizada durante el estudio.

Figura 8. Transductor ES38DD en su armazón.

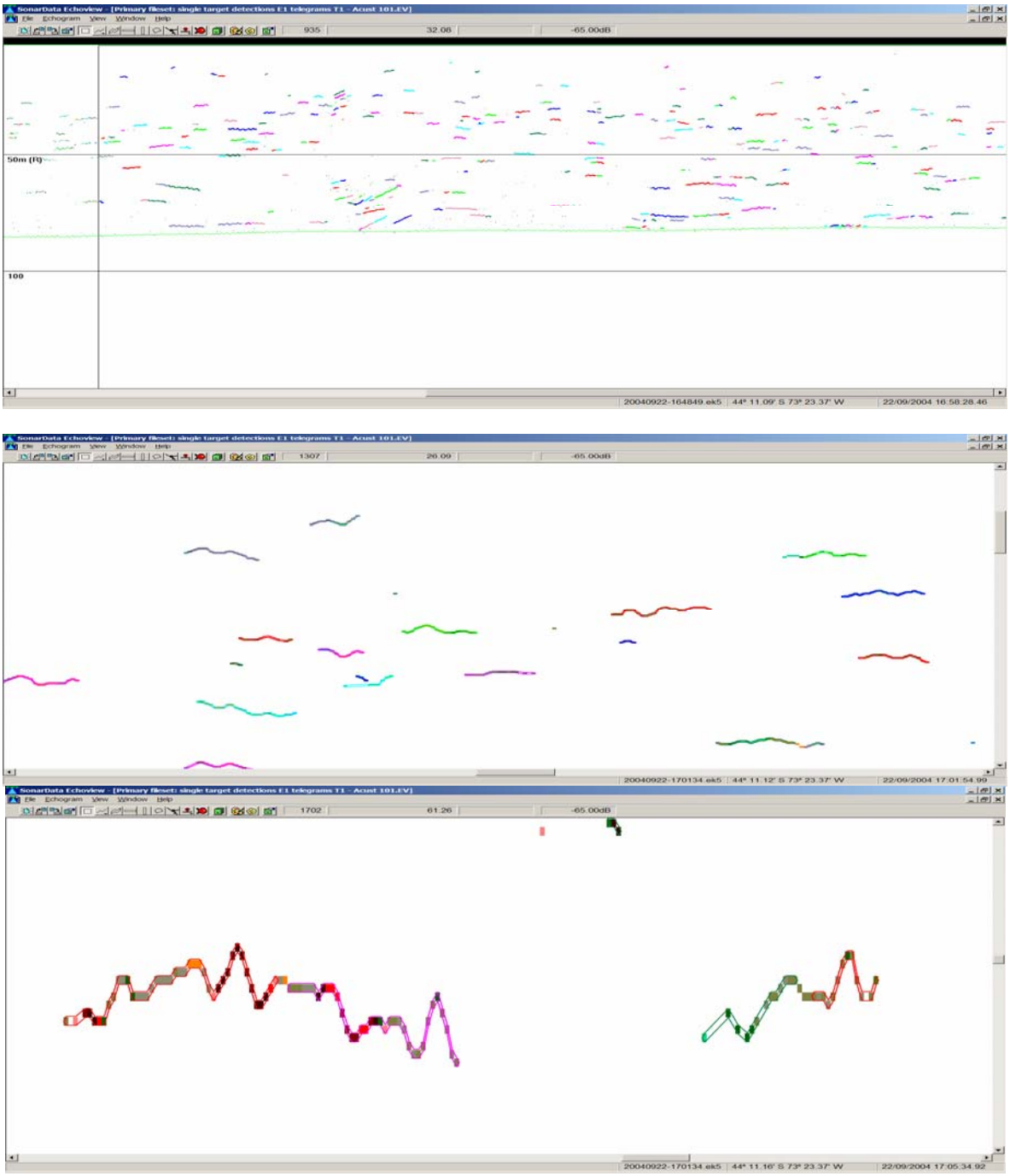


Figura 9. Figura de un ecotrazo en tres niveles de ampliación.

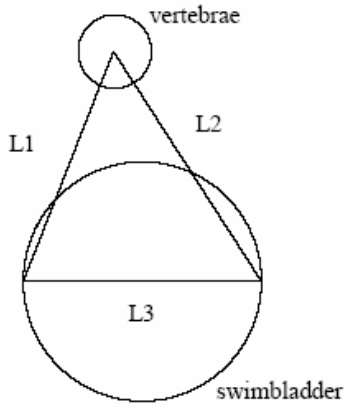


Figura 10. Localización de las medidas tomadas del tamaño de la vejiga (L1, L2, L3)

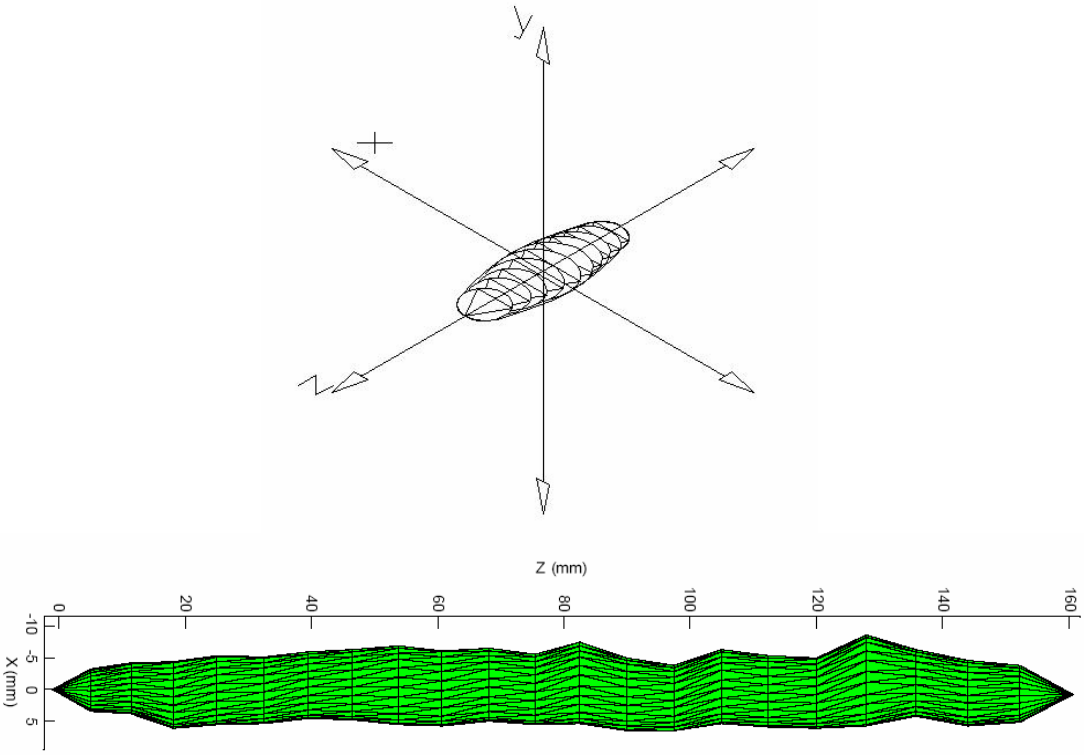


Figura 11. a) Esquema de mediciones de la vejiga. b) Ejemplo de vejiga reconstruida en el plano x-z, (vista dorsal) a partir de los datos de los moldes.

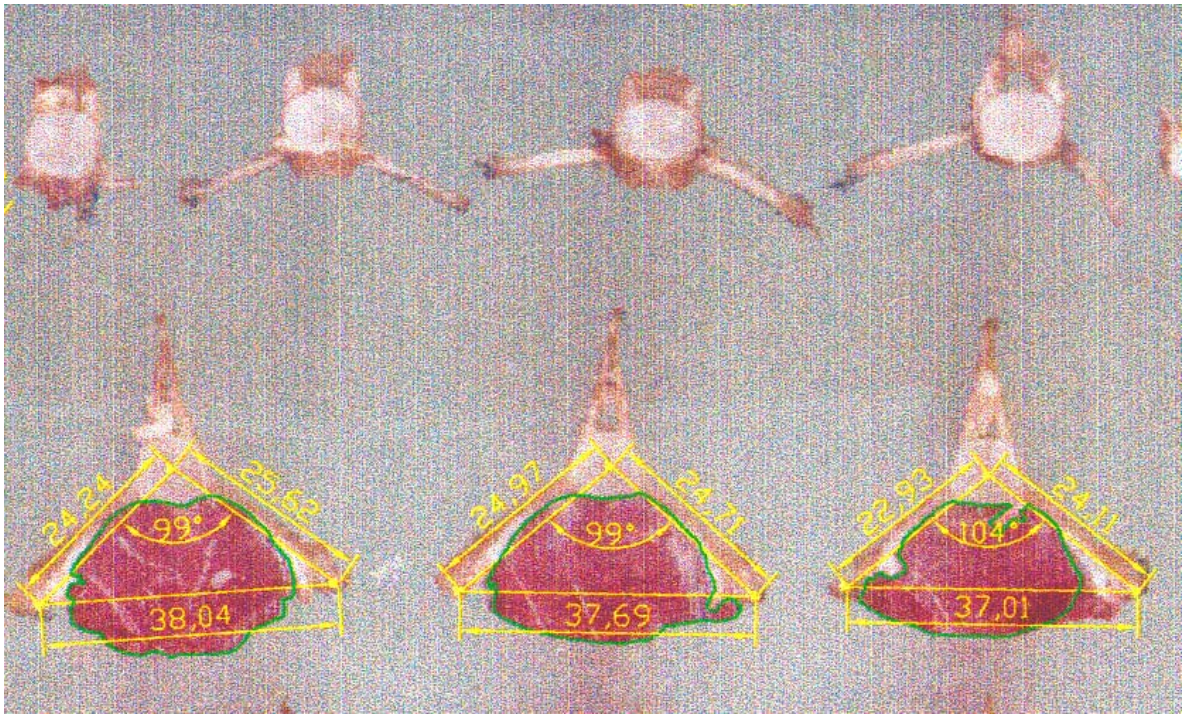


Figura 12. Morfología transversal de una vejiga natatoria

.

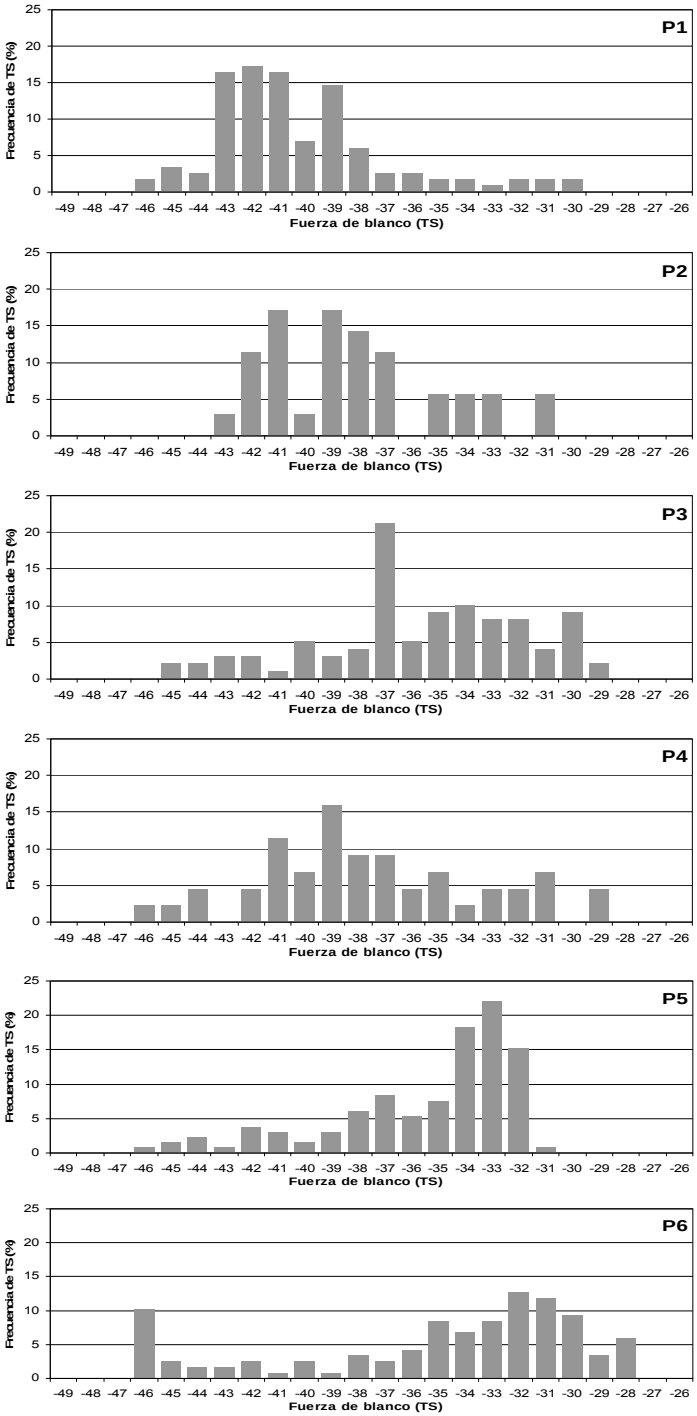
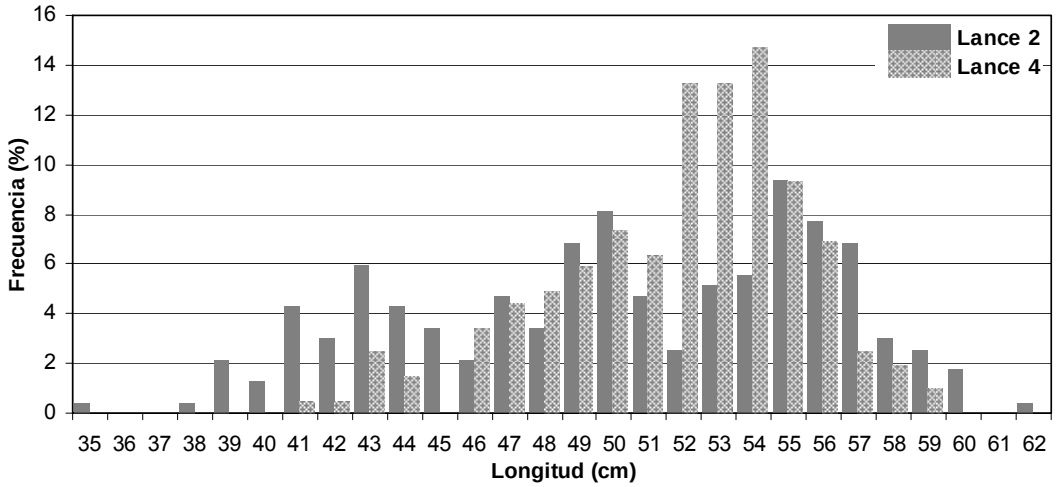


Figura 13. Distribución de frecuencia de TS (%) registradas durante las mediciones de fuerza de blanco.



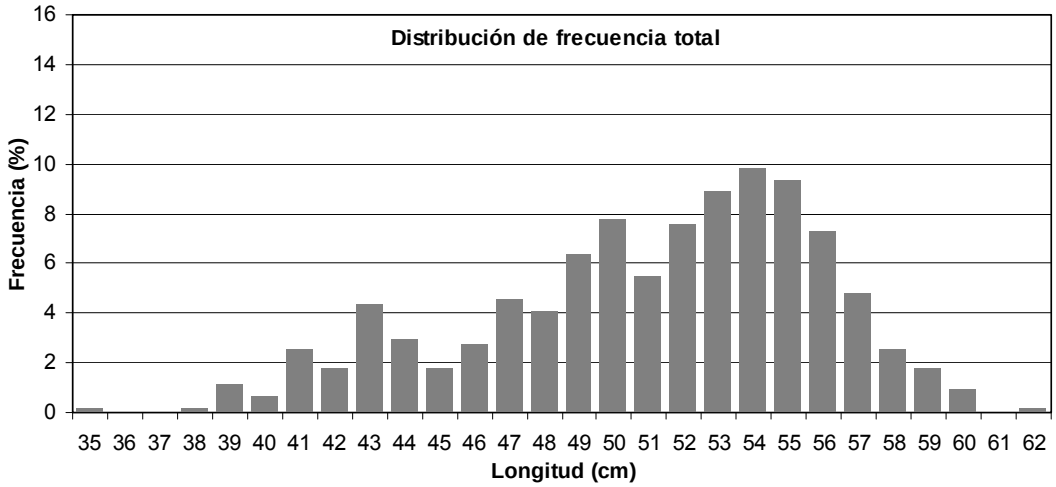


Figura 14. Distribución de las estructuras de tallas de merluza de tres aletas registradas durante los 2 lances de pesca de identificación.

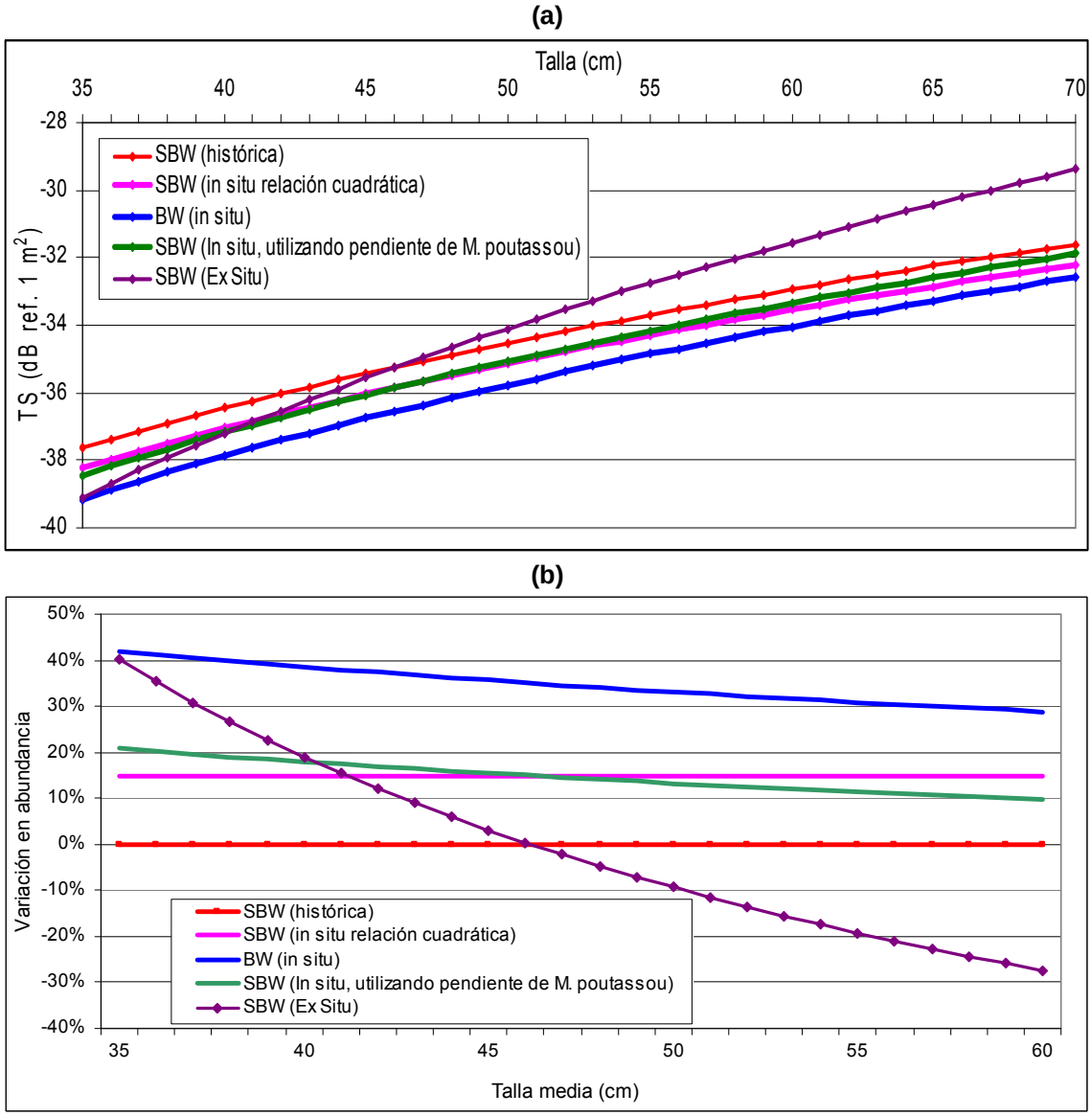


Figura 15. **(a)** Relaciones de fuerza de blanco-talla, estimadas a partir de distintas estimaciones de fuerza de blanco (TS). **(b)** Variación en la estimación de la abundancia en comparación con la relación utilizada en los estudios de merluza de tres aletas en Chile (línea roja). SBW=*M. australis,* BW=*M. poutassou*.

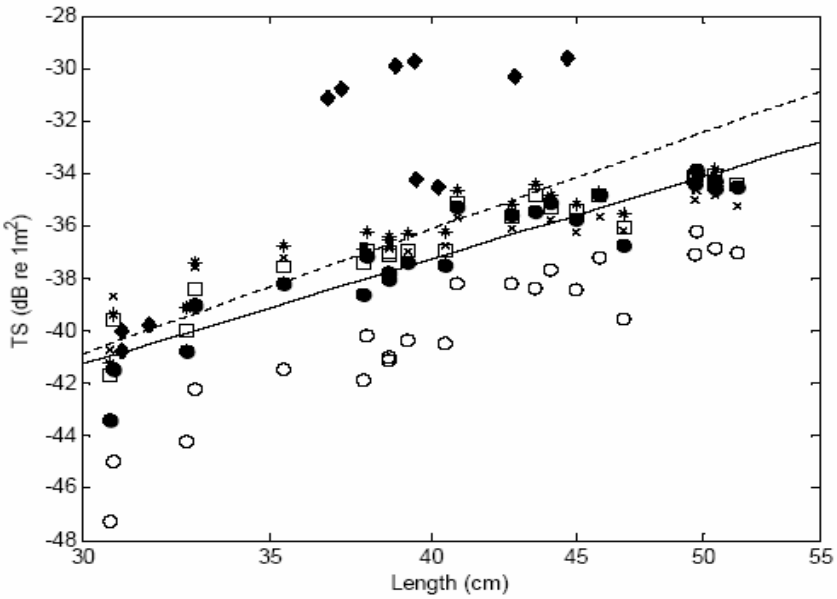


Figura 16. Estimaciones de TS *ex- situ* a 18 (○), 38 (●), 70 (*), 120 (×),y 200 kHz (□). Regresión de merluza de tres aletas chilena 38 kHz en línea sólida. Línea punteada merluza tres aletas de Nueva Zelandia 38 kHz. Datos de mediciones *in -situ* 38 kHz de Nueva Zelandia son también incluidos (♦).

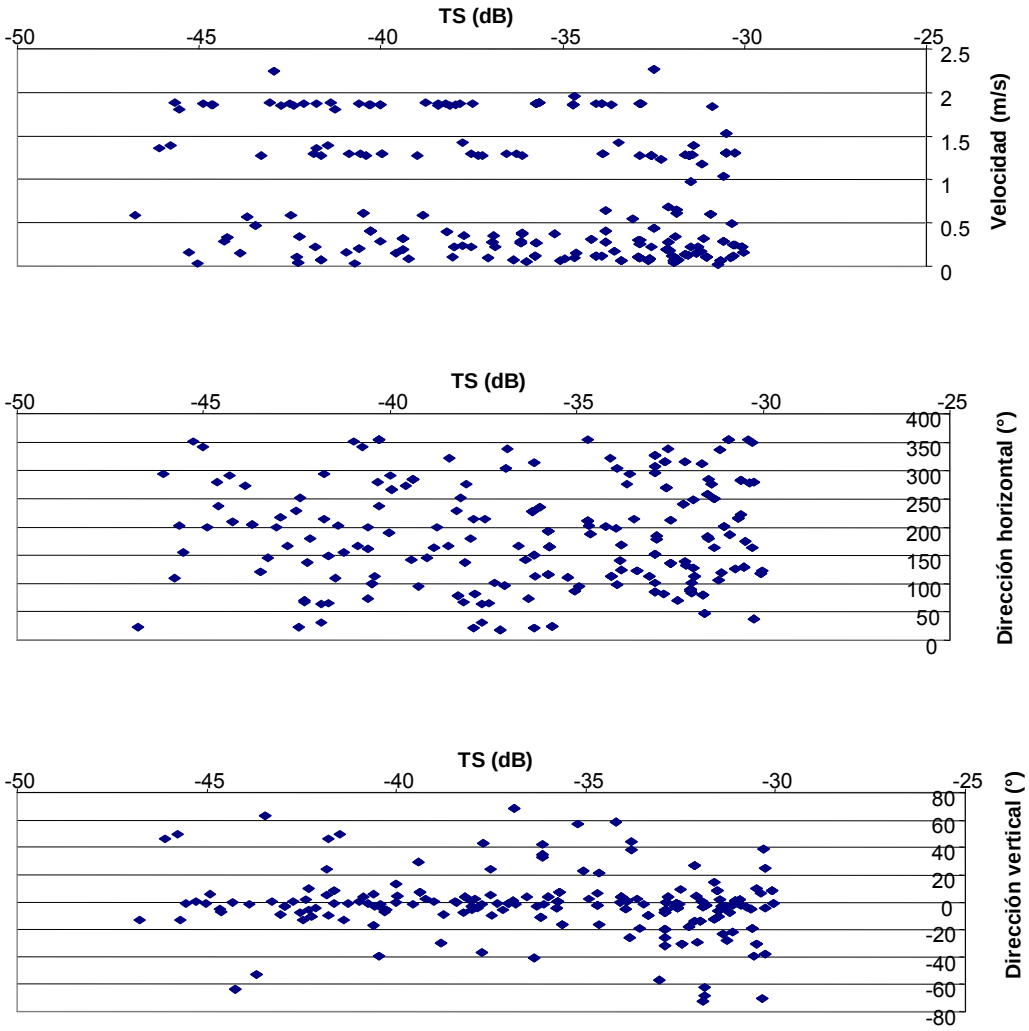


Figura 17. Distribución de la fuerza de blanco individual por pez en relación a la velocidad media, dirección horizontal y dirección vertical.

Figura 18. Morfología externa vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas.

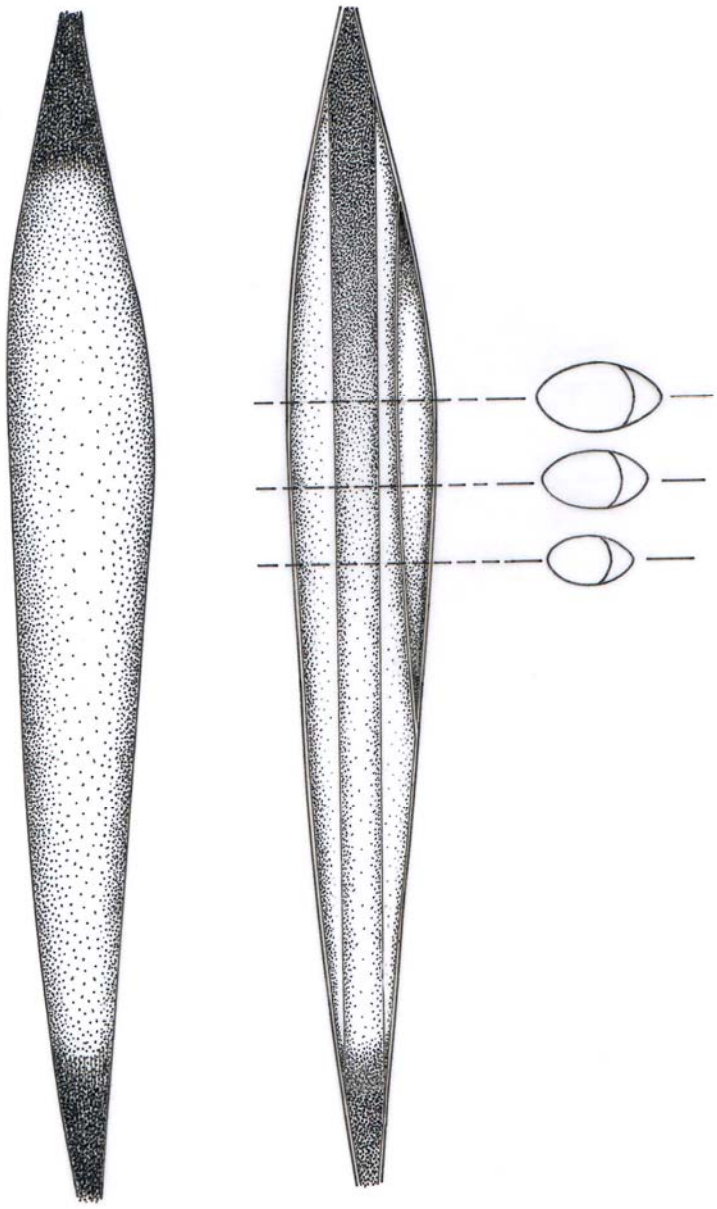


Figura 19. Esquemas de vejiga gaseosa. **a**) vejiga gaseosa, **b**) se indica la posición relativa del septo en vista longitudinal y en cortes transversales.

Macho 4 Vértebra 13

Figura 20. Cara anterior de sección transversal de molde de vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas

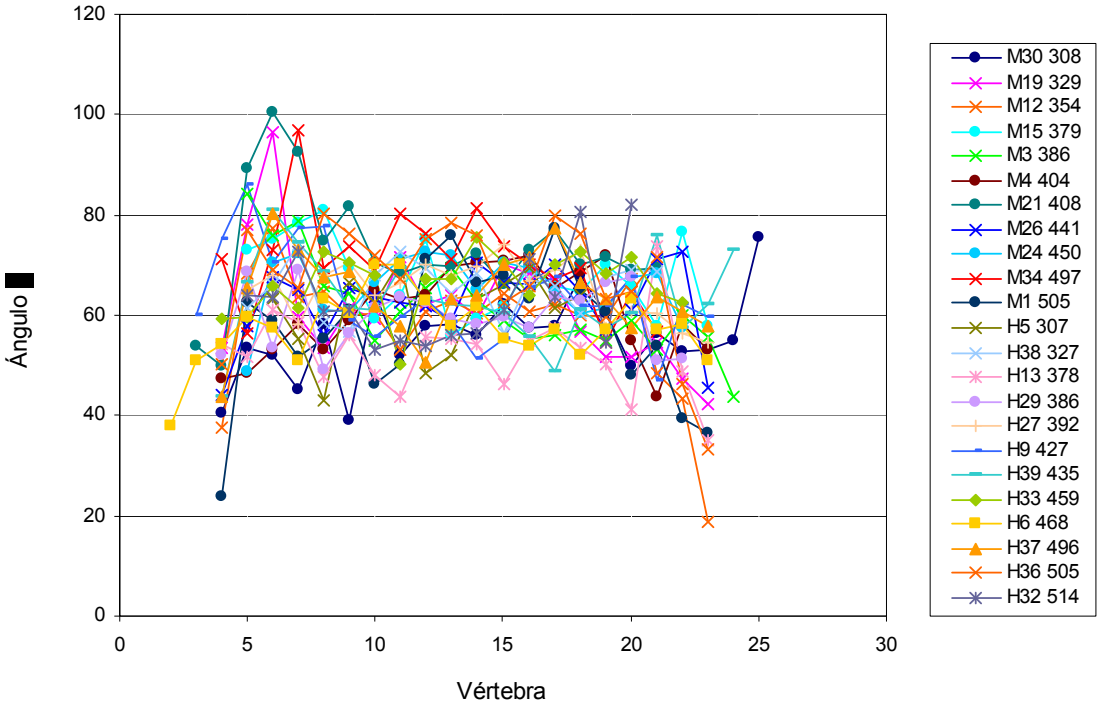


Figura 21. Valor del ángulo α Merluza Tres Aletas

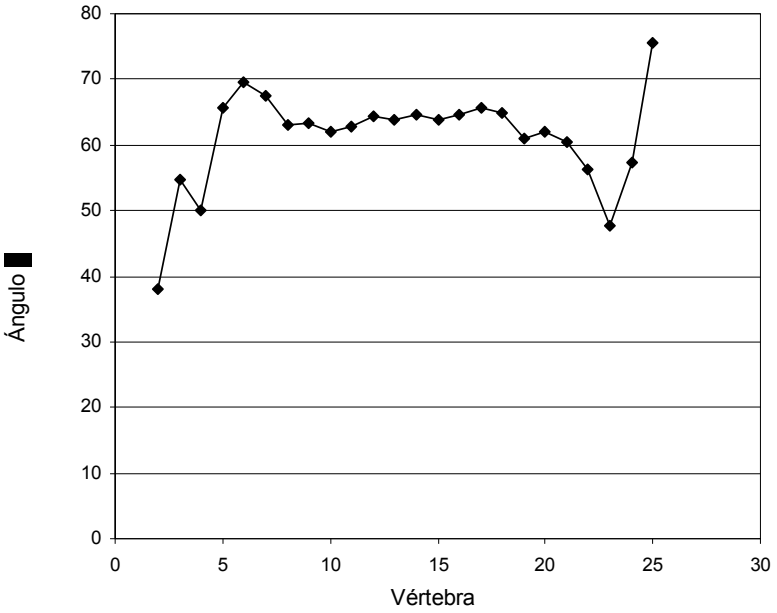


Figura 22. Promedio de valores de ángulo $\tilde{\alpha}$ Merluza Tres Aletas

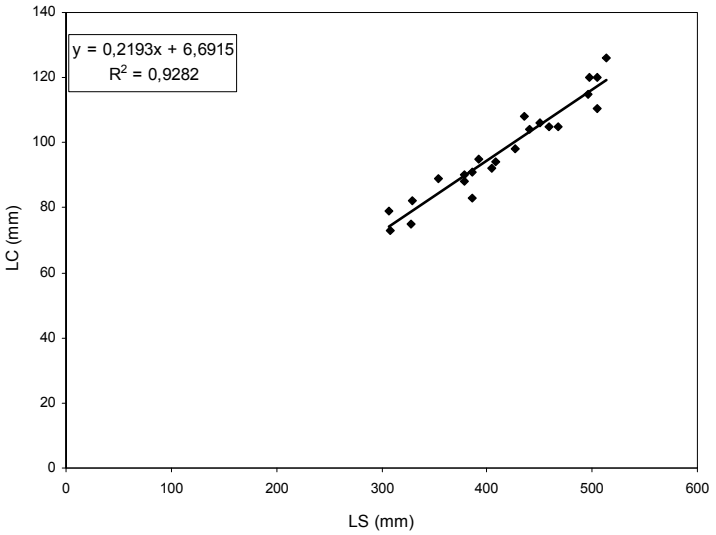


Figura 23. Gráfico de dispersión entre la longitud cefálica (LC) y la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas

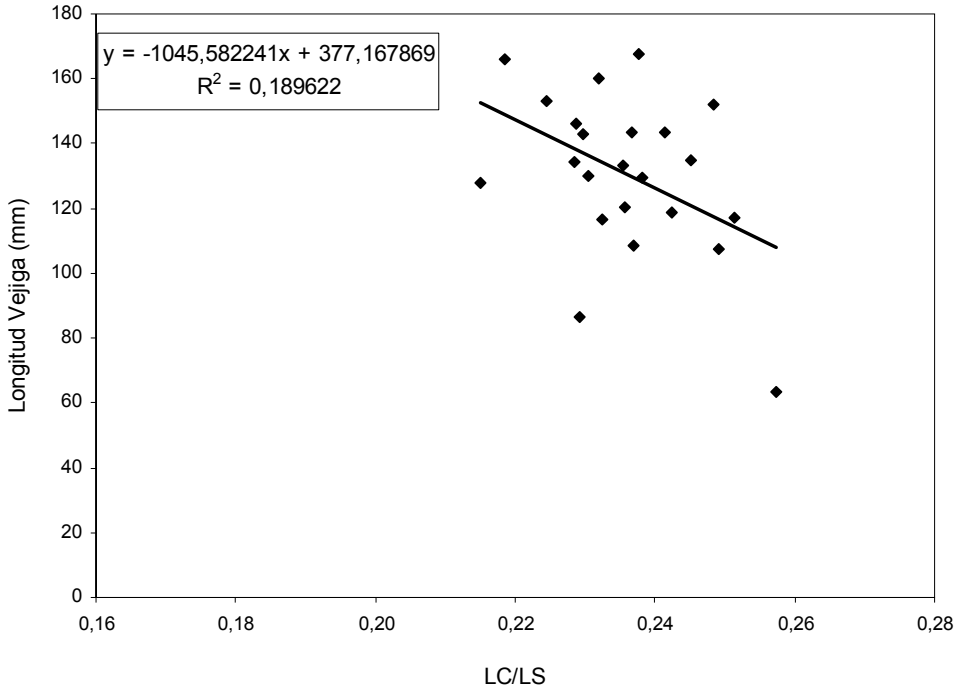


Figura 24. Gráfico de dispersión de la longitud Vejiga y la proporción longitud cefálica (LC)/longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas

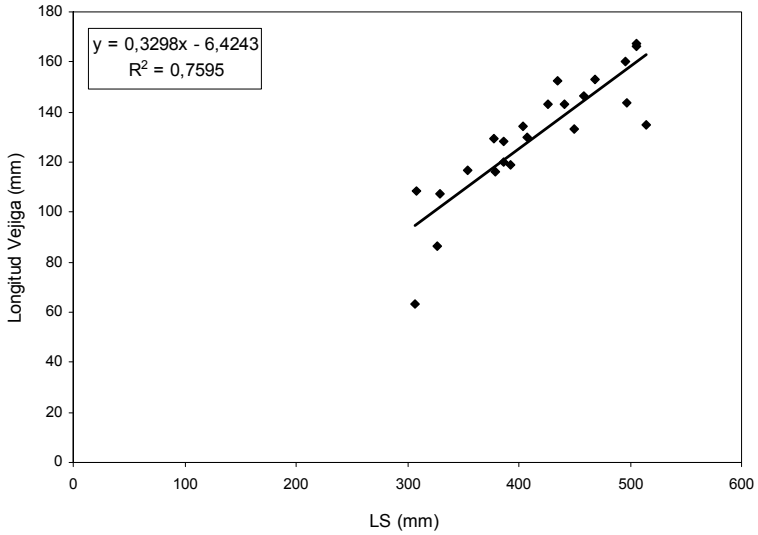


Figura 25. Gráfico de dispersión de la longitud vejiga y la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas.

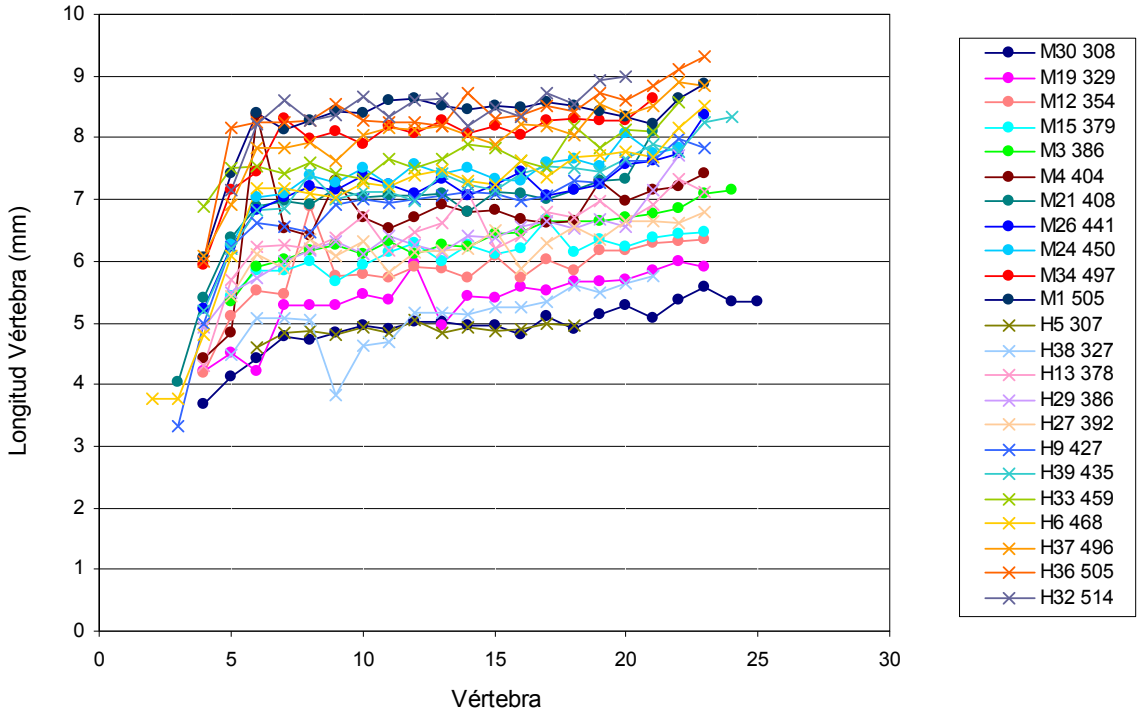


Figura 26. Longitud de las vértebras relacionadas con la vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas (● : machos; **x** : hembras)

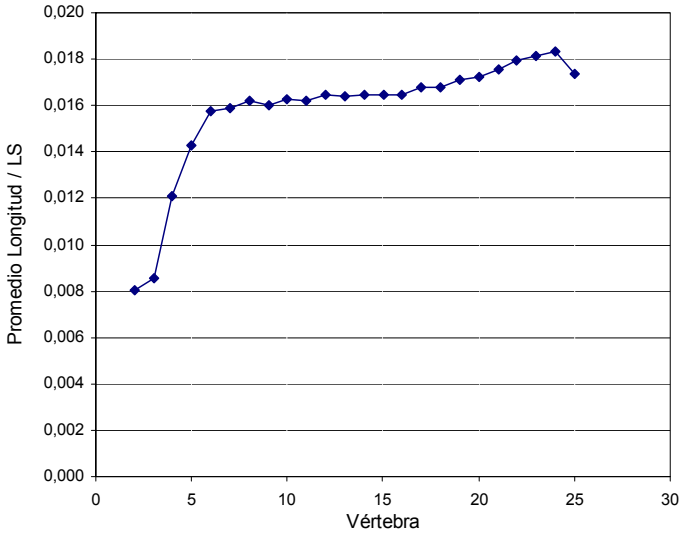


Figura 27. Promedio de la longitud de las vértebras normalizado a la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas

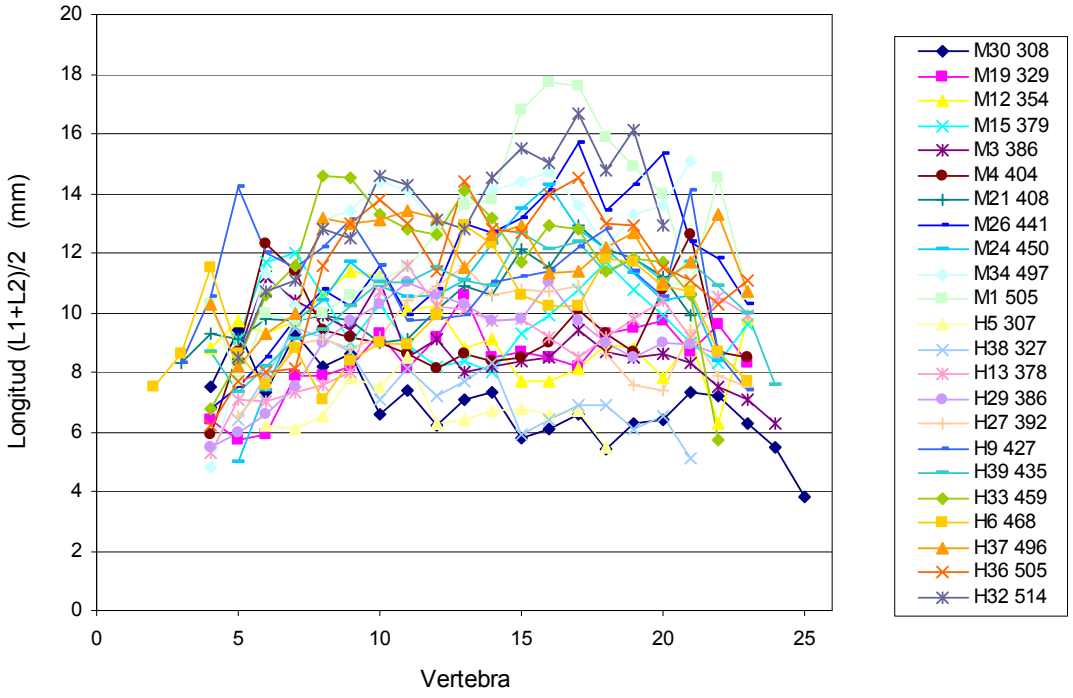


Figura 28. Promedio L1 – L2 (L1+L2)/2. Merluza Tres Aletas

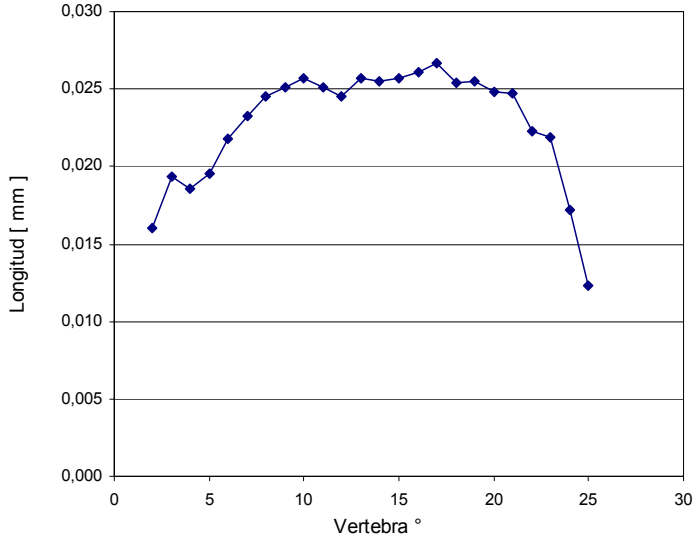


Figura 29. Promedio de longitud L1- L2 normalizado a la longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas

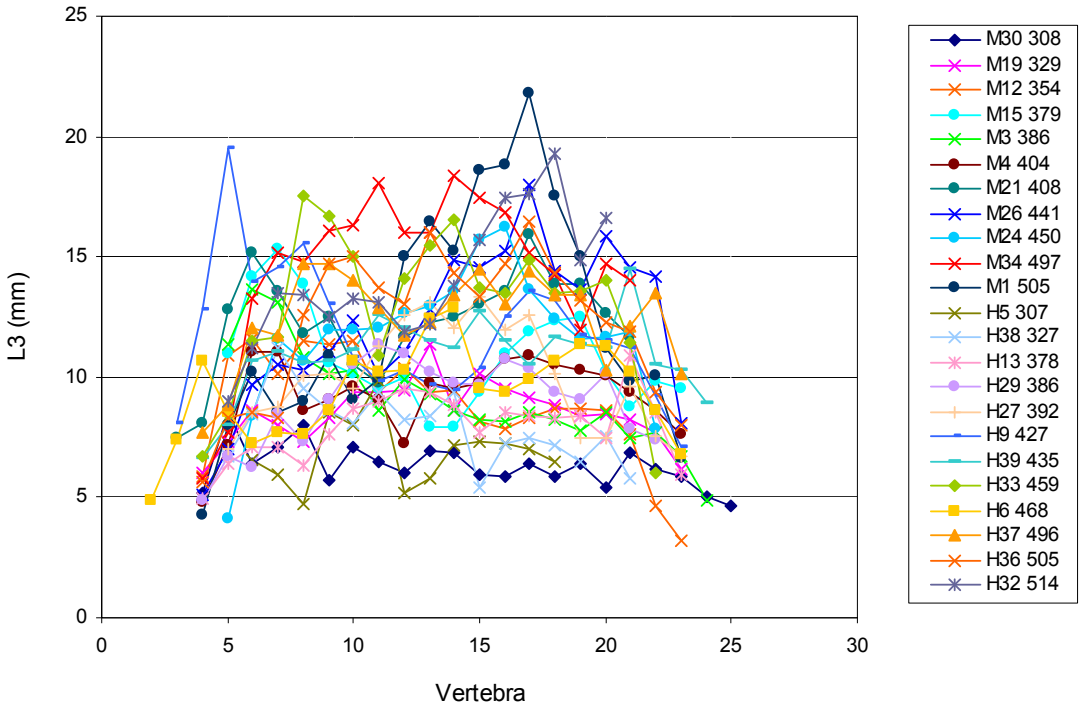


Figura 30. Longitud L3 de las vértebras. Merluza Tres Aletas

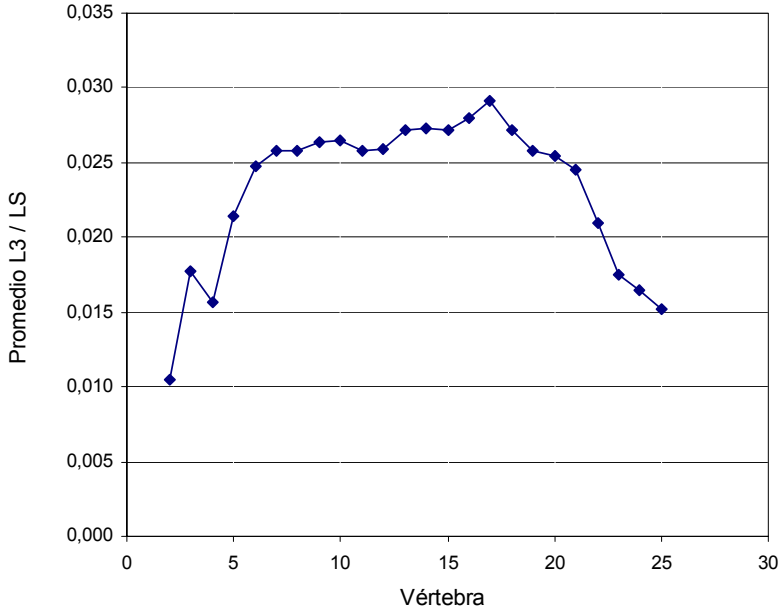


Figura 31. Promedio Normalizado (L3/LS) por vértebra. Merluza Tres Aletas

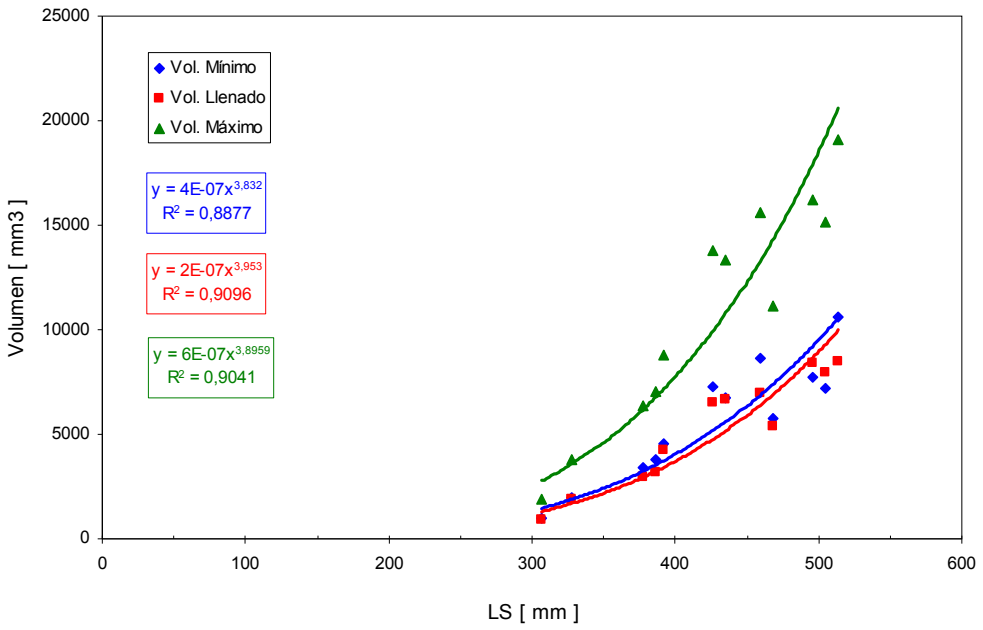


Figura 32. Volumen mínimo, de llenado y máximo de vejiga v/s longitud estándar (LS) en hembras. Merluza Tres Aletas

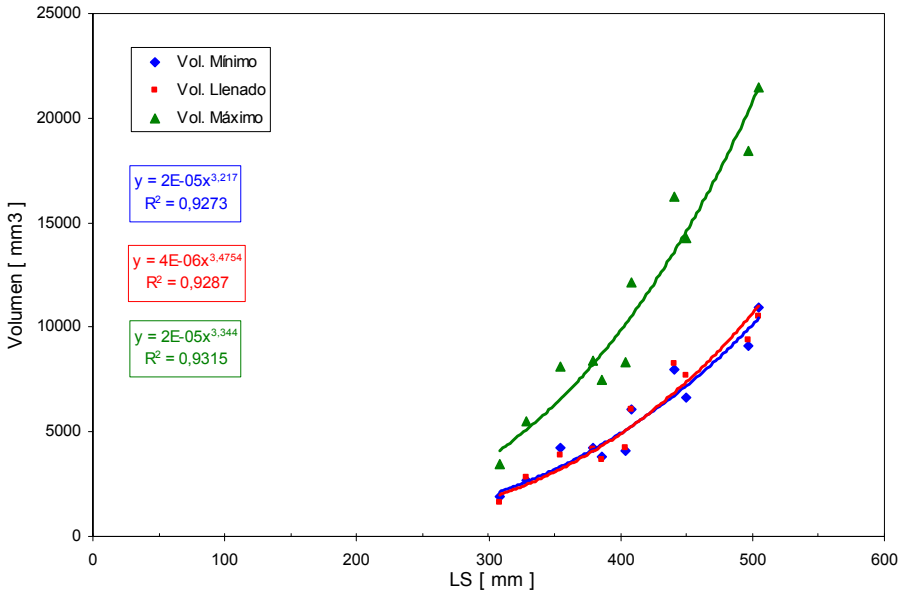


Figura 33. Volumen mínimo, de llenado y máximo de vejiga v/s longitud estándar (LS) en machos. Merluza Tres Aletas

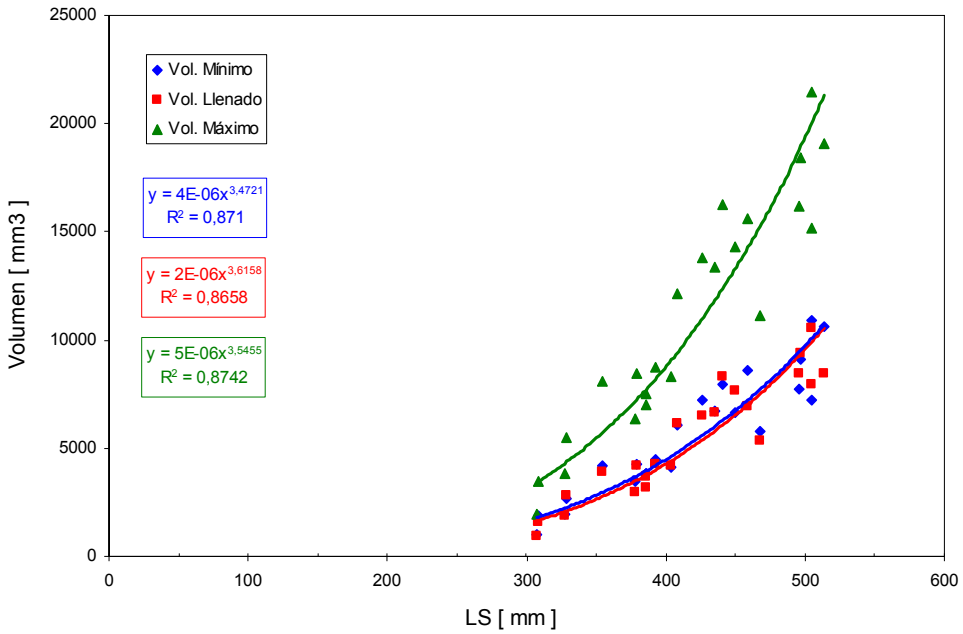


Figura 34. Volumen mínimo, de llenado y máximo de vejiga v/s longitud estándar (LS). Merluza Tres Aletas

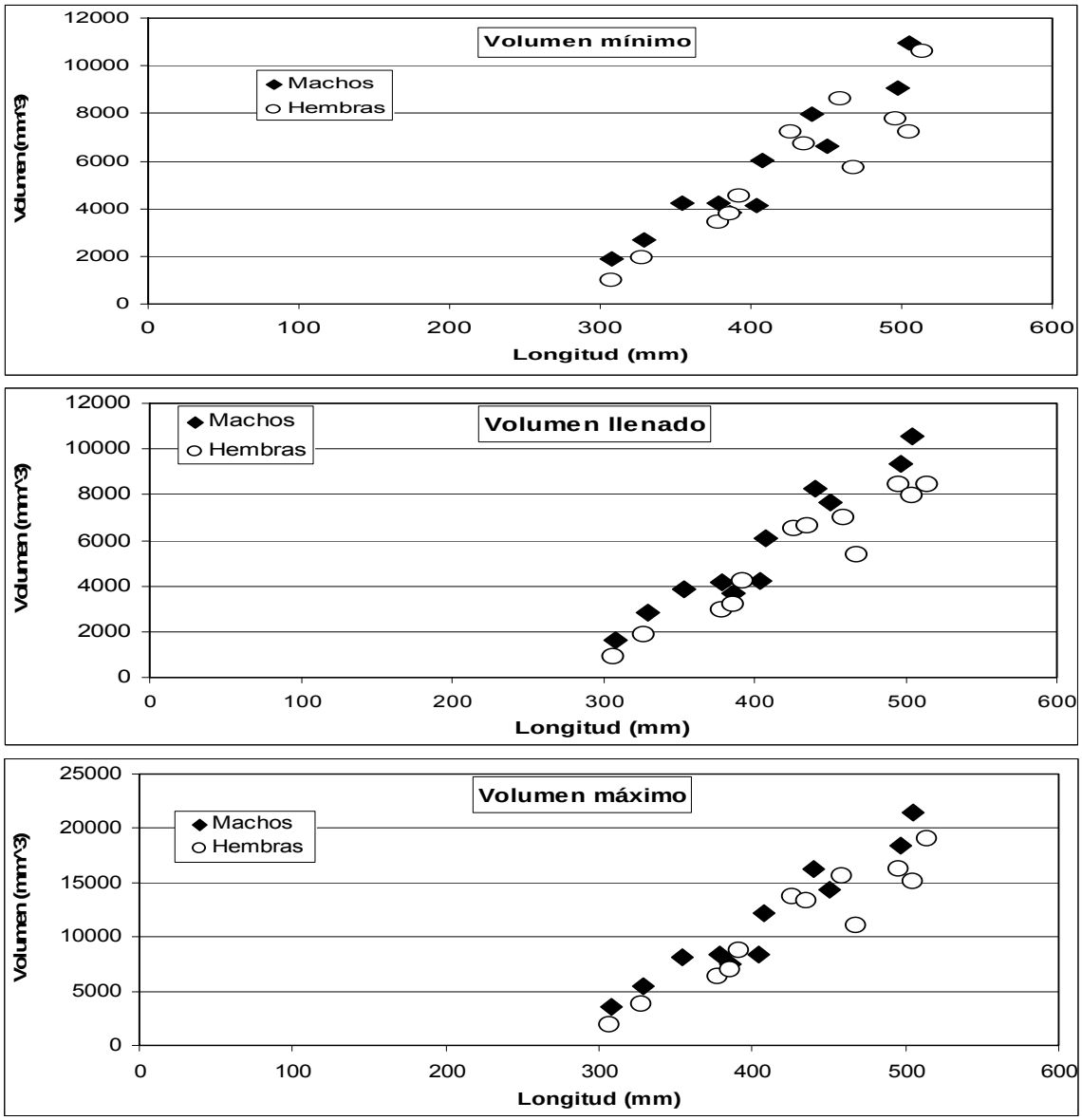


Figura 35. Gráficos de dispersión de los volúmenes mínimos, de llenado y máximo de las vejigas de merluza de tres aletas**.**

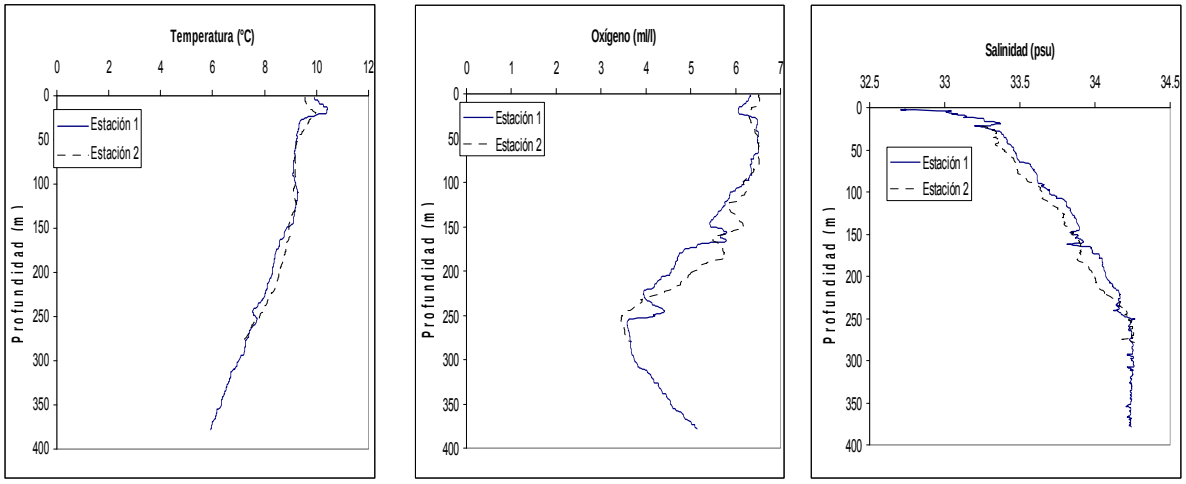


Figura 36. Distribución de las variables salinidad, oxígeno y temperatura en las estaciones oceanográficas.

T A B L A S

Tabla 1.
Antecedentes biológicos de la merluza de tres aletas (***Micromesistius australis***).

Clase	Actinopterigos
Orden	Gadiformes
Familia	Gadidae
Hábitat	Bentopelágico 130-800 m.
Alimentación	Crustáceos planctónicos y peces pequeños.
Longitud máxima (cm)	67 cm
Longitud promedio (cm)	51cm
Longevidad (años)	30 años
Edad de reclutamiento	3 años
Talla media de madurez	38 - 44cm

Tabla 2.
Datos registrados durante las mediciones de fuerza de blanco

Ping_S	Número del primer ping detectado en el track o intervalo.
Ping_E	Número del último ping detectado en el track.
Ping_M	Número del ping detectado en la mitad del track.
VL_mid	Velocidad media del buque durante el intervalo de detección.
Fecha_S	Fecha del inicio de la detección del primer ping.
Hora_S	Hora inicio detección del primer ping en el track.
Hora_E	Hora detección del ultimo 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 último ping detectado en el intervalo (grados).
Lon_E	Longitud del último 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	Valor promedio del *TS* compensado de los blancos individuales en el intervalo detectado (Db ref a 1 m2).
Profundidad	Valor promedio de la profundidad de los blancos individuales detectados en el intervalo (m).
Fondo	Valor promedio de la profundidad del fondo bajo cada blanco individual detectado en el intervalo (m).
Num_targe*TS*	Número de blancos individuales en el track.
Tiempo detección	Tiempo transcurrido entre el último y el primer ping (s).
Dirección horizontal	Calculada como una línea recta entre el primer y ultimo blanco detectado en el track en el plano paralelo a la cara del transductor, con un rango que abarca entre 0° y 360°
Dirección vertical	Calculada como una línea recta entre el primer y ultimo 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 dirección paralela al transductor, -90° describe una dirección directamente hacia abajo y 90° una dirección directamente hacia arriba

Tabla 3.
Controles de operación del sistema acústico

Ecosonda	Simrad EK500
Razón de sondeo	Máxima
Power (W)	2.000
Longitud del pulso (ms)	1,0
Frecuencia (KHz)	38
Transductor	ES38DD
Tipo de haz	Split
TS Gain (dB)	24,5
2-way beam angle (dB)	-20,6
Coeficiente absorción (dB/km)	9,9
Velocidad del sonido (m/s)	1.490
Angle sensitivity (dB)	20,5
3 dB beam. Alongship (°)	7,0
3 dB beam. Athwartship (º):	7,0
Ecograma	On
Rango ecograma (m)	0-500

Tabla 4 a.
Datos operacionales de los lances de pesca.

COD_PROY	BUQUE	CRUCERO	LANCE	F_LANCE	H_CALADO	H_VIRADO	LAT_INI	LON_INI	LAT_FIN	LON_FIN	H_REGIS	RUMBO	VEL	P_FONDO	P_RELING	PROF_REG	L_CABLE
FIP-2005-29	ABATE MOLINA	1	1	21/8/2006	1710	1718	4700.0	7533.0	4701.0	7532.8	1710	190	3.3	259	161		400
FIP-2005-29	ABATE MOLINA	1	2	24/8/2006	620	624	4701.5	7535.0	4701.5	7535.6	620	80	3.2		130,136	130	300
FIP-2005-29	ABATE MOLINA	1	3	24/8/2006	1515	1535	4703.2	7535.0	4704.7	7334.0	1515	170	3.3	401	250	240	550
FIP-2005-29	ABATE MOLINA	1	4	24/8/2006	1935	2024	4701.0	7535.5	4701.0	7534.0	1935	95	3.3	587	156, 150	150	300

Tabla 4 a.
Datos operacionales de los lances de pesca (continuación).

LANCE	ALT_BOCA	TEMP_SUP	TEMP_REL	TIPO_RED	EST_MAR	D_VIENTO	F_VIENTO	PRESIÓN	M. tres aletas (Kg)	Reineta (Kg)	Cojinoba (Kg)	M. de cola (Kg)	M. tres aletas (N°)	Reineta (N°)	Cojinoba (N°)	M. de cola (N°)
1	26	9.9	7.9	Motueca	Gruesa	320	7	1016.5		43				35		
2	26	9.5	7.7	Motueca	Marejada	260	8	1010	7000		3		6.48		3	4
3	21	9.5	6.3	Motueca	Marejada	330	7	1010		25				22		
4	29	9.9	7.7	Motueca	Marejada	300	6	1012	1084			84	1.101			

Tabla 4 b.
Datos operacionales de las estaciones oceanográficas.

Estación	Latitud		Longitud		Distancia Costa	Hito Geografico	Observaciones
	Grado	Minutos	Grado	Minutos	Millas Nauticas		
1	47	3.5	75	34.5	7.1	Cabo Raper	Fondo Variable
2	47	4.2	75	35.8	8	Cabo Raper	Fondo Variable

Tabla 5.
Calibración del sistema acústico.

Lugar: Golfo de Penas (24-08-2006)		Estado de mar : Marejadilla
Profundidad del fondo: 480 m		Profundidad de la esfera : 20,2 m
2 way beam angle: -20,6 dB		Angle sensitivity: 20,5 dB
3 dB angle: 7 º		Largo del cable 500 metros
Ganancia TS (dB)		Ganancia SV (dB)
Profundidad (m)	Longitud de pulso (ms)	Longitud de pulso (ms)
	1,0	1,0
220	23,5	23,6

Tabla 6.
Valores estimados de la fuerza de blanco de merluza de tres aletas.

		Pulso medio (1,0 ms)	
Medición	Talla (cm)	*TS* (dB)	*TS*± 2 desv. est.
1	51	-38,1	-37,20 – -39,20
2	51	-36,1	-35,10 – -37,60
5	51	-34,7	-34,20 - -35,50
8	51,7	-35,7	-34,20 - -36,90
9	51,7	-33,0	-32,40 - -33,60
12	51,7	-33,8	-33,10 - -34,50

Tabla 7.
Relaciones de TS-talla estimadas para *M. australis, M. poutassou y M. gayi*,

In situ	*M. australis*	TS=20*log(L)-69,1	*
In situ	*M. australis*	TS=21,8*log(L)-72,1	**
Ex situ	*M. australis*	TS=32.2*log(L)-88.8	***
In situ	*M. poutassou*	TS=21,8*log(L)-72,8	****
In situ	*M. gayi*	TS=20*log(L)-69,1	*

* estimada asumiendo una relación cuadrática entre entre la talla y la fuerza de blanco

** estimada asumiendo la pendiente de la relación TS-talla de *M. poutassou*

*** estimada a partir de la modelación de la vejiga natatoria

**** estimación de la relación TS-talla de : *M. poutassou*

Tabla 8.
Largo (mm), sexo, volumen de la vejiga (mm3) y *TS* estimado a frecuencias de 18, 38, 70, 120 y 200 kHz para las muestras de merluza de tres aletas

Fish no.	Length	Sex	<TS>					Volume
			18	38	70	120	200	
30	308	M	–45.0	–41.5	–39.4	–38.7	–39.6	3 374
19	329	M	–42.3	–39.0	–37.4	–37.6	–38.4	6 182
12	354	M	–41.5	–38.2	–36.7	–37.2	–37.6	7 556
15	379	M	–40.2	–37.2	–36.2	–37.1	–36.9	10 788
3	386	M	–41.0	–37.8	–36.4	–36.7	–37.0	8 407
4	404	M	–40.5	–37.5	–36.2	–36.7	–36.9	9 269
21	408	M	–38.2	–35.3	–34.6	–35.7	–35.1	15 890
26	441	M	–37.7	–35.1	–34.8	–35.8	–35.3	17 841
24	450	M	–38.4	–35.8	–35.2	–36.2	–35.4	15 015
34	497	M	–36.2	–33.9	–34.0	–34.7	–34.0	24 996
1	505	M	–36.9	–34.6	–34.5	–34.8	–34.4	22 477
5	307	F	–47.3	–43.4	–41.3	–40.7	–41.7	2 368
38	327	F	–44.2	–40.8	–39.1	–39.1	–40.0	4 283
13	378	F	–41.9	–38.6	–36.8	–36.8	–37.4	6 638
29	386	F	–41.2	–38.0	–36.5	–36.9	–37.1	7 845
27	392	F	–40.4	–37.4	–36.3	–37.0	–36.9	9 548
9	427	F	–38.2	–35.6	–35.2	–36.1	–35.7	16 292
39	435	F	–38.4	–35.4	–34.4	–35.3	–34.8	14 511
33	459	F	–37.2	–34.8	–34.7	–35.6	–34.8	19 876
6	468	F	–39.6	–36.7	–35.5	–36.2	–36.0	11 269
37	496	F	–37.1	–34.4	–33.9	–35.0	–34.2	19 784
36	505	F	–36.9	–34.3	–33.8	–34.6	–34.1	20 593
32	514	F	–37.0	–34.5	–34.5	–35.2	–34.4	21 413

Tabla 9.
Valores promedio, desviación estándar, mínimo y máximo para los descriptores de 636 observaciones de marcas individuales de merluza de tres aletas.

Variable	Promedio	Desv. estándar	Mínimo	Máximo
TS (dB re m^2)	-34,7	0,4	-45,7	-30,0
Velocidad vertical (m/s)	0,71	0,6	0,05	2,26
Dirección vertical (°)	-4,3	74	-79	68
Distancia del pez (m)	98	72	26	199
Índice de altura (%)	46	8	30	72

Tabla 10.
Datos morfométricos y de morfología de la vejiga gaseosa. Merluza Tres Aletas

Merluza Tres Aletas Machos

Rango LT	Especimen	LS	LC	LC/LS	Hmax	Hmin	Long Vejiga	Componentes Vejiga			Volumen Vejiga (mm3)		
	N°	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	Vert inicio	Vert final	n vertebras	Mínimo	Llenado	Total
35 - 36	30	308	73	0,237	47	14	108,3	4	25	21	1881,56	1612,7	3494,26
37 - 38	19	329	82	0,249	54	15	107,2	4	23	19	2700,61	2818,31	5518,92
39 - 40	12	354	89	0,251	64,3	16	116,94	4	23	19	4222,25	3881,8	8104,05
41 - 42	15	378,7	88	0,232	60	17	116,39	5	23	18	4254,52	4178,67	8433,19
43 - 44	3	386	83	0,215	62	18	128,08	5	24	19	3826,44	3653,03	7479,47
45 - 46	4	404	92,3	0,228	74	17,7	134,38	4	23	19	4116,66	4206,7	8323,36
47 - 48	21	407,7	94	0,231	73	19	129,88	3	21	18	6044,06	6107,38	12151,44
49 - 50	26	440,7	104,3	0,237	78	20	143,25	4	23	19	7975,04	8281,75	16256,79
51 - 52	24	450	106	0,236	90	22	133,37	5	22	17	6616,44	7681,87	14298,31
55 - 56	34	497	120	0,241	98,3	25	143,41	4	21	17	9082,71	9365,03	18447,74
57 - 58	1	505	110,3	0,218	89	24	165,99	4	23	19	10935,68	10545,2	21480,88
							Moda	4	23	19			
			Promedio	0,234	71,782	18,882	Promedio	4,182	22,818	18,636			
			Desv Estándar	0,011	16,117	3,571	Desv Estándar	0,603	1,168	1,120			

Merluza Tres Aletas Hembras

Rango LT	Especimen	LS	LC	LC/LS	Hmax	Hmin	Long Vejiga	Componentes Vejiga			Volumen Vejiga (mm3)		
	N°	(mm)	(mm)		(mm)	(mm)	(mm)	Vert inicio	Vert final	n vertebras	Mínimo	Llenado	Total
35 - 36	5	307	79	0,257	49	14	63,39	6	18	12	1020,15	903,68	1923,83
37 - 38	38	327,3	75	0,229	55	16	86,6	5	21	16	1937,52	1868,82	3806,34
41 - 42	13	378	90	0,238	72	17	129,26	4	23	19	3440,23	2948,62	6388,85
43 - 44	29	386	91	0,236	70	17	120,15	4	22	18	3802,74	3206,28	7009,02
45 - 46	27	392	95	0,242	71	17	118,84	5	23	18	4512,08	4250,73	8762,81
47 - 48	9	426,7	98	0,230	74,7	19,7	142,99	3	23	20	7238,32	6527,98	13766,30
49 - 50	39	435	108	0,248	74,7	20	152,31	4	24	20	6737,03	6631,98	13369,01
51 - 52	33	459	105	0,229	80,7	20	146,27	4	22	18	8633,45	6969,19	15602,64
53 - 54	6	468	105	0,224	107	21	153,27	2	23	21	5744,43	5354,11	11098,54
55 - 56	37	496	115	0,232	99,3	23,7	160,29	4	23	19	7763,89	8427,36	16191,25
57 - 58	36	505	120	0,238	120	21	167,39	4	23	19	7202,9	7958,25	15161,15
59 - 60	32	514	126	0,245	90	26	135,12	5	20	15	10616,89	8450,71	19067,60
							Moda	4	23	19			
			Promedio	0,237	80,283	19,367	Promedio	4,167	22,083	17,917			
			Desv Estándar	0,010	20,645	3,384	Desv Estándar	1,030	1,676	2,503			

A N E X O S

A N E X O 1

Acoustic target strength of three-finned hake (***Micromesistius australis***) using swimbladder models

A N E X O 2

Plan de asignación de personal profesional y técnico (HH) por objetivo

PERSONAL PARTICIPANTE POR ACTIVIDAD (HH)

OBJETIVO GENERAL

Personal Participante	ACTIVIDAD				Total
	Puesta en marcha	Procesamiento de datos	Análisis de los datos	Elaboración de Informe	
Sergio Lillo V.	23	135	81	45	284
M. Angela Barbieri B.	5	0	0	0	5
Gavin Macaulay	0	80	40	15	135
Cecilia Cancino A.	8	166	82	72	328
Álvaro Saavedra G	0	130	55	20	205
Juan Saavedra N.	8	50	5	5	68
Francisco Flores A.	0	98	0	0	98
Roberto Bahamonde F.	0	75	0	0	75
Manuel Rojas G.	45	125	25	15	210
Jorge Angulo C.	0	45	0	0	45
Esteban Molina	0	45	0	0	45
Total	**89**	**949**	**288**	**172**	**1498**

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Objetivo específico 1

Personal Participante	ACTIVIDAD				Total
	Puesta en marcha	Procesamiento de datos	Análisis de los datos	Elaboración de Informe	
Sergio Lillo V.	10	30	30	19	89
M. Angela Barbieri B.	5	0		0	5
Gavin Macaulay					0
Cecilia Cancino A.					0
Álvaro Saavedra G		10		0	10
Juan Saavedra N.		0			0
Francisco Flores A.					0
Roberto Bahamonde F.		30			30
Manuel Rojas G.	15	30			45
Jorge Angulo C.					0
Esteban Molina		0			0
Total	**30**	**100**	**30**	**19**	**179**

Objetivo específico 2

Personal Participante	ACTIVIDAD				Total
	Puesta en marcha	Procesamiento de datos	Análisis de los datos	Elaboración de Informe	
Sergio Lillo V.	5	45	35	19	104
M. Angela Barbieri B.					0
Gavin Macaulay		80	40	15	135
Cecilia Cancino A.					0
Álvaro Saavedra G		40	15	10	65
Juan Saavedra N.	8	25		0	33
Francisco Flores A.					0
Roberto Bahamonde F.		45			45
Manuel Rojas G.	30	65	25	15	135
Jorge Angulo C.		45			45
Esteban Molina		45			45
Total	**43**	**390**	**115**	**59**	**607**

Objetivo específico 3

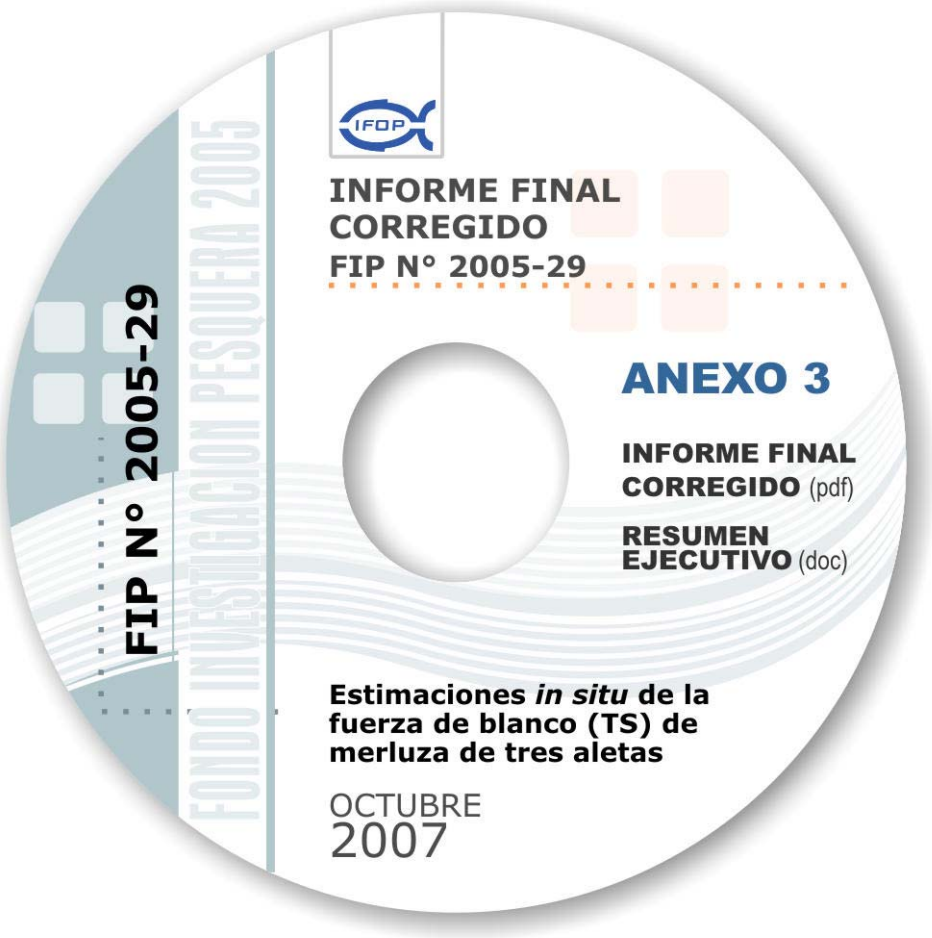
Personal Participante	ACTIVIDAD				Total
	Puesta en marcha	Procesamiento de datos	Análisis de los datos	Elaboración de Informe	
Sergio Lillo V.		30	6	4	40
M. Angela Barbieri B.			0		0
Gavin Macaulay					0
Cecilia Cancino A.					0
Álvaro Saavedra G		35	10	0	45
Juan Saavedra N.		25	5	5	35
Francisco Flores A.					0
Roberto Bahamonde F.					0
Manuel Rojas G.		30			30
Jorge Angulo C.					0
Esteban Molina					0
Total	**0**	**120**	**21**	**9**	**150**

Objetivo específico 4

Personal Participante	ACTIVIDAD				Total
	Puesta en marcha	Procesamiento de datos	Análisis de los datos	Elaboración de Informe	
Sergio Lillo V.	8	30	10	3	51
M. Angela Barbieri B.					0
Gavin Macaulay					0
Cecilia Cancino A.	8	166	82	72	328
Álvaro Saavedra G		45	30	10	85
Juan Saavedra N.		0			0
Francisco Flores A.		98			98
Roberto Bahamonde F.					0
Manuel Rojas G.					0
Jorge Angulo C.					0
Esteban Molina					0
Total	**16**	**339**	**122**	**85**	**562**

A N E X O 3

CD con Informe Final Corregido
FIP N° 2005-29 (en PDF)


FIP N° 2005-29
FONDO INVESTIGACION PESQUERA 2005
INFORME FINAL
CORREGIDO
FIP N° 2005-29
ANEXO 3
INFORME FINAL
CORREGIDO (pdf)
RESUMEN
EJECUTIVO (doc)
Estimaciones in situ de la
fuerza de blanco (TS) de
merluza de tres aletas
OCTUBRE
2007

INSTITUTO DE FOMENTO PESQUERO
Blanco 839, Fono 56-32-2151500
Valparaíso, Chile
www.ifop.cl