



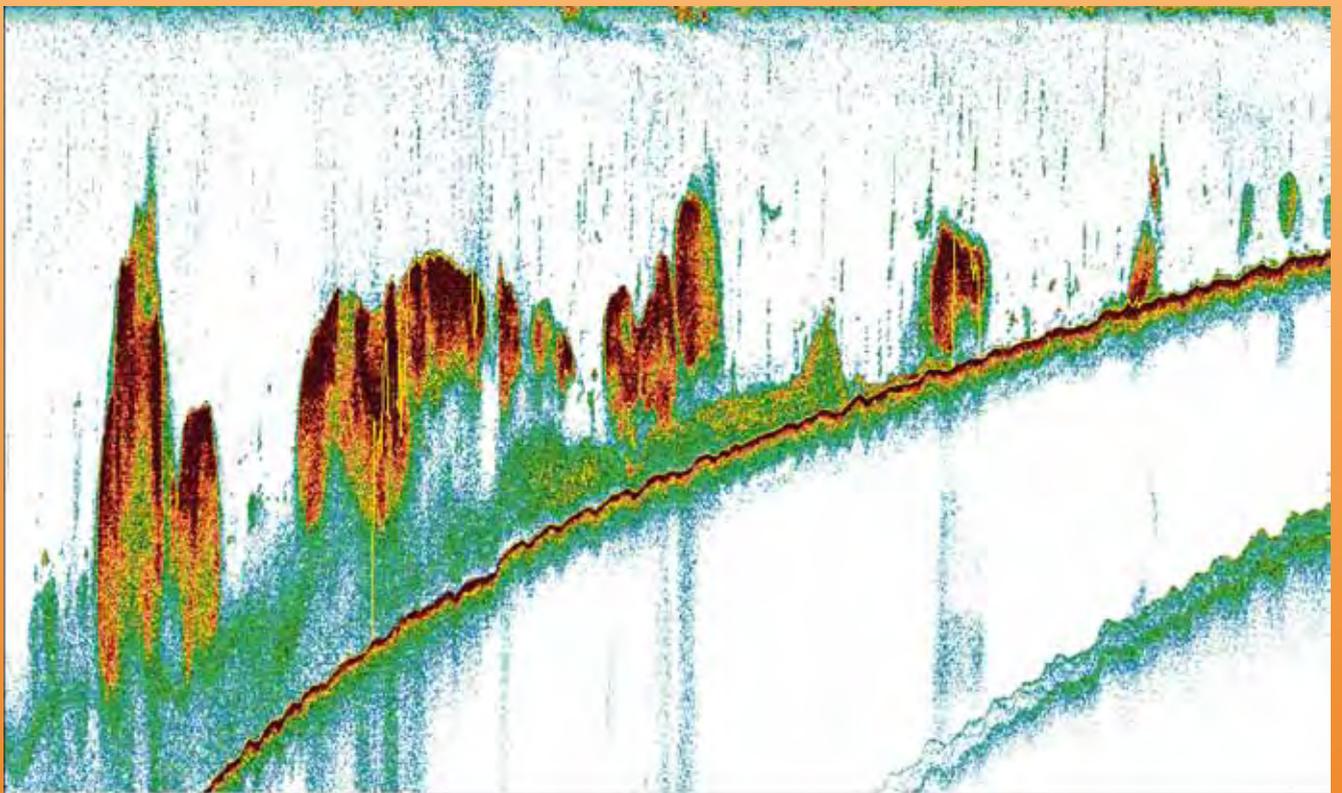
INSTITUTO DEL MAR DEL PERÚ

INFORME

ISSN 0378 - 7702

Volumen 36 Números 1-2

Evaluación hidroacústica de la distribución y biomasa de recursos pelágicos frente a la costa peruana. Años 2002, 2003, 2004



PROTOCOLO TÉCNICO PARA LA EVALUACIÓN ACÚSTICA DE LAS ÁREAS DE DISTRIBUCIÓN Y ABUNDANCIA DE RECURSOS PELÁGICOS EN EL MAR PERUANO. VERSIÓN 2009

P. Ramiro Castillo¹, Salvador Peraltilla¹, Aníbal Aliaga¹, Miguel Flores¹, Michael Ballón¹, Jairo Calderón¹, Mariano Gutiérrez²

¹ IMARPE. Dirección de Pesca y Desarrollo Tecnológico. Unidad Tecnología de Detección (UTD)

² Universidad Nacional Federico Villarreal (UNFV). Facultad de Oceanografía, Pesquería y Ciencias Alimentarias

CONTENIDO

1. Introducción	7
2. Objetivo.....	7
3. Metodología para estimación acústica de la abundancia de peces	8
4. Planificación	9
5. Equipamiento acústico.....	11
6. Muestreo acústico	12
7. Análisis de ecotrazos	13
8. Determinación de la distribución espacial de los recursos.....	21
9. Cálculo de la abundancia/ biomasa y límites de confianza.....	23
10. Fuentes de error.....	26
11. Agradecimientos.....	26
12. Referencias bibliográficas.....	26

1. INTRODUCCIÓN

La pesquería marina peruana está sustentada en la extracción de recursos pelágicos, especialmente la anchoveta, *Engraulis ringens*, que es la especie más abundante. La industria desarrollada alrededor de esta pesquería es una de las más grandes e importantes del ámbito mundial. Su abundancia se debe al afloramiento costero, la principal característica del mar peruano, que suministra vastas cantidades de nutrientes inorgánicos que sostienen los niveles tróficos primarios y secundarios. Asimismo, el ecosistema costero peruano está afectado por la alta variabilidad, cuya más significativa expresión es la alternancia entre ciclos fríos y cálidos conocidos como eventos La Niña (LN) y El Niño (EN), respectivamente.

En el caso de los recursos pelágicos, los métodos acústicos son los más importantes a efectos de calcular tanto la distribución como la abundancia de las especies (Koslow 2009). A pesar de ciertas fuentes de error y subestimación, el muestreo con ecosondas y sonares permite una lectura prácticamente continua de variables, tales como la presencia de peces, la distribución del plancton e incluso la profundidad de la termoclina, el tipo de fondo y la detección de ondas internas.

El IMARPE realiza de dos a cuatro cruceros de evaluación de recursos pelágicos al año, en los que utiliza

el método acústico para calcular la biomasa de la anchoveta y de otras especies pelágicas de interés como sardina, jurel, caballa, samasa, bagre, camotillo, vinciguerra, pota o calamar gigante, múnida y eventualmente algunas más.

Es conveniente definir los términos biomasa y abundancia. BIOMASA se refiere a la cantidad absoluta de peces, expresada en toneladas métricas (t), existente en una región específicamente determinada. ABUNDANCIA se emplea para referirse a la cantidad de peces expresada en unidades de abundancia relativa (m^2/mn^2). Los resultados de estas investigaciones permiten calcular las cuotas de captura, y a través de recomendaciones específicas el Ministerio de la Producción, emite las medidas de regulación pesquera para el sostenimiento y conservación de los recursos involucrados.

El IMARPE aplica el método acústico de modo regular desde 1983, y con el transcurso del tiempo se han producido mejoras metodológicas e instrumentales como consecuencia del progreso de la electrónica e informática. La mayor parte de los procedimientos y formulación matemática de esta metodología están descritos en los Informes Cooperativos del Consejo Internacional para la Exploración del Mar (International Council for the Exploration of the Sea, ICES). Esta aplicación metodológica utilizada para la evaluación de las principales espe-

cies pelágicas ha tenido consultorías periódicas que han permitido mejorar su aplicación (FOOTE 1995, MACLENNAN 1997, SIMMONDS et al. 2009); además, se ha efectuado su difusión en diversos talleres nacionales e internacionales (CPPS 2001).

En este Protocolo se describe la metodología utilizada durante el periodo 1996 a 2009. Para ello, se ha estratificado el mar frente al Perú en Áreas Isoparalitorales (AIP) formadas por la proyección imaginaria de la línea de costa cada 10 mn, las que son cortadas cada 30 minutos por los paralelos de latitud hasta una distancia de 300 millas náuticas desde la línea de costa (GUTIÉRREZ Y PERALTILLA 1999). Cada AIP está codificada para facilitar los cálculos. De otro lado, en 1997 se inició un estudio acerca de los valores de reflectividad acústica (TS) para las principales especies pelágicas y, desde el 2002, los análisis se realizan en formato digital utilizando el programa de post-procesamiento Echoview (Myriax Pty., Australia), que permite una mayor precisión en la cuantificación de los registros detectados por las ecosondas.

2. OBJETIVO

El objetivo del presente protocolo es describir los equipos, procesos y métodos, que conducen a evaluar la distribución geográfica y la biomasa/abundancia poblacional de anchoveta y otras especies pelá-

cas del mar peruano. La actividad principal es el desarrollo de Cruce-ros de Evaluación Acústica de Re-cursos Pelágicos (CEARP), los que se ejecutan de manera periódica según la programación de activida-des de campo del IMARPE.

Este documento se elaboró en la Unidad de Tecnología de Detección (UTD) de la Dirección de Investi-gaciones en Pesca y Desarrollo Tecno-lógico (DIPDT) del IMARPE.

3. METODOLOGÍA PARA ESTIMACIÓN ACÚSTICA DE LA ABUNDANCIA DE PECES

Los métodos acústicos para es-timar la abundancia de peces se basan en el conocimiento previo de la *Reflectividad (Target Strength, TS)* de los peces según su talla, su morfología y fisiología (FOO-TE 1987). Cuando no se tiene esta información, los resultados no deben ser expresados en términos de abundancia o biomasa abso-luta (por ejemplo, en toneladas), sino en unidades de abundancia relativa (por ejemplo, en m^2/mn^2). Otros métodos permiten contar vi-sualmente, o con algoritmos infor-máticos, el número de peces por unidad de muestreo utilizando ecosondas o sonares, lo que per-mite inferir la abundancia o biomasa, aunque estos métodos llamados de "ecoconteo" solo pueden ser em-pleados bajo ciertas condiciones de baja densidad (MACLENNAN y MACKENZIE 1988).

La asunción fundamental en estos métodos de cuantificación consiste en que, si se conoce la cantidad de energía sónica que es emitida, se le puede, entonces, comparar con la que se recibe como eco (o *Retrodis-persión*), y atribuir la diferencia a la

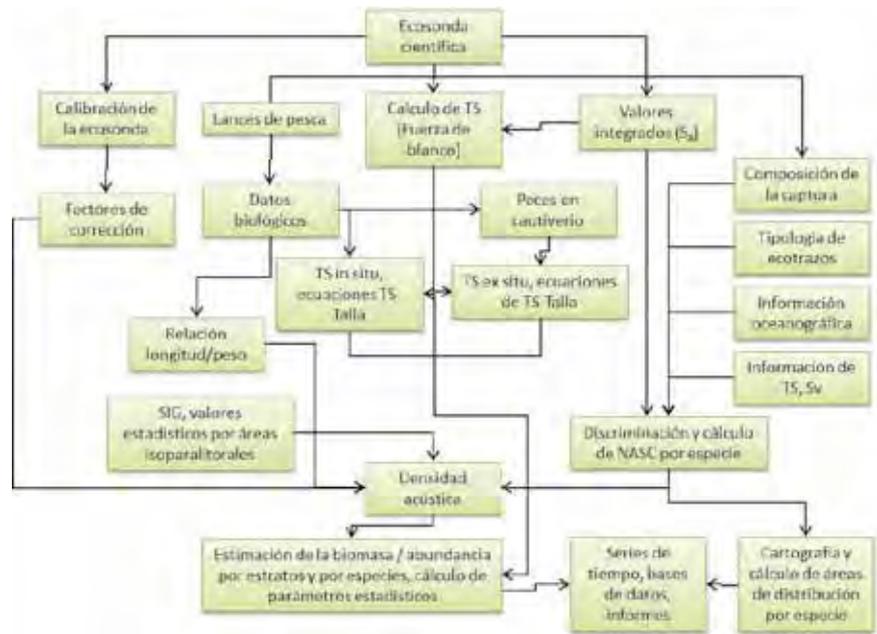


Figura 1.- Metodología acústica para la evaluación de biomasa de una población de peces.

cantidad de dispersores presentes en el agua. De tal modo, si se conoce la energía que un solo pez es capaz de reflejar, entonces la relación entre esas dos cantidades nos dará el número de peces presentes en el agua.

Para ello, se requiere analizar *ecogramas* de ecosondas previamente calibradas. Los ecogramas son imágenes bidimensionales compuestas por pulsos unidimensionales, cada uno de los cuales corresponde a la emisión de sonido en intervalos; y por la presentación de los ecos de retorno que es realizada en una escala de colores que representa la densidad relativa de los dispersores (peces, plancton, etc.) que se interpusieron en la propagación del sonido.

De otro lado, los métodos acústicos para estimar la abundancia de anchoveta y otros recursos pelágicos requieren la pre-definición de los estratos o espacios geográficos

sobre los cuales se efectuará la medición de la distribución o abundancia (por ejemplo, las AIP). Los datos acústicos colectados durante los cruces deben corresponder a intervalos similares de muestreo (UBM) a lo largo de *transectos* también predefinidos, que por lo general tienen un diseño regular, generalmente de tipo sistemático-paralelo perpendicular a la línea de costa. El propósito es realizar un esfuerzo de muestreo uniformemente espaciado con la finalidad de que la varianza espacial, y la autocorrelación de la distribución de peces esté correctamente representada. Es importante señalar, que los estratos para calcular la abundancia no se construyen a partir de la muestra, pero las cartas de distribución sí se construyen por contorneo de los valores colectados recurriendo a un programa de interpolación (*Surfer, Golden Software, USA*). La estratificación que se emplea en Perú es novedosa considerando los están-



Barco de Investigación Científica (BIC) HUMBOLDT, adquirido en 1978 en cooperación con el Gobierno alemán, posee 76,2 m de eslora con capacidad para 100 personas.



BIC José Olaya Balandra, donado por el Gobierno de Japón (JICA) 1998, posee una eslora de 40,6 m con capacidad para 32 personas.



BIC SNP-2, adquirido en 1998, posee 21,5 m de eslora con capacidad para 15 personas.

Figura 2.- Embarcaciones utilizadas en los cruces de evaluación de recursos pelágicos

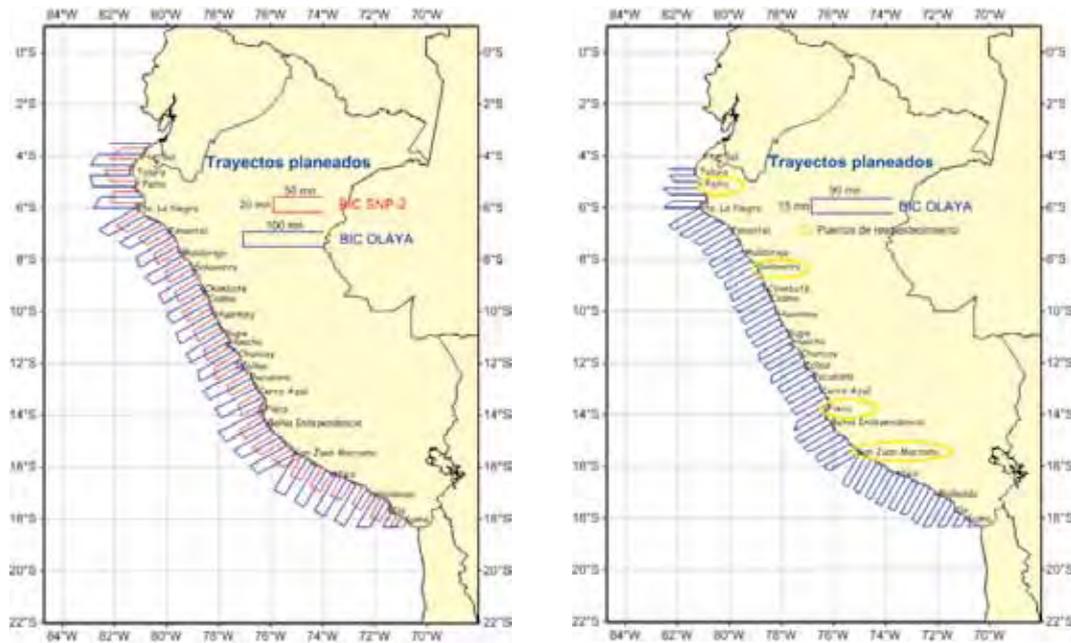


Figura 3.- Diseño de trayectos sistemático con dos buques y un buque de investigación.

dares internacionales, aunque los procedimientos son similares a los descritos en SIMMONDS y MACLENNAN (2005), los que se detallarán posteriormente (Fig. 1).

4. PLANIFICACIÓN

Para el desarrollo de prospecciones acústicas se requiere establecer previamente una planificación de las estrategias de muestreo y equipos a utilizar, actividades logísticas y de rutina, presupuesto, informes, etc. En la ejecución de un crucero de evaluación acústica de recursos pelágicos participan otras áreas o disciplinas de investigación que realizan estudios simultáneos o complementarios.

El Plan de Crucero es el documento que contiene todos los detalles de la organización incluyendo etapas, presupuestos, objetivos, personal participante etc.; el cual forma parte del programa anual de investigaciones del Instituto.

4.1 Período y área de estudio

La disponibilidad presupuestal determina en primer término el área de investigación que puede ser cubierta en función a las especies-objetivo. En el caso de anchoveta, su área de distribución es mayor durante el invierno, lo cual debe ser tomado en cuenta en la planificación de la investigación.

4.2 Embarcaciones

Las embarcaciones utilizadas en los cruceros de evaluación acústica son los Barcos de Investigación Científica (BIC) José Olaya Balandra, SNP-2 y Humboldt, equipados con redes de arrastre de media agua, sistemas acústicos digitales de detección multifrecuencia y equipamiento oceanográfico y de muestreo biológico (Fig. 2). En ocasiones se utilizan las lanchas pesqueras de menor calado (LP) o lanchas de investigación científica (LIC) como las Imarpe IV, Imarpe V e Imarpe VI, para incrementar el muestreo biológico-pesquero en zonas costeras o someras donde los BIC no pueden ingresar, por seguridad.

4.3 Diseño del muestreo

La evaluación acústica se efectúa mediante la utilización de un *Diseño de Muestreo de Tipo Sistemático (perfiles paralelos y equidistantes entre sí)*, con el propósito de desarrollar un esfuerzo uniforme, que permita coleccionar información para evaluar y estudiar el mayor número posible de especies pelágicas. Este tipo de diseño ha sido utilizado desde los inicios del empleo de métodos acústicos en IMARPE, y se sustenta en lo descrito para recursos pesqueros por varios autores (RIVOIRARD et al. 2000, PETITGAS 1991, FRANCIS 1984, SIMMONDS y MACLENNAN 2005) (Fig. 3).

SHOTTON y BAZIGOS (1984) ofrecen el siguiente sustento para la elección de muestreos sistemáticos: *“Si la distribución de la población no muestra una tendencia en la densidad hacia una región u otra, entonces el muestreo sistemático ha de ser esencialmente equivalente al muestreo aleatorio simple; y si hay una tendencia lineal en la dirección de muestreo, la varianza de una muestra sistemática será menor que la varianza de una muestra aleatoria”*.

4.4 Tiempo de crucero y longitud de los transectos

La fase de campo de una evaluación acústica de recursos pelágicos es el desarrollo del Crucero de Evaluación, y para ello es esencial la estimación del tiempo disponible, considerando el rastreo acústico involucrado y la ejecución de lances de muestreo biológico-pesquero y oceanográfico. La expresión “rastreo acústico” se refiere a la navegación o recorrido planificado a lo largo de líneas imaginarias o “transectos”, usualmente colocados de modo perpendicular a la línea de costa, y las secciones navegadas que conectan los transectos son conocidos como “intertransectos” (Fig. 3).

El tiempo total (T) se deduce de otras actividades, tales como carga y descarga del buque (L), usualmente conocido como reabastecimiento, que involucra la provisión de agua potable, combustibles, víveres, me-

dicinas y la navegación hacia el punto de inicio del rastreo acústico (M). Se considera también un tiempo para la calibración de los instrumentos acústicos (C), realización de lances de pesca para identificar ecotrazos (F), estaciones oceanográficas (H), y finalmente se debe incluir un tiempo de contingencia (W) por mal tiempo, averías en la embarcación, incidencias en el mar y/o por accidentes o enfermedades del personal embarcado.

En algunas ocasiones puede ser conveniente el rastreo de los transectos solo durante horas diurnas, a fin de evitar el sesgo que podría producirse debido a la usual dispersión nocturna de las diversas especies pelágicas. En el caso de especies como la anchoveta, que tienen una amplia distribución latitudinal, esta posibilidad es impracticable por costosa. Por esta razón, y por la necesidad de evaluar varias otras especies que tienen incluso un área mayor de distribución, las evaluaciones acústicas suelen desarrollarse sin interrupciones. La duración usual de un CÉARP es de 45 días entre Tumbes y Tacna hasta una distancia de 100 millas náuticas (mn) mar afuera utilizando dos BIC; alrededor de 35 días son dedicados a la evaluación acústica y biológico-pesquera, cinco días a navegar hacia y desde los puntos de inicio/final, y otros cinco días para reaprovisionamientos.

Si, v es la velocidad del buque y P es la proporción de cada día que puede ser utilizado para el rastreo acústico, la longitud total de los trayectos del crucero (D), se calcula como:

$$D = [T-L-M-C-(F + H + W) P] v$$

Para establecer el diseño del trayecto del crucero, es necesario calcular el espacio entre cada transecto y el número de transectos que pueden llevarse a cabo.

La distancia disponible (D) para el crucero puede ser utilizada para determinar el número de transectos o el espacio entre transectos. Si, A es la superficie total y $a1$ es el promedio de la longitud del transecto, el número de transectos (N), será:

$$N = D / a1$$

El espacio entre cada transecto (S), será:

$$S = A / D$$

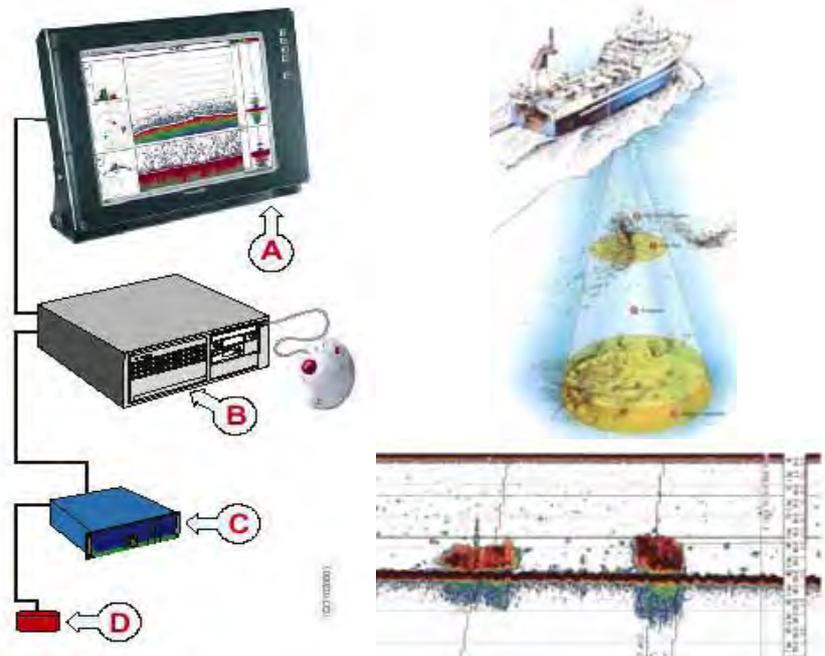


Figura 4.- Ecosonda científica EK60 diseñada para estudios biológicos, principalmente para estimación de biomasa y detección individual de blancos. A) Monitor. B) Unidad Procesadora. C) Unidad Transeptora GTP, D) Transductor "Split-beam" que determina la distribución de tamaños dentro del volumen insonificado, está dividido electrónicamente en cuatro cuadrantes.

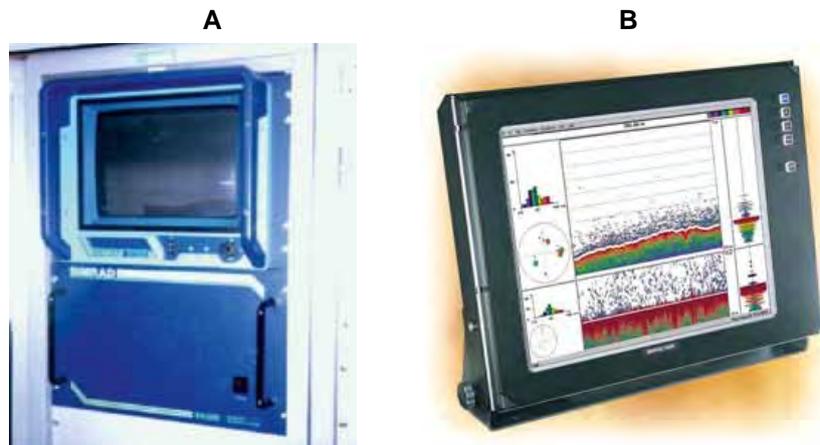


Figura 5.- A) Ecosonda científica SIMRAD EK 500 y B) Ecosonda Científica SIMRAD EK60.

Estas ecuaciones empíricas son válidas para un diseño sistemático-paralelo (SIMMONDS et al. 1992), y han significado una separación promedio entre transectos de 15 mn, aunque eventualmente se ha llegado a utilizar 10 mn para proveer mayor resolución en los muestreos.

Eventualmente, se llegó a adoptar un diseño sistemático paralelo-anidado que es usualmente utilizado cuando se realizan en paralelo evaluaciones por el Método de Producción de Huevos (MPH).



Figura 6.- Ecosonda portátil EY60

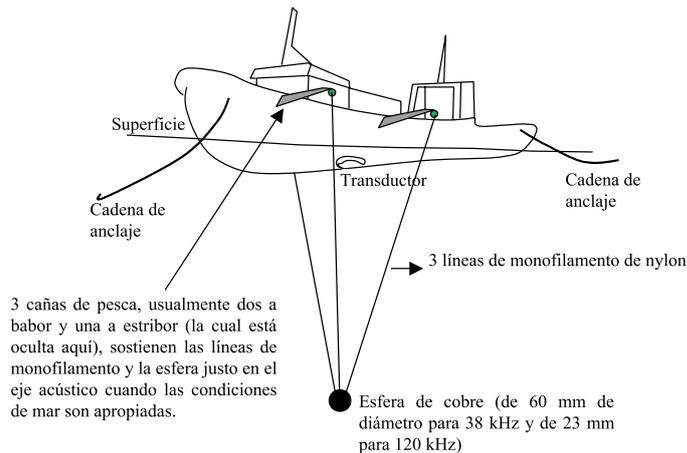


Figura 7-. Calibración de la ecosonda a través de una esfera de cobre. Cada frecuencia tiene su propia esfera.

5. EQUIPAMIENTO ACÚSTICO

IMARPE posee un nivel de equipamiento acústico que está considerado entre los mejores de América Latina y, en general, dentro del estándar mundial necesario para desarrollar evaluaciones acústicas bajo los métodos modernos como los descritos por SIMMONDS y MACLENNAN (2005).

Actualmente, el equipo estándar es la ecosonda científica digital marca SIMRAD (Kongsberg, Noruega) modelo EK60 que tiene tres frecuencias (38, 120 y 200 kHz) a bordo del BIC Olaya, y dos frecuencias (38, 120 kHz) a bordo del BIC Humboldt. El BIC SNP-2 utiliza una ecosonda científica digital marca SIMRAD modelo EK500 con dos frecuencias (38 y 120 kHz). Los transductores son de tecnología split beam modelos ES200, ES120-7 y ES 38B. También se cuenta con una ecosonda científica digital portátil marca SIMRAD modelo EY60 que opera con un solo transductor de 120 kHz, y que se utiliza eventualmente en diversos estudios en lagos o en zonas someras.

5.1 Las ecosondas científicas EK60, EK500 y EY60

La ecosonda científica SIMRAD EK60 dispone de una avanzada tecnología que incluye una interfaz de monitor de Microsoft Windows. La versión estándar de la ecosonda EK60 está conformada por las siguientes unidades:

- Una unidad de monitor
- Una unidad procesadora
- Una unidad transeptora GTP
- Un transductor

La ecosonda científica SIMRAD EK500 está conformada con las mismas unidades que la EK60. A continuación se presenta un diagrama de los componentes de la ecosonda SIMRAD EK60 (Figs. 4 - 5). La ecosonda científica portátil SIMRAD EY60 (Fig. 6) está diseñada especialmente para usos en lagos, ríos y zona marítima costera. La UTD del IMARPE cuenta con esta ecosonda desde el 2010.

El sistema de la ecosonda SIMRAD EY60, incluye:

- 01 GPT Unidad Transeptora SIMRAD EY60 ("Split Beam")
- 01 Transductor ES120-7C "composite"
- 01 Computadora portátil TOSHIBA TECRA A10-SP5802
- 01 receptor GPS manual Garmin GPSMap 60CSx

5.2 Calibración de ecosondas

Un transductor *split beam* está dividido físicamente en cuatro cuadrantes que realizan la emisión de sonido de modo simultáneo, y la recepción se efectúa de modo independiente, lo que permite establecer las coordenadas relativas de cada uno de los volúmenes insonificados. De este modo, las mediciones de reflectividad y de volumen retrodispersado son más precisas. Además, el sistema permite conocer en línea el tamaño relativo de los contactos detectados en función a la intensidad de los ecos.

Estos equipos se calibran de acuerdo al procedimiento señalado por su fabricante (SIMRAD 1992), el cual

sigue las recomendaciones efectuadas por SIMMONDS et al. (1992) para el uso cuantitativo de mediciones acústicas, y se basa en la medición de la reflectividad de un blanco estándar (esfera de cobre) cuyo TS es conocido. Durante la calibración se sumergen las esferas (una para cada frecuencia) desde tres reductores (las esferas tienen un diámetro de 60 y 23 mm para las frecuencias de 38 y 120 kHz, respectivamente). El TS medido se compara con el valor nominal conocido, y de existir una diferencia significativa se realizan cambios en los parámetros de operación de la ecosonda hasta conseguir el valor correcto (Fig. 7) (DEMERY y RENFREE 2008, DEMERY y HEWITT 1993).

La ecuación utilizada para estos propósitos es la siguiente (tomada del Manual del Operador de la ecosonda SIMRAD EK500, SIMRAD), y con ella se busca corregir el valor de la Ganancia TS del transductor (GTS):

$$GTS = \frac{g_{TS} + (TSMEDIDO - TSEFERA)}{2}$$

GTS : Nuevo valor para la ganancia del transductor, dB
 g_{TS} : Valor vigente para la ganancia del transductor, dB

Luego, debe calcularse la Ganancia Sv del transductor:

$$GSv = g_{Sv} + 10 \cdot \log(NASCM / NASCT) / 2$$

GSv : Nuevo valor para la ganancia Sv del transductor, dB
 g_{Sv} : Valor vigente para la ganancia Sv del transductor, dB
 El Coeficiente Náutico de Disper-

sión Acústica (NASCT) se calcula de modo teórico con la siguiente ecuación (NASCT):

$$\text{NASCT} = 4\pi R_o^2 \sigma (1852)^2 / (10\psi/10R^2)$$

T : Teórico; M: medido
 Ro2 : 1 m
 R : distancia de la esfera al transductor (m)

Luego se procede a efectuar la Ecointegración de la esfera, y el valor NASCT medido (NASCM) se reemplaza en la siguiente ecuación:

$$C = \text{NASCM} / \text{NASCT}$$

Si el valor de C es aproximadamente la unidad (con un margen aceptable de 5%), entonces la calibración está bien hecha. Si no es así se debe repetir todo el proceso. En el caso de las ecosondas EK60 y EY60, el ajuste de los parámetros es en forma automática y su procedimiento está descrito en SIMRAD 2006.

5.3 Intercalibración

Si en un crucero de evaluación acústica participan más de dos embarcaciones con ecosondas científicas, es conveniente realizar intercalibraciones entre ambos buques, generalmente en días previos al inicio del crucero.

Estas intercalibraciones se realizan de acuerdo a la metodología descrita en MACLENNAN y SIMMONDS (1992), que consisten básicamente en que los barcos involucrados naveguen en forma paralela a una distancia entre 50 y 100 m, idealmente sobre ambas bandas de la embarcación por un periodo de 2 a 4 horas.

Las detecciones acústicas deben reflejar mediciones similares entre ambos buques a través de una relación lineal.

Las mediciones NASCT en los barcos debe estar sincronizada a fin de calcular promedios comparables. La correlación entre las mediciones NASCT debe ser mayor a 0.90, de lo contrario la prueba debe repetirse, o hallarse la razón que explique la discrepancia. Sin embargo, no se puede esperar una correlación igual a la unidad, ya que es materialmente imposible que los barcos naveguen sobre los mismos dispersores (plancton, peces).

6. MUESTREO ACÚSTICO

El muestreo acústico está basado en la colección de ecogramas tipo Sv, TS y de coordenadas angulares, que son los tres tipos básicos de datos necesarios para realizar análisis sobre Reflectividad y Ecointegración. Los datos son grabados hasta los 500 m de profundidad.

Este muestreo acústico es realizado con ecosonda científica en intervalos llamados Unidad Básica de Muestreo (UBM), y consiste en la medición del Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica (NASCT *Nautical Area Scattering Coefficient*). En términos prácticos, es la longitud del espacio a lo largo del cual se efectúa cada medición consecutiva de la Ecointegración (o energía acústica acumulada en función al número de emisiones o *pings* efectuadas al interior de cada UBM). Para estos métodos, una asunción fundamental es que presume que cada muestra es representativa de la densidad de peces existente dentro de cada UBM. En general, se considera como un estándar el uso de un UBM igual a 1 milla náutica, aunque los programas de post-procesamiento que se emplean en IMARPE (por ejemplo, *Echoview* de la Compañía Myriax, Australia) permiten fácilmente modificar el tamaño del intervalo.

6.1 Realización de lances de pesca (muestreo biológico)

Los métodos acústicos que se emplean para evaluar la abundancia de peces utilizando una ecosonda, requieren necesariamente la ejecución de un muestreo pesquero intenso para conocer la estructura demográfica de las especies en estudio, de esta información depende el cálculo de las ecuaciones TS-Talla necesarias para realizar los cálculos de abundancia. Asimismo, la composición de las capturas obtenidas en los lances de pesca (usualmente arrastre pelágico de media agua) constituye valiosa información auxiliar para identificar los ecotrazos registrados en los ecogramas.

Durante un crucero se suelen realizar no menos de 200 lances de pesca, habiéndose llegado a realizar más de 600. Un muestreo pesquero de este tipo permite reducir todos los sesgos comúnmente asociados con la evaluación acústica.

Se prefiere el uso de aparejos de arrastre por su mayor horizonte de pesca. Para ello, el tiempo de arrastre efectivo es de 20 minutos; sin embargo, en zonas en las cuales la presencia de cardúmenes o ecotrazos es alta, el tiempo es aproximadamente de 10 minutos. Con ello se busca reducir las capturas, las que idealmente no deben ser mayores a 200 kilos por lance.

6.2 Casos para ejecución de lance

Si bien se busca realizar un muestreo biológico-pesquero intenso, se debe procurar racionalizar el uso del tiempo, ya que cada lance implica por lo menos una hora de tiempo. Para decidir la ejecución de lances se debe guardar las siguientes consideraciones:

- Calar cuando se detecten ecotrazos claramente diferentes a los registrados anteriormente.
- Cuando los registros sean abundantes es conveniente efectuar como mínimo dos lances en la misma zona (no más de 10 mn de distancia desde la cala actual).
- Si la captura obtenida en el lance no es significativa para los muestreos biológicos, es necesario efectuar otro lance de pesca inmediatamente.
- Es necesario realizar lances en algunas zonas donde los registros sean débiles o muy dispersos para tener un muestreo adecuado en toda la zona de estudio.
- Cuando se registre un cardumen tipo continuo en forma de nubes (normalmente en la noche), el lance de pesca debe ser en el mismo rumbo.
- Cuando se detecten cardúmenes tipo plumas es necesario calar en forma inversa al rumbo establecido del trayecto.
- Si participan embarcaciones como apoyo en los muestreos costeros, se deberá coordinar con el Jefe de Crucero en el BIC que procesa la información para su trabajo en forma continua. Las calas de la lancha no deben ser realizadas en tiempos desfasados.
- Cuando se presenten registros diferentes en las capas evaluadas, es necesario realizar un lance por cada tipo de registro. Este caso se presenta,

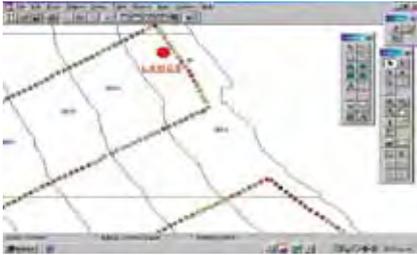


Figura 8.- Cuando hay un lance por área

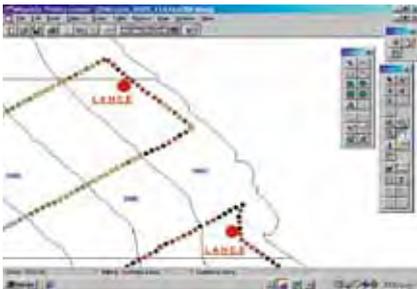


Figura 9.- Cuando hay dos lances por área isoparalitoral



Figura 10.- Cuando hay dos lances cerca.



Figura 11.- Cuando hay dos lances distantes.

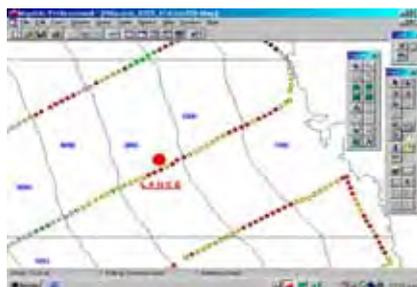


Figura 12.- Cuando hay un solo lance en la zona

- por ejemplo, en horas del día con la anchoveta y la múnida.
- i. Si los ecotrazos de una misma especie se registran en una amplia capa de profundidad, se deberá realizar un lance con la red ubicada en un rango de capa determinada, con la finalidad de establecer algunas diferencias de posibles tallas en su estructura vertical.

Para el procesamiento de datos acústicos se tendrá en cuenta alguna información proveniente de las capturas de la flota industrial.

6.3 Estratificación

Para propósitos de un CEARP es necesario definir el sistema de estratificación a ser utilizado en el análisis de los datos, pues de ello depende que los resultados esperados (biomasa, por ejemplo) sean representativos de la manera como se agregaron los cardúmenes durante la evaluación. Por ejemplo, sin estratificación geográfica no se podría demostrar que la anchoveta, durante los veranos, está distribuida mucho más cerca de la costa en comparación con lo que sucede en invierno. En IMARPE se utilizan diversas maneras de estratificar las zonas de estudio, por ejemplo, por contorno según categorías de abundancia relativa, por cuadrados estadísticos, por transectos, por profundidades y por áreas isoparalitorales. Este último método es oficial para las evaluaciones acústicas, aunque en paralelo se pueden aplicar cualquiera de los otros métodos. Las áreas isoparalitorales (AIP) son el producto de la proyección de líneas imaginarias cada 10 millas náuticas paralelas a la línea de costa, las que son intersectadas por los paralelos de latitud cada 30 minutos. Las AIP están codificadas según latitud y distancia a la costa (ver Figs. 8 - 14).

6.4 Casos especiales de muestreo (lances) para las áreas isoparalitorales

Teniendo en cuenta la diversidad en la estructura por tamaños de los recursos pelágicos, se debe realizar un muestreo intensivo, tanto espacial como temporalmente, que nos permita obtener la real estructura por tamaños de la población. Es esencial identificar correctamente

la estructura de tamaños, para lo cual se debe tener en cuenta los siguientes casos:

CASO 1.- CUANDO HAY UN SOLO LANCE POR AIP

Si la muestra es representativa (buena captura), se asume como tal, en caso contrario se realiza otro lance. También puede ser útil tener datos de la pesquería en momentos coincidentes (Fig. 8).

CASO 2.- CUANDO HAY DOS LANCES POR AIP

En caso fueran semejantes, se pueden sumar. En caso contrario, se pondera cada uno de ellos a su respectiva ecoabundancia (Fig. 9).

CASO 3.- CUANDO HAY DOS LANCES CERCA O DOS LANCES DISTANTES EN DOS AIP

Se verifica si tienen estructuras semejantes, de ser así, pueden ser usadas como representativas en su área isoparalitoral. En caso contrario se procede inmediatamente a realizar otro lance (Fig. 10).

Cuando estos lances están muy separados, debe realizarse lances adicionales y/o intermedios (Fig. 11).

CASO 4. CUANDO HAY UN LANCE Y LA ECOABUNDANCIA CONTINÚA EN LA AIP SIGUIENTE SIN MUESTREO

Debe realizarse otro lance en el área siguiente (Fig. 12).

CASO 5. CUANDO UN LANCE INVOLUCRA MÁS DE DOS AIP

Cuando el muestreo es representativo puede utilizarse en varias áreas (Fig. 13).

CASO 6. CUANDO EXISTE UNA AIP Y SIN LANCES

Debe usarse la estructura más cercana al área no muestreada. También puede usarse datos de la pesquería (Fig. 14).

7. ANÁLISIS DE ECOTRAZOS

Entre los años 1996 y 2001, con la utilización de las ecosondas EY500 y EK500, el análisis se efectuó de los ecogramas impresos durante el crucero; es decir, las imágenes de la pantalla de la ecosonda registradas durante el crucero fueron impresas en forma simultánea (Fig. 15).

Desde 2002, con la utilización de las ecosondas científicas digitales EK500 y EK60, el análisis de los datos acústicos se efectuó a través del programa de post-procesamiento Echoview (Myriax, Australia), que contiene módulos tales como detección de cardúmenes y construcción de ecogramas virtuales (o sintéticos) que facilitan la extracción y análisis de la información en estudio (HIGGIMBOTTOM ET al. 2000). La conexión entre la ecosonda y las computadoras se realiza vía red LAN, con el propósito de registrar ficheros con los ecogramas colectados. El análisis y uso de algoritmos virtuales puede ser realizado en línea, o bien con posterioridad. Los valores NASC por especies e intervalos son comúnmente exportados a 'Bitácoras', o fichero de hoja de cálculo para cada frecuencia.

7.1 Discriminación por especies

Este proceso consiste en disgregar las mediciones cuantitativas de Ecointegración de las especies registradas en cada UBM.

Entre 1996 y 2000 estas mediciones eran impresas al final de cada muestra acústica (UBM) por estratos de profundidad predefinida. La discriminación se efectuaba según: (1) el tipo de ecotrazo o tipología (cada especie tiene diferente tipo de ecotrazo debido a sus costumbres agregativas, textura, presencia o no de una vejiga natatoria, contenido graso, etc. (ICES 1998, ICES 2000, BARANGE et al. 2005, BERTRAND et al. 2008); y (2) por porcentajes de las capturas realizadas durante los lances de arrastre pelágico. Estos valores e identidades eran anotados manualmente en la bitácora acústica.

Desde el año 2000, la discriminación fue efectuada en formato digital a través de una herramienta en Echoview (Myriax, Australia) para estampar la identidad asociada a cada ecotrazo, además de otras variables como condiciones oceanográficas de temperatura y salinidad, especialmente en algunas zonas donde había incertidumbre; considerando además diversos estudios sobre comportamiento de las especies investigadas (BERTRAND y GERLOTTO 2008, BERTRAND y Díaz 2008).

7.2 Colección de datos y creación de bloques de datos para análisis

El Jefe de Grupo de Acústica (JGA) a bordo de cada embarcación es responsable de establecer las rutinas de trabajo internas orientadas a crear "bloques de datos de 24 horas", es decir, que deben existir carpetas con los datos colectados cada día a fin de acelerar cualquier tipo de búsqueda de información. Alternativamente, se puede optar por registrar la información en ficheros para cada transecto, según lo que se indique en el Plan de Crucero.

7.3 Resolución y rango de datos de la ecosonda

En el caso de la ecosonda EK500 se define la resolución y rango de los ecogramas. Tanto como sea factible, es preferible activar las opciones "Sample....." del menú "telegram menu", a fin de coleccionar ecogramas tipo "W" (datos crudos, es decir, de alta resolución). En el mismo menú se define el "rango" o alcance máximo para los datos crudos.

Si el volumen de datos crudos es demasiado grande (más de 4,5 Kb/segundo) se debe reducir el rango para los ecogramas tipo W, y solo en último caso se debe desactivar la grabación de este tipo de ecograma. Asimismo se define en el mismo menú, el alcance o rango máximo para los ecogramas tipo "Q" (datos muestreados, con un máximo de 700 puntos verticales) en función a la profundidad. El rango mínimo para la frecuencia de 38 kHz debe ser de 500 m, y de 250 m para 120 kHz.

El rango de repetición de pulsos idealmente debe ser ajustado en 0,0 en el menú "Operation Menu" para obtener de la ecosonda el máximo rango de pulsos por minuto a ser emitidos. Sin embargo debe tenerse presente el volumen de datos grabados y el espacio de disco disponible. Utilizando ese ajuste el número de pulsos por minuto se reduce a medida que la profundidad se incrementa; en ese caso se debe pasar a control manual, recomendándose un rango de pulsos de 0,5 por segundo (lo que da un alcance aproximado de 750 metros).

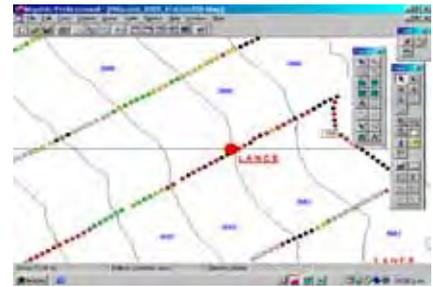


Figura 13.- Cuando un lance involucra más de dos áreas isoparalitorales



Figura 14.- Cuando no hay lances en un área isoparalitoral

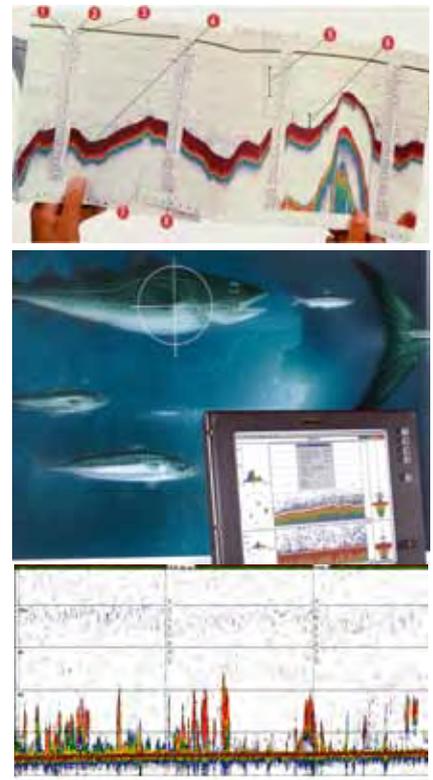


Figura 15.-Registro de peces visualizados en un ecograma

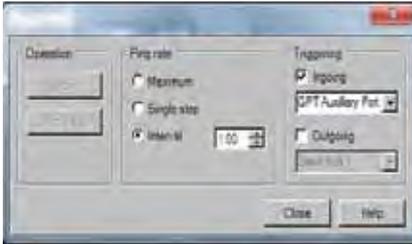


Figura 16.- Comando Ingoing para sincronización de pulsos en una ecosonda EK60.

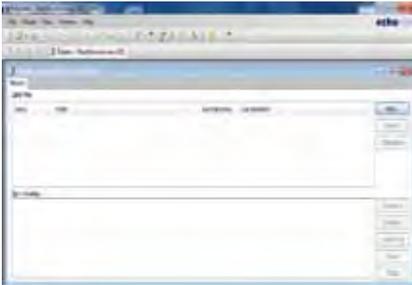


Figura 17. Creación de una plantilla para análisis de los datos



Figura 18. Activación de todas las variables de exportación en el programa Echoview.

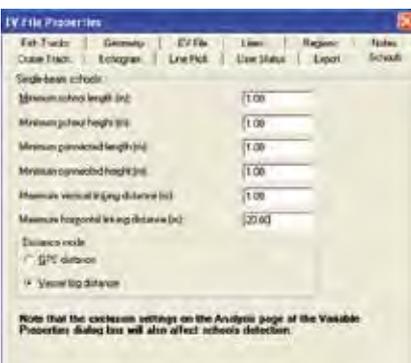


Figura 19.- Propiedades de detección de cardúmenes

En las ecosondas EK60 y EY60, la emisión de pulsos debe estar en *Maximum* (0,0 msec) para obtener mejor resolución de la información, más aún si se utiliza en paralelo un correntómetro *doppler* (específicamente en el caso del BIC José Olaya), en cuyo caso se debe utilizar un sincronizador de disparo de señal para evitar interferencias, el cual debe estar calibrado y activado la función "Ingoing" en *Triggering* en el comando *Ping control* (Fig. 16).

7.4 Plantilla para procesamiento en Echoview

Es conveniente crear una plantilla específica por cada crucero en el programa Echoview, para estandarizar parámetros ideales de procesamiento en todos los bloques analizados y que provienen de la calibración previa de la ecosonda, además de capas de referencia como la de superficie, profundidad, etc. (Fig. 17).

El objetivo es facilitar el análisis, que está basado en la detección de ecotrazos. Un "archivo de análisis" es un meta-archivo que contiene los nombres de los archivos de datos acústicos que han sido cargados. Es el caso, por ejemplo, de los archivos con extensión "EV" ("EV" viene de "EchoView"), del cual debe haber uno solo por cada bloque de análisis. Cada plantilla debe ser copiada en el subdirectorio correspondiente para luego cambiarse el nombre usando la fecha y bloque correspondiente. Debe reiterarse que una de las modalidades de trabajo ofrece es el registro de bloques por transecto.

7.5 Ajuste de parámetros del Echoview

El ícono empleado para acceder a la configuración se aprecia en la barra superior azul de cada ventana



Ícono de la herramienta

Todas las opciones de variables a exportar (página "Export") deben estar activadas, y el formato de exportación debe ajustarse a un solo archivo (activar *Spreadsheet format*). (Fig. 18).

En la pestaña de detección de cardúmenes ("Schools"), tal como se aprecia en la Fig. 19, los parámetros

pueden ser cambiados en cualquier momento si los valores actuales no permiten detectar eficientemente los cardúmenes. Los ajustes dependerán de la característica del ecotrazo de la especie detectada.

Según la cercanía de los ecotrazos, éstos pueden ser agrupados como cardúmenes; para ello se requiere –eventualmente– hacer cambios a fin de modificar los parámetros geométricos de los algoritmos de detección. Esto es un proceso interactivo que requiere atención y práctica por parte del usuario.

Cuando los ecotrazos "candidatos" tienen distancias entre sí, que están dentro de los valores antes aludidos, entonces el algoritmo de *Echoview* crea una "región", que en términos prácticos podemos definir como un "cardumen" (Fig. 20).

En la pestaña "Echogram" es conveniente seleccionar como máximo aquellas opciones que aparecen activadas, a fin de no recargar la pantalla de la computadora con informaciones auxiliares que podrían dificultar la identificación visual de los ecotrazos (Fig. 21).

La pestaña "Lines" permite acceder a la creación de líneas de referencia como, por ejemplo, la que hay que crear para delimitar la zona cercana al transductor, o la que se debe delimitar sobre el fondo a fin de evitar su integración. En la Fig. 22 se aprecian dos líneas creadas. Es necesario crear estas líneas en la plantilla a fin de no tener que repetir el procedimiento cada vez que se analiza un nuevo conjunto de archivos de ecosonda.

Cuando se realice la inspección de cada bloque de ecogramas, es necesario confirmar que no existan problemas con los archivos, y debe hacerse antes de detectar cardúmenes; paralelamente se puede ingresar a la barra de usuario para definir polígonos de colores, a los que se puede asignar un significado (Fig. 23).

Para realizar esta acción se debe contar con la bitácora acústica y con la bitácora de pesca, ya que en ellas se anotan las ocurrencias importantes o que tengan carácter de información auxiliar durante el proceso de identificación de ecotrazos. La asignación de eventos por colores puede realizarse sobre las plantillas a fin de evitar asignarlas

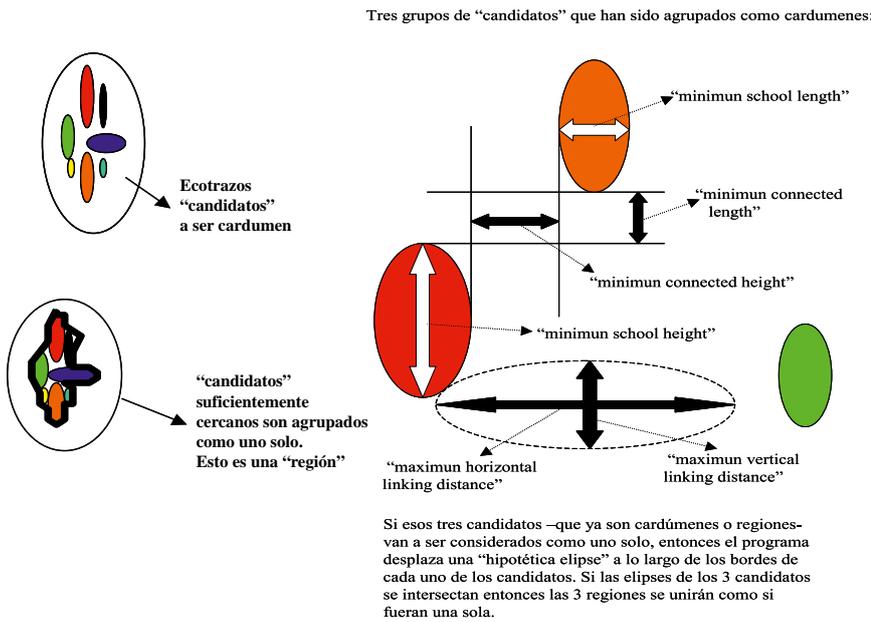


Figura 20.- Representación de las propiedades de la detección de cardúmenes.



Figura 24. Adición de comentarios de algún evento en la pestaña de notas



Figura 25.- Variables de los ecogramas



Figura 21. Activación de variables en la presentación de ecogramas



Figura 23. Creación de eventos durante un crucero.



Figura 22.- Creación de líneas de superficie y de fondo

ícono que es común para todas las variables. Para ingresar a las propiedades de las variables debemos activar primero la ventana que contiene cada ecograma, o variable.

En la Fig. 25 se aprecia la ventana desde cuya parte superior se "adicionan" los archivos de ecosonda que se van a analizar. En la parte inferior aparecen las ocho "variables" o "ecogramas" disponibles, pero sólo dos de ellas aparecen activadas (con "check"). Esta acción puede hacerse sobre la plantilla, para hacer innecesario corregir las casillas de activación cada vez que se analiza un ecograma.

Las variables que aparecen activas en este ejemplo son los ecogramas tipo "Q" (ecogramas muestreados desde los datos crudos, o variables "W", que sólo residen en memoria salvo que en la ecosonda se activen positivamente las opciones "Sample..." del menú "Telegram menu").

La letra "T" significa "Transceiver", y los números 1, 2 y 3 representan las frecuencias sonoras empleadas (en el caso de las ecosondas EK500 y EK60 el 1 significa 38 kHz, el 2 representa 120 kHz y el 3 de 200 kHz). De otro lado, "Sv" significa "fuerza media del volumen de retrodispersión", esto es, los valores de reflectividad de los cardúmenes, plancton o peces individuales que se miden en dB. Nótese que la variable "Sv Q1 Echo-

para cada bloque con la consiguiente pérdida de tiempo.

En la pestaña "Notes" se ingresan comentarios acerca de algún evento que conviene consignar. Esta página debe permanecer en blanco para la creación de la plantilla; de ese modo podrá ser utilizada para cada bloque, en caso necesario (Fig. 24).

7.6 Propiedades de los ecogramas o "variables"

En Echoview cada ecograma es una "variable" y cada variable tiene sus propiedades específicas, a pesar de que se accede a ellas a través de un

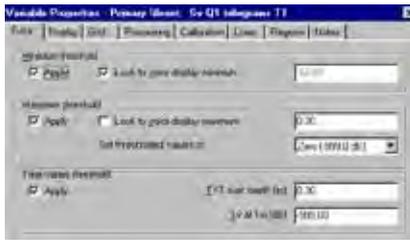


Figura 26.- Activación de variables en Data

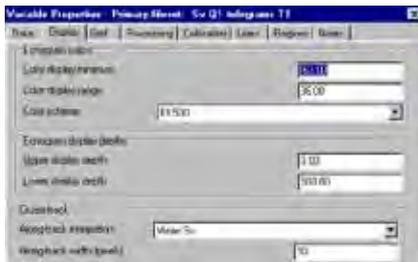


Figura 27.- Valores de variables para visualización en la pantalla

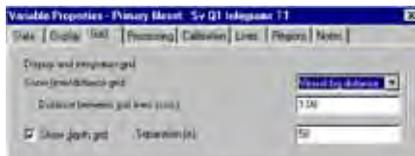


Figura 28.- Valores de intervalo de muestreo y estratificación vertical

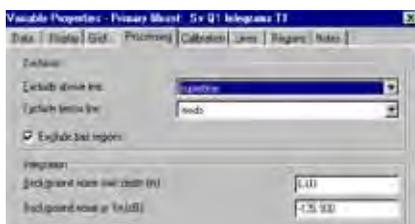


Figura 29.- Activación de líneas para integración

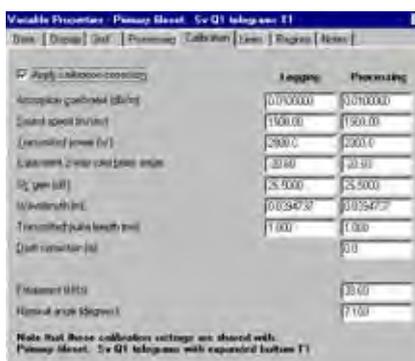


Figura 30.- Adición de los resultados de la calibración de la ecosonda y de las especificaciones técnicas de los transductores

gram T1 (11985)" aparece resaltada. Cuando se realiza esta acción se puede acceder a las propiedades de la variable seleccionada haciendo un click sobre el ícono de "Properties" ubicado a la derecha de la

pantalla. Otra forma de acceder a las propiedades es clickear el botón "Echogram" desde la pantalla que presenta la figura anterior, lo que provocará la aparición de la ventana que enmarca al ecograma correspondiente; teniendo activa dicha ventana se puede luego ingresar a las propiedades a través del ícono correspondiente. Las páginas más importantes de estas propiedades son las siguientes:

- En la pestaña "Data," se fijan los valores de umbral Sv para cada ecograma. También deben fijarse las casillas y el umbral máximo, tal como se muestra en la Fig. 26.

- En la pestaña "Display" se afecta sólo la visualización de los datos, salvo el valor para "Color display minimum", que a su vez corresponde al umbral máximo para el análisis de los datos. Las teclas F11 y F12 sirven para ampliar y reducir dicho umbral. Cuando una ventana de ecograma está activa se aprecia este valor hacia la esquina superior derecha del ecograma (Fig. 27). Anteriormente, se utilizaban valores de umbral entre -62 a -65 dB para las horas nocturnas y diurnas, actualmente se utiliza -68 dB para análisis de peces.

Los rangos (profundidades mínima y máxima de visualización) para el ecograma se fijan también en esta página, dependiendo del rango de grabación de la ecosonda.

- En la pestaña "Grid" se fija el intervalo de muestreo (UBM) en función al tiempo, distancia, o número de emisiones ("pings"). La fuente de referencias geográficas debe elegirse entre el GPS y la corredera del barco ("Vessel log distance"), que es lo recomendable. También se fijan líneas imaginarias horizontales (Fig. 28). Esto delimita las "celdas", y tiene que ser el rango máximo de detección.

- En la pestaña "Processing" a la derecha, se definen los límites máximos y mínimos entre los cuales se efectuarán los análisis y la exportación de resultados. En este ejemplo "superficie" y "fondo" son las líneas que definen dichos límites. En la parte inferior se debe ingresar el valor para "background noise at 1 m (dB)" si es que se cuenta con la información correspondiente (Fig. 29).

Para obtener este valor, y luego de

la calibración, idealmente durante la navegación al punto de inicio del crucero, el responsable debe poner los "Transceivers" de la ecosonda en "pasivo" durante 10 ó 15 minutos, mientras se graba la información normalmente a velocidad de crucero. Luego debe definir intervalos de 0,5 mn y líneas horizontales de 1 m sobre el ecograma colectado con los transceivers operando en pasivo, y desactivando la exclusión "Exclude above line"; el valor para "Color display minimum" debe ser fijado en -160 (dB). Luego, se exporta a Excel los valores de eointegración como se haría normalmente. Los valores Sv para el primer metro deben ser promediados para obtener, típicamente, valores de -135 +/- 5 dB, que es el ruido medido por el equipo. Es una buena práctica aprovechar de realizar esta medición cada dos o tres días durante períodos cortos (5 - 10 minutos) siempre que se navegue en zonas de escasa o nula presencia de recursos, y así poder actualizar las plantillas con los nuevos valores.

- En la pestaña de "Calibration" se debe tener cuidado en adicionar los valores obtenidos en la calibración de la ecosonda y de las especificaciones de los transductores del barco. También deberá contar con la hoja de especificaciones generales para los transductores SIMRAD donde podrá obtener, por ejemplo, cuál es el largo de pulso que corresponde a cada frecuencia según pulsos corto, medio o largo. Deberá además calcular la longitud de onda en función a la velocidad de sonido medida durante la calibración. En las últimas versiones de Echoview los valores de la calibración se adicionan en forma automática. Fig. 30.

A efectos del presente protocolo deberá tenerse presente que, en el caso de la frecuencia de 120 kHz a bordo del BIC SNP-2 se debe calibrar dicha frecuencia empleando pulso largo a fin de evitar captar el ruido típico de dicha embarcación. En todos los otros casos se debe utilizar pulsos "medios" y anchos de banda "amplios".

- En la pestaña "Regions" se genera identificaciones de las especies a investigar de acuerdo a los ecotrazos que se detectan. Para crear este tipo de clasificadores se debe crear una región cualquiera con las herramientas disponibles en Echoview. Luego clickear secuen-

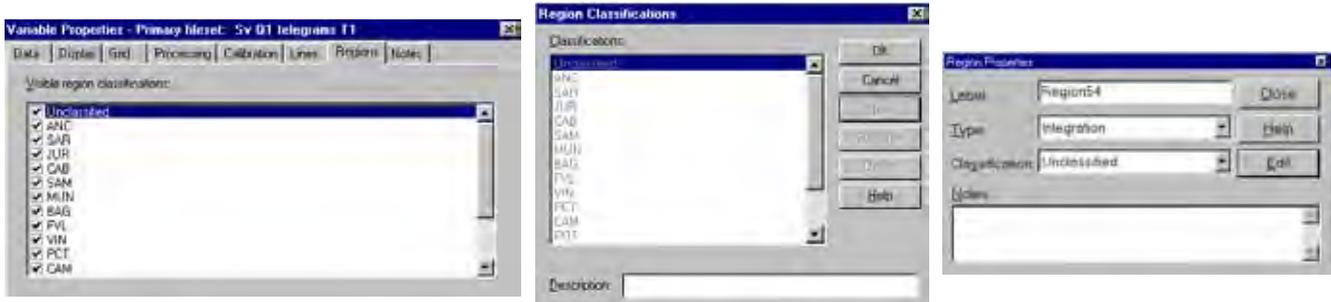


Figura 31.- Creación de identificaciones de las especies a detectar

cialmente en "Edit" y en "New" para obtener una ventana como se aprecia en la Fig. 31, en cuya casilla inferior se puede ingresar manualmente la denominación de un nuevo tipo de región (cardumen).

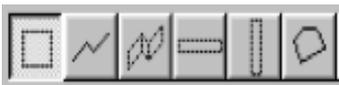
7.7 Inspección del ecograma

Luego de separar los archivos que constituirán un bloque se debe crear el archivo EV cargando los files correspondientes y asignando un nombre que haga referencia al crucero, día y número de bloque. Cuando se abre una plantilla esa ventana aparece en blanco, por lo que hay que presionar el botón "Add" para agregar los files que conformarán el bloque.

Se debe realizar una inspección al ecograma, a fin de crear "Bad regions" (malas regiones) en donde se amerite. Para ello, hay que desplazar el ecograma de izquierda a derecha utilizando la barra correspondiente; cuando se visualice una zona con ruido, o cuando el oleaje se proyecta debajo de la línea que hemos creado como de "superficie".

7.7.1 Malas regiones

Se crean para neutralizar la data (los datos) que quede dentro de un polígono que se define manualmente empleando algunas herramientas geométricas:



Al seleccionar una de esas herramientas, se debe arrastrar el cursor para encerrar con un polígono la porción de ecograma que se quiere neutralizar. Luego se presiona el botón derecho del mouse y se apreciará un menú en el que hay que elegir la opción "Define region" como se aprecia en la Fig. 32. Luego, aparecerá una ventana como la

que aparece en la fig. 33, en cuya casilla "Type" hay que elegir la opción "Bad data" (malos datos). Luego, presionar el botón "Close".

7.7.2 Modificación de la línea de fondo

En algunas ocasiones, generalmente en capas de organismos mesopelágicos, se presenta una línea entrecortada de color verde, que se define como "fondo"; ello ocurre cuando hay mucha profundidad y el algoritmo falla al determinar dónde está el fondo (Fig. 34). Como se ve, una capa de plancton ha sido erróneamente identificada como fondo, y sobre ella aparece la línea verde que representa el fondo (siempre aparecen en dicho color). La manera de corregir este problema (que de subsistir impedirá eointegrar todo aquello que esté debajo de esa línea) es el siguiente:

La herramienta  de la barra principal permite crear líneas y definir las como parte del ecograma. Teniendo a la vista una porción de ecograma con el "problema" indicado, clicar en dicha herramienta, lo que hará que el cursor se transforme en una flecha con una línea en zig-zag. Luego clicar con el botón izquierdo del mouse al momento de apuntar con el cursor cualquier extremo de alguna de las líneas verdes que aparecen en el ecograma. Se clickeará nuevamente sobre algún otro extremo, de otro segmento de líneas verdes, lo que provocará que se cree una línea negra como la que se aprecia en la Fig. 35.

Después, se debe presionar el botón derecho del mouse que hará aparecer un menú en la cual se selecciona la opción "Define line". Luego, la línea negra aparecerá en color verde, como se aprecia a la iz-

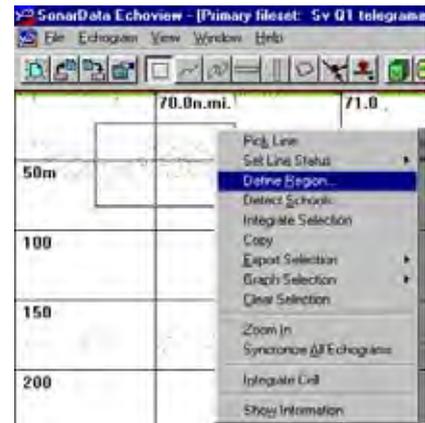


Figura 32.- Definición de regiones indeseables

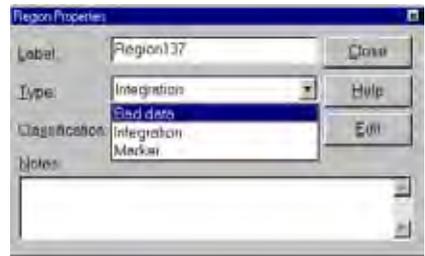


Figura 33.- Tipo de regiones

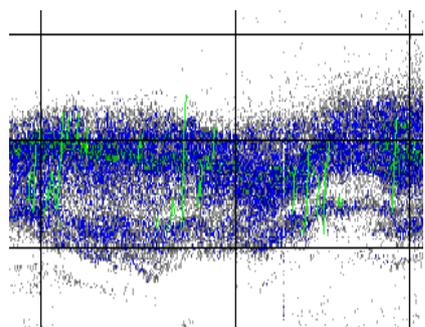


Figura 34.- Línea incorrecta del fondo.

quierda de la Fig. 36. Se define una nueva línea en la base del ecograma, que abarque todo el tramo en donde aprecie el fondo mal ubicado. Para ello, se elige nuevamente la herramienta para crear líneas y clicar cerca de la base del ecograma, sobre uno de los lados del mismo (por ejemplo, hacia los 500 m si se trata del ecograma de 38 kHz). Luego, volver a clicar so-

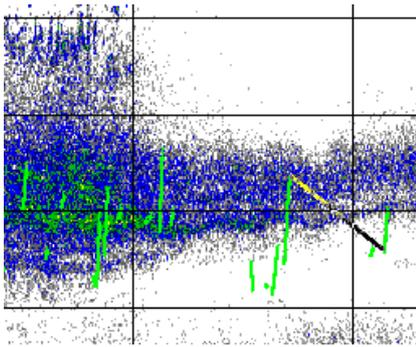


Figura 35.- Utilización de creación de líneas para definición de fondo

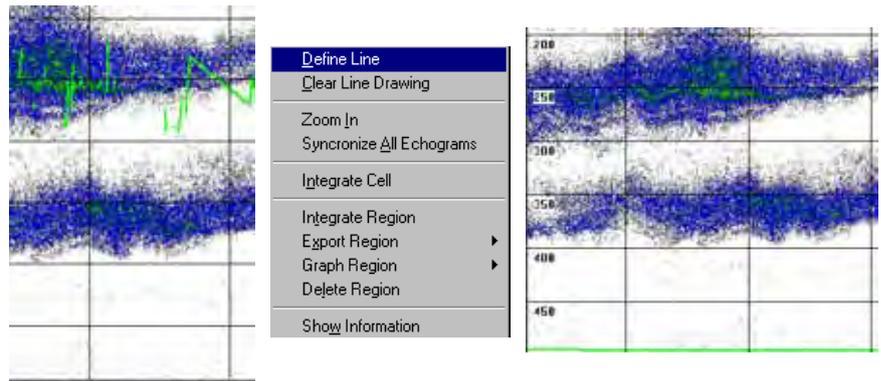


Figura 36.- Corrección de la línea de fondo.

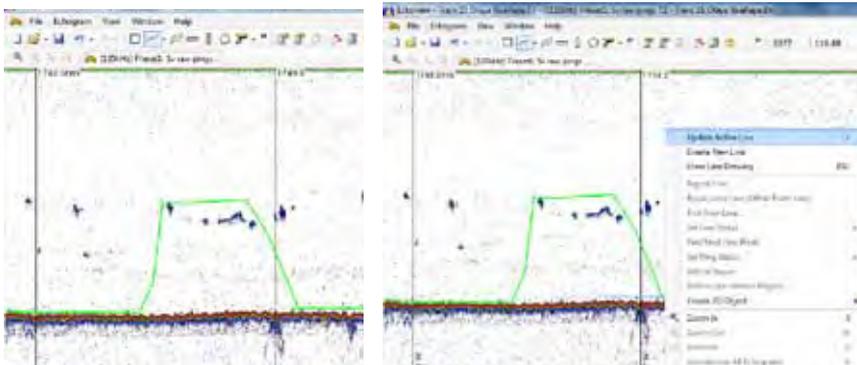


Figura 37.- Corrección de la línea de fondo en versiones actuales de Echoview.

feros marinos y así sucesivamente, según como el responsable prepare la plantilla correspondiente. El uso de esta rutina es muy útil para el proceso de discriminar ecotrazos; es decir, es una ayuda importante para el investigador que realizará la identificación de ecotrazos al hacer posible agregar información sobre observaciones relevantes a dicha tarea.

Para introducir un evento sobre el ecograma se sigue el siguiente proceso:

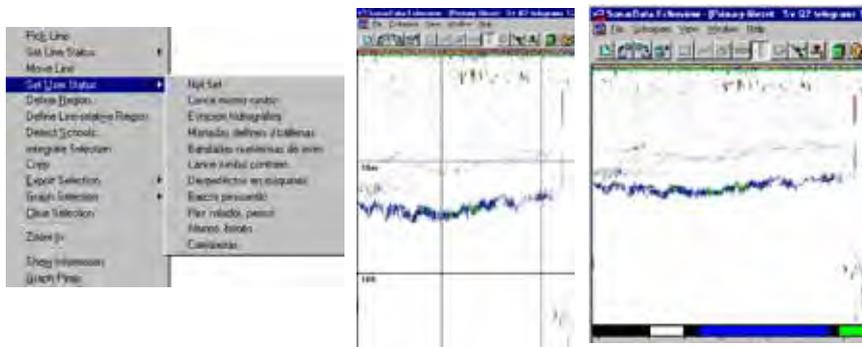


Figura 38.- Creación de un evento en el ecograma.

El ícono que se muestra a la izquierda activa la herramienta de creación de áreas verticales sobre el ecograma. Luego de clicar sobre el ícono, se debe arrastrar el cursor sobre el ecograma en el punto aproximado en que se hizo la observación del evento a fin de crear un polígono, tal como se muestra en la Fig. 38.

Para este procedimiento se debe clicar el botón derecho del mouse para obtener un menú, del cual se elige la opción "Set user status", y luego se selecciona el evento que corresponda (lance, estación, avistamiento, carriqueras, barcos pescando en las inmediaciones, etc.).

bre el lado opuesto, siempre sobre la base del ecograma, de modo que se obtendrá un ecograma como el gráfico izquierdo de la figura 36, y en cuya base se observa ahora una línea negra, se define nuevamente a través de "Define line", y se aprecia la línea de fondo en la base, donde ya no estorba cualquier cálculo que se pueda realizar.

7.7.3 Asignando eventos sobre el ecograma

Prevía a la detección de cardúmenes mediante la asignación de etiquetas de las especies es necesario consignar eventos sobre el ecograma a través de la rutina de estatus de usuario, ayudados con la información de la bitácora acústica.

En la parte inferior del ecograma se observa una barra que usualmente es de color negro; cuando se introduce sobre el ecograma un evento, tal como se ha descrito anteriormente se obtendrán barras de colores, como las que aparecen en blanco, azul y verde en la parte inferior del ecograma (Fig. 39).

En las versiones actuales de Echoview, esta línea se corrige activando el ícono de líneas en la opción de la línea de fondo; con el mouse se clikea en el inicio de la línea a corregir y luego se actualiza en la opción *Update Active Line* (Fig. 37).

En la "barra de status de usuario" se visualiza barras de colores que tienen un significado particular. Por ejemplo un color rojo podría indicar el desarrollo de un lance en el mismo rumbo; un color azul puede indicar la presencia de aves, un color verde la presencia de mamí-

En este ejemplo, el color azul significa el desarrollo de un lance en el mismo rumbo, el color blanco indica la presencia de barcos de

pesca, y el color verde indica el avistamiento de aves marinas. El responsable debe fijar esta asignación de colores al momento de crear las plantillas.

Es posible que en ocasiones la escala de "estatus de usuario" no contenga el color que represente un evento no previsto. En este caso se puede recurrir a la alternativa siguiente:



Clickear el ícono y luego arrastrar el cursor sobre el ecograma hasta formar un cuadrado pequeño, en una zona donde preferiblemente no existan ecorregistros. Después, presionar el botón derecho del mouse para obtener un menú como el que se aprecia a la izquierda de la Fig. 39, donde se selecciona la opción "Define region". Luego, aparecerá una ventana de "Region Properties", en la casilla "Type" se elige la opción "Marker". Luego de ello, en la casilla "Notes" ingresar el evento que se pretende describir, por ejemplo "Temperatura cae rápidamente de 20 a 16°C".

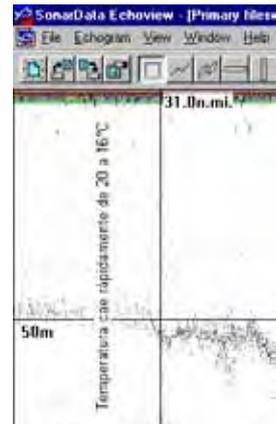
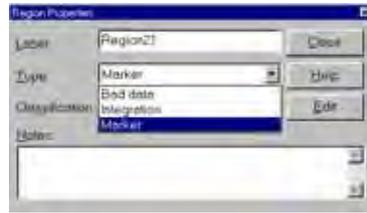
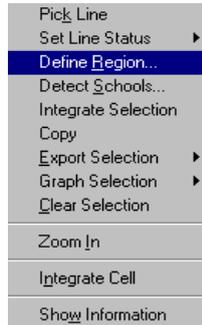


Figura 39.- Creación de un evento no considerado en la plantilla para procesamiento en Echoview.

La anotación descrita en "Notes" aparecerá sobre el ecograma, en este caso "Temperatura cae rápidamente de 20 a 16°C". Esta misma rutina puede emplearse para consignar periódicamente la temperatura, salinidad o cualquier ocurrencia no prevista en la rutina de "estatus de usuario".

Nótese que debajo de la inscripción introducida se encuentra la región "Marker" que dio origen a la inscripción. Si se borra dicha región entonces la inscripción también desaparecerá.

Es una buena práctica grabar cada cierto tiempo los cambios que se efectúan sobre el ecograma. Normalmente, el volumen de datos acústicos es grande, y no siempre las computadoras son eficientes para manejar memorias grandes, por lo que una manera de preservar el trabajo, o análisis que se esté efectuando, es asegurarse de grabar el o los archivos en uso cada 5 minutos, en promedio. Al utilizar Echoview debe, en lo posible, evitarse tener otros programas en ejecución a fin de reducir el riesgo de pérdida de información. El disco duro de la computadora debe tener el mayor espacio libre posible.



Figura 40.- Detección de cardúmenes.

7.7.4 Algoritmo de detección de ecotrazos (presuntos cardúmenes)

La detección de ecotrazos se realizará preferentemente sobre el ecograma de 38 kHz porque usualmente cubrirá un mayor rango. Cuando una región es creada presuntamente encerrando un cardumen, el polígono se propaga inmediatamente a los demás ecogramas; es decir, si creamos una región en el ecograma de 38 kHz tal área aparecerá automáticamente en las demás frecuencias. Se procurará detectar todo ecorregistro que notoriamente constituya un cardumen, así sea pequeño. En algunos casos debido a la sensibilidad de ciertas especies en la capa superficial es recomendable detectar en el ecograma de 120 kHz. Para ello, se procederá a utilizar según convenga las herramientas de "zoom" disponibles.

El procedimiento general para la detección de ecotrazos, es el siguiente:

Habiendo seleccionado la herramienta de cuadrilátero o "Rectangle tool"



Figura 41.- Asignación de etiqueta de la especie detectada.



se arrastra el cursor sobre el ecograma, de modo tal de delimitar un cuadrilátero que encierre a los ecotrazos que representan cardúmenes, donde se apreciarán pequeños ecorregistros cerca de la superficie.

Se coloca el cursor sobre el cuadrilátero y se clickea el botón derecho del mouse, y se selecciona la opción "Detect schools" (Fig. 40).

Luego, aparecerá la ventana de selección de los cardúmenes detectados. El botón "Properties" permite acceder a los parámetros geométricos de detección, que se pueden cambiar si es necesario, como se mencionó anteriormente. Una vez que los parámetros de detección

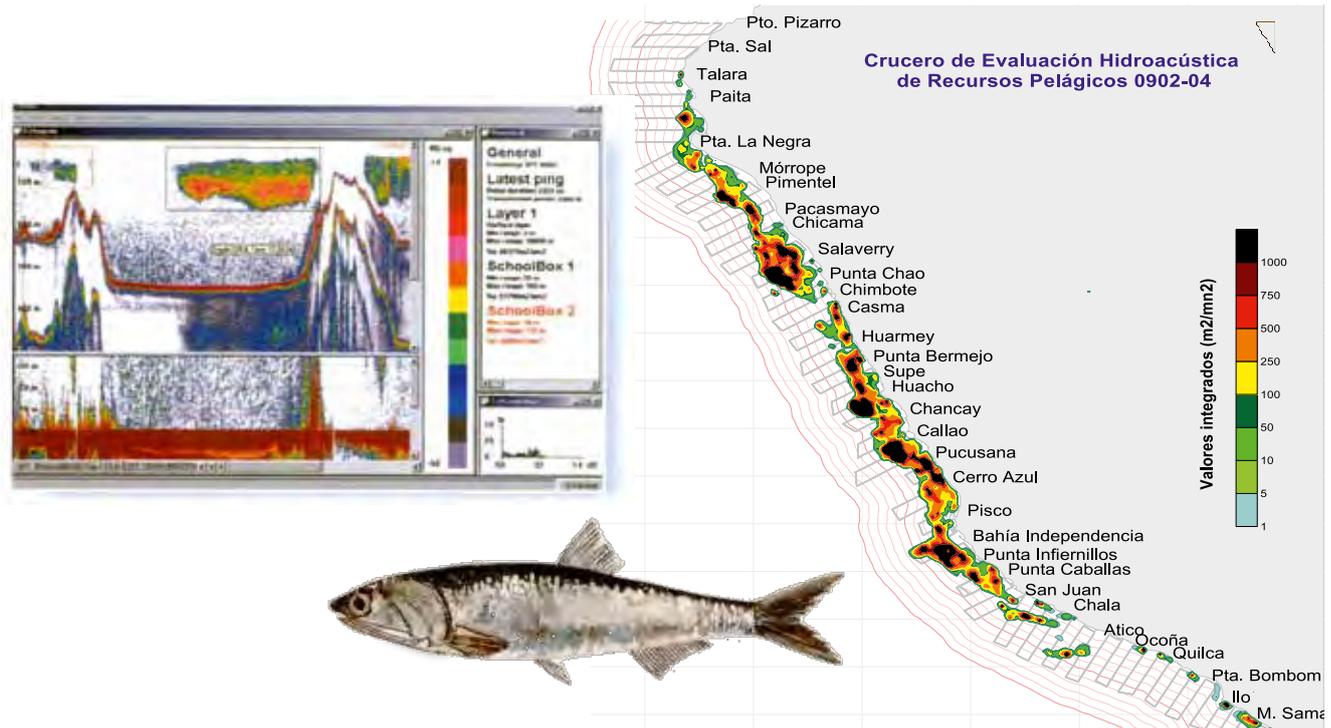


Figura 42.- Área de distribución de la anchoveta peruana

han sido modificados se presiona el botón "Detect" (Fig. 41).

Usualmente, la ejecución de este algoritmo demora unos segundos dependiendo del volumen de datos presentes en el ecograma analizado. Es conveniente realizar este proceso paso a paso, aunque puede hacerse de una sola vez para todo un bloque, pero es mejor ser cuidadoso y no detectar lo que no es de interés (por ejemplo el ruido de superficie que eventualmente se presenta como cardumen). Si al detectar no se alcanza los resultados esperados se puede volver a detectar cambiando los valores de los parámetros geométricos de acuerdo a las características de los cardúmenes. En tal caso, es conveniente que la casilla "Delete existing regions with this classification first" debe estar siempre activada, a fin de que en un nuevo intento por detectar cardúmenes se elimine primero los que antes fueron creados.

Este procedimiento se utilizó a partir del año 2005, cuya identificación de especies se realizó mediante un etiquetado de los cardúmenes o agregaciones de las especies consideradas en la evaluación, para luego ser exportados en valores numéricos y confeccionar posteriormente la bitácora acústica digital a través del programa *S-Plus*. A partir del 2009 con el incremento

de la frecuencia de 200 kHz al BIC Olaya, la discriminación es ayudada por análisis multifrecuencia, debido a que existen organismos que tienen mayor sensibilidad a las frecuencias altas, además del uso de un algoritmo desarrollado por BALLÓN (2010) que detecta al macrozooplancton, registrado en la columna de agua de los 450 m. Así mismo, en las actividades de los cruceros hidroacústicos, especialmente en los veranos, se ha incorporado la distribución y biomasa de la medusa *Chrysaora plocamia*, por ser una especie cuya proliferación en el mar peruano puede tener incidencia en la disminución de los huevos de anchoveta. Finalmente, en el 2010 se ha agregado la determinación de una línea mínima de oxígeno, establecida por la distribución vertical de los organismos (BALLÓN 2010, BERTRAND et al. 2010), y cuyos procedimientos se describirán en otros informes.

8. DETERMINACIÓN DE LA DISTRIBUCIÓN ESPACIAL DE RECURSOS

La distribución espacial de cada especie pelágica evaluada se puede presentar como una carta de contorno, es decir con curvas de nivel que representan diferentes

densidades acústicas (SIMMONDS y MACLENNAN 2005). Asimismo, las cartas de distribución espacial de cada especie se confeccionaron mediante el uso de los módulos de grillado y *Mapeo* recurriendo al programa Surfer (KLECKNER 1996). Como método de interpolación se utiliza el krigeo (GUTIÉRREZ 1997).

Las áreas de distribución de los recursos pesqueros en un inicio (1983) se realizaban utilizando plantillas de papel que median 4 m de longitud, luego eran reducidas a un formato A4 utilizando un pantógrafo. Del mismo modo, el cálculo de las áreas se realizaba utilizando un planímetro digital por sectores o áreas. Este procedimiento era tedioso y el tiempo de procesamiento de una sola carta podía durar varios días.

En 1994 se adquirió la primera licencia del programa de interpolación Surfer (Golden Software, EEUU) con el cual se agilizó el recálculo de todas las áreas de distribución desde 1983 (Fig. 42).

8.1. Procedimiento para el cálculo de las áreas de distribución.

La información proviene de las Bitácoras Acústicas (una para cada

frecuencia). La elección del fichero correcto depende de la especie a estudiar (Ver Tabla 1). Los valores NASC de las bitácoras están georreferenciados para cada milla náutica, y sus unidades corresponden a m^2/mn^2 .

En el archivo de la bitácora acústica se seleccionará las celdas donde aparezcan la latitud, longitud finales y los valores ecointegrados de la anchoveta (Fig. 43). En esta parte se verifican si la longitud y latitud tienen valores coherentes. Los valores seleccionados son accesibles desde el programa de interpolación.

Lat_S	Lat_E	Lon_E	Lat_M	Lon_M	Exclude_below	Maximum J	Frequency	ANE	Name
-81.959167	-3.486667	-81.954667	-3.486167	-81.954667	499.99519	0	120	0	
-81.954597	-3.487833	-81.957499	-3.487333	-81.946139	500	0	120	0	
-81.957867	-3.488833	-81.957499	-3.488333	-81.929257	499.951857	0	120	0	
-81.920867	-3.489975	-81.920704	-3.489333	-81.912382	500	0	120	0	
-81.903867	-3.492084	-81.896839	-3.490333	-81.895197	500	0	120	0	
-81.886776	-3.4956	-81.87021	-3.493717	-81.878516	500	0	120	0	
-81.870167	-3.498833	-81.855475	-3.497333	-81.861925	500	0	120	0	
-81.853426	-3.501346	-81.836677	-3.5001667	-81.845101	500	0	120	0	
-81.836576	-3.504667	-81.819926	-3.5036075	-81.828216	500	0	120	0	
-81.819877	-3.508	-81.803478	-3.506333	-81.811667	499.992588	0	120	0	
-81.803427	-3.511364				500				
-81.786936	-3.515331				500				
-81.770143					499.957				
-81.7539					499.9				
-81.7									

Figura 43.- Bitácora acústica de 120 kHz mostrando las celdas a exportar latitud, longitud y valores NASC de anchoveta.

8.2 Procedimiento en el programa Surfer

Alternativamente se abrirá el programa Surfer desde el menú inicio o del icono sobre el escritorio. Una vez abierto el programa se ingresa a *File*; en la opción *New* aparecerá una ventana donde se hará click en *Worksheet* (Fig. 44).

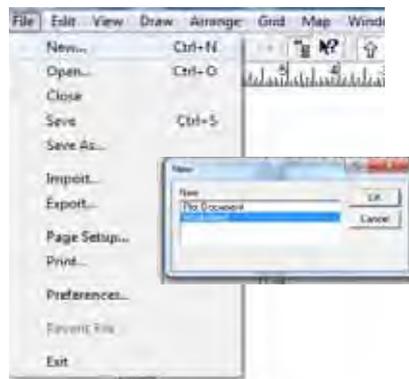


Figura 44.- Creación de datos de posición con valores de integración de la especie a analizar.

En *worksheet*, u hoja de cálculo, se copiarán las columnas de longitud, latitud y los valores de NASC (por ejemplo los de anchoveta). Estos datos se grabarán con la extensión **.dat*. Ejemplo "anchoveta 1002-04.dat", que en lo sucesivo se utilizará para describir los procesos posteriores.

Luego, en la barra de menú ir a *File*, clicar *Open* y abrir una plantilla del perfil de la costa de Perú (extensión **.srf*), que será un gráfico de la línea costera del Perú, o puede utilizarse también una carta de una zona específica, donde se realice la investigación. Una vez abierto ingresar a *Map*, luego a *Post Map*. En *New Classed Map...* aparecerá una ventana donde se buscará el archivo de extensión *.dat.*, para el ejemplo buscar "anchoveta1002-04.dat" (Fig. 45).

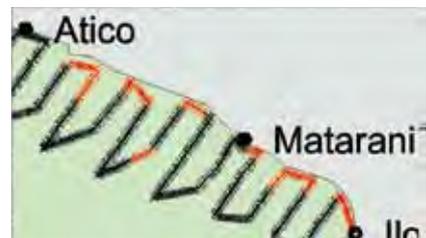


Figura 47.- Muestras con valores positivos y negativos

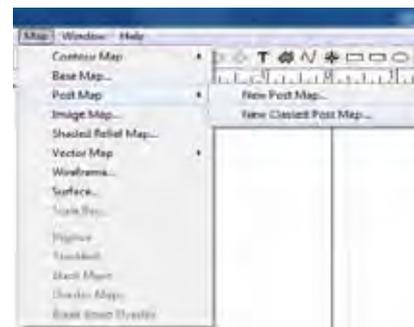


Figura 45.- Comandos para visualizar la data del crucero.

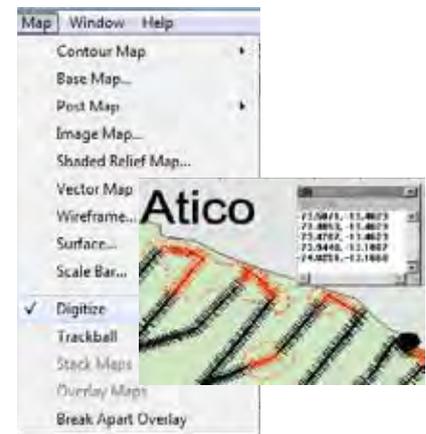


Figura 48.- Digitalización de las áreas positivas. Contorneo.

Aparecerá una línea de trayectos de un solo color; el siguiente paso es diferenciar los valores de integración positivos y negativos. Los valores positivos >1 son las muestras con presencia de la especie, y se le asigna un color para diferenciarlos. Los valores <1, son las muestras sin presencia de la especie y generalmente se asigna un color tenue. El procedimiento es el siguiente:

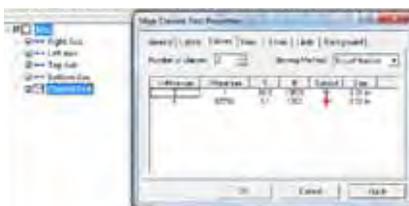


Figura 46.- Opciones para diferenciar los valores positivos y negativos.

*	A	B	C
1	-74.3497	-13.0538	
2	-74.3606	-13.0757	
3	-74.3752	-13.0975	
4	-74.3752	-13.1231	
5	-74.346	-13.0611	
6	-74.3169	-13.0465	
7	-74.295	-13.0465	
8	-74.2695	-13.0501	

Figura 49.- Datos digitalizados del contorneo.

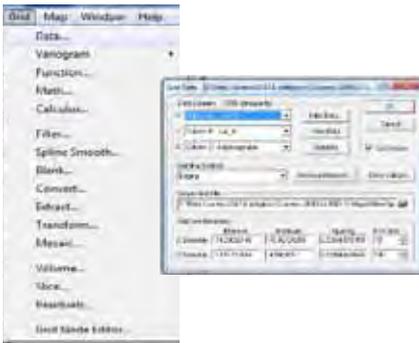


Figura 50.- Método de interpolación de data.

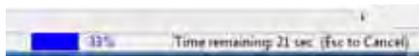


Figura 51.- Ventana de proceso de interpolación.

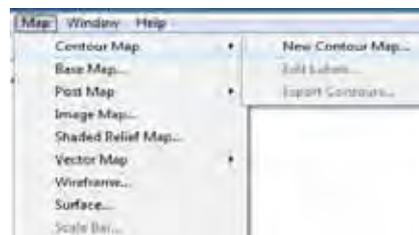


Figura 52 -. Para visualizar la interpolación de los datos

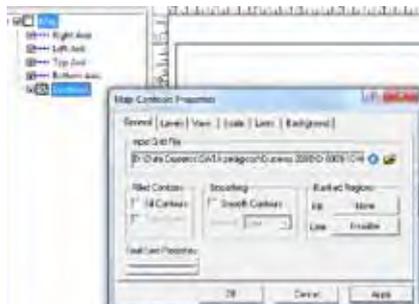


Figura 53.- Generación de rangos de interpolación



Figura 54. - Niveles de interpolación.



Figura 55.- Estratificación en áreas isoparalitorales de 10x30 mn

la ventana *Map: Classed Post Properties*; en esta casilla se debe ingresar el número 2 a la celdas número de clases (*Number of clases*) para dividir los datos en dos clases, luego verificar que el *Maximum* aparezca 1 en la primera fila y en la segunda fila se encuentre el valor más alto de la serie de datos; es preferible escribir un alto valor, por ejemplo 20000 (Fig. 46). Luego se clickea OK. En el gráfico aparecerán los trayectos realizados por el buque, mostrando en color rojo los valores eointegrados y en color negro los valores cero o negativos (Fig. 47).

El procedimiento que sigue, es formar un polígono o área de todos los valores positivos como un contorno, para que la interpolación se realice entre estos valores y no entre valores lejanos; para ello, en el menú principal se clickea en *Map*, luego en *Digitize* y se contornea de puntos la zona que se considere que es una distribución continua (Fig. 48). Una vez terminado se grabará el archivo generado, para el ejemplo será: "*cerosanchoveta.dat*."

Para ver el archivo "*ceros anchoveta.dat*" se abre en la página Worksheet y aparecerá una base de datos como la mostrada en la Fig. 49. En este archivo, la columna "C" se llena de valores cero y se grabará con estos nuevos cambios; luego se abrirá el archivo con la base de datos inicial "*anchoveta1002-04.dat*". A continuación, se adicionará en un solo archivo los dos archivos dat generados, para el ejemplo lo llamamos "*anchovetafinal1002-04.dat*". Este archivo será con el cual se trabaje para la interpolación de datos.

El nuevo archivo generado ("*anchovetafinal1002-04.dat*") será interpolado del siguiente modo: se clickea en la ventana Grid, en la opción Data aparecerá una ventana donde se abrirá el archivo "*anchovetafinal1002-04.dat*" (Fig. 50).

Esta ventana es importante porque aquí se especificará el método de interpolación de los datos. En la opción # of lines se indicará la distancia de interpolación entre datos, es decir, de la resolución; por lo general se utiliza 350 a más, dependiendo del tamaño de la información. En la opción *Gridding Method* se define el tipo de interpolación, el método recomendable para este

tipo de gráfico es el *Kriging*. Una vez definidas estas características se clickea en OK.

Luego, aparecerá una barra de estado en la parte inferior derecha de la pantalla que indica el progreso del contorno (Fig. 51). Al terminar este proceso se grabará automáticamente un archivo con el nombre "*anchovetafinal1002-04.grd*".

Después de este procedimiento se abre el archivo "*Matriz.srf*" que contiene el perfil de la costa peruana; para ello se clickea en la ventana de *Menú File* en la opción Open y se busca el archivo del perfil de la costa "*Matriz.srf*".

A continuación, se adiciona el archivo interpolado para lo cual, en la ventana *Map*, se activa la opción *Contour Map*, luego *New contour Map* (Fig. 52) y se selecciona el archivo de extensión *.grd creado. Para que se superpongan o se puedan georeferenciar estos archivos, se activa en la ventana *Map*, y luego en la opción *Overlay Maps*.

Después de observar la interpolación de los datos, se procede a estandarizar estos datos. En la ventana de ayuda lado izquierdo, clickear en *contours*, y aparecerá una ventana donde se activará la opción *Fill Countours*, y en el recuadro de *Smoothing* se activará en *Smooth Countours* en *High*, luego clickear en la pestaña *Levels* para crear o abrir un archivo de rangos de los datos interpolados (Fig. 53). En esta nueva ventana, activar *Loady* buscar la plantilla de colores o crear un rango de los datos interpolados (Fig. 54). Finalmente, se visualizará una carta de distribución con niveles de concentración de la especie analizada.

9. CÁLCULO DE LA ABUNDANCIA/ BIOMASA Y LÍMITES DE CONFIANZA

9.1. Estimación por áreas isoparalitorales

La abundancia o biomasa se calcula en toneladas. Para ello, los promedios de eointegración (NASC) de la anchoveta por cada UBM, se estratifican por áreas isoparalitorales (AIP) recurriendo al programa *Mapinfo* (Pitney Bowes Group,

Tabla 1. Muestra de resultados de biomasa por áreas isoparalitorales.

BIOMASA DE LA ANCHOVETA. CRUCERO 0902-04. EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE RECURSOS PELÁGICOS																
BIC OLAYA 120 kHz FRECUENCIA																
Código	1123	2123	3123	2130	3130	1133	2133	3133	1140	2140	3140	1145	2145	3145	4143	3150
1	10991	0	0	49	19	1091	343	0	14	32	19	0	190	5253	0	0
2	1	0	0	2	18	312	1074	0	10	21	53	5	1241	1992	0	0
3	344	0	0	569	18	129	1533	0	565	14	0	1	0	1075	0	0
4	3446	1504	0	156	29	77	1356	0	245	47	0	18	24	134	0	0
5	409	124	0	25	98	56	944	0	0	0	0	12	59	358	0	0
6	832	1	0	1	77	13	170	0	0	0	0	0	0	57	753	0
7	0	22	3671	1	12	52	111	0	0	0	0	0	0	4556	607	0
8	0	1510	12939	0	0	87	39	0	0	0	0	0	0	259	112	4486
9	0	5668	0	0	0	308	632	0	0	0	0	0	0	345	439	0
10	0	598	0	0	0	91	294	38	0	0	0	0	0	3870	818	0
11	0	10717	0	0	0	94	32	108	0	0	0	0	0	2801	0	0
12	15	1597	0	0	0	30	72	0	0	0	0	0	0	1485	0	0
13	0	90	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	139	0	1324
14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2680
15	40	0	0	0	0	0	27	0	0	0	0	0	0	0	0	2750
16	18	0	0	0	0	0	193	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17	Código	1123	2123	3123	2130	3130	1133	2133	3133	1140	2140	3140	1143	2143	3143	4143
18	Grado	12	12	12	13	13	13	13	13	14	14	14	14	14	14	14
19	Suma	15158	22392	15810	691	238	2347	8351	148	824	8134	101	25	14823	11299	11368
20	Promedio	16	13	10	7	10	19	46	11	4	51	18	18	15	15	15
21	Área	34734112	17224312	150103	12671779	23789295	14567041	38503601	13226655	20538631	81037979	13141709	16111295	32043736	74720281	74451206
22	Área*2	21889912	62004394	34805752	11557996	22289025	14992127	12157844	25514012	18322795	20825467	29550002	1821291	112098	52463629	22511201
23	Ecoabundancia (Var m)	14016267	43098726	30988674	13838183	42741952	17952879	39399094	21840754	88123622	11607709	17136392	21602657	31018087	17116807	1117048
24	Varianza(Área*2)	47774234	74841539	17234279	35125053	75988345	48521465	35841552	10197157	18558209	4189548	68468335	9051727	1381582	13232479	13238126
25	LongProm	91448+09	48828+10	83208+10	98387889	24535238	98203837	44918+09	20788808	33316+09	85848+09	19549133	17777103	15288+0	64678+09	23948+09
26	PercProm	93885414	93885414	93885414	93885414	93885414	18385144	18385144	18385144	18385144	18385144	18385144	18385144	18385144	18385144	18385144
27	CI	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000	1.000
28	TS	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377	-87.8377
29	TSig	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372	-37.83372
30	Sigma	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923	0.2082923
31	Sigma*2	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843	0.0021843
32	Sigma*2	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589	22.182589
33	NúmPeces	9738+09	21088+10	14888+10	65445795	20223197	89979088	82018+09	97153859	3785E+09	4228E+09	81941787	18212833	8709E+09	4401E+09	1336E+09
34	Densidad	42708931	77937819	74879832	58026444	10722249	58795631	27415954	67988858	11054886	43491435	5428482	19097759	5804323	49936769	46652425
35	C	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298	0.4503298
36	Biomasa 1	63186	194282	139686	8238	1927	8410	95556	1009	47284	82779	829	137	184406	107279	70011
37	Biomasa 2	63186	194282	139686	8238	1927	8410	95556	1009	47284	82779	829	137	184406	107279	70011
38	Biomasa 3	63186	194282	139686	8238	1927	8410	95556	1009	47284	82779	829	137	184406	107279	70011
39	Grado latitud			12					13							14
40	Biom x grado			287166					113142							482826

EE.UU). De esta manera, se cruzan dos bases de datos: la base de datos acústicos en hoja de cálculo, y la propia carta isoparalitoral en formato digital. El producto es otra base de datos donde se indica el NASC promedio, y la magnitud del área de distribución para cada AIP en mn² (Gutiérrez y Peraltillo 1999) (Fig. 55).

La nueva base de datos se utiliza en el cálculo de la biomasa o abundancia, lo cual se efectúa en una hoja de cálculo (Excel, Microsoft, EEUU). En IMARPE se utiliza una plantilla en la cual hay que cargar los valores de la bitácora final, y se ingresan los valores de talla media y relación Talla-Peso por AIP. No es necesario ingresar la magnitud de áreas por AIP, pues ya están codificadas y especificadas. El resultado incluye parámetros estadísticos como la varianza, TS y biomasa por 3 métodos alternativos (Tabla 1).

La estimación de la abundancia se realiza aplicando lo descrito por MACLENNAN y SIMMONDS (1992), donde la ecointegración (NASC) permite calcular el número de peces detectados en cada UBM al aplicar las ecuaciones de Fuerza de Blanco (TS)-Talla para la determinación de la sección transversal de retrodispersión (σBS).

FOOTE (1987) propuso el uso de ecuaciones empíricas para estimar

la fuerza de blanco (o TS) a partir de la talla:

$$TS = 20 \text{ Log } L - b20$$

donde L es longitud del pez en cm y b20 (en dB) es un factor dependiente de las características reflectivas del blanco. La densidad o número de peces se calcula según la siguiente expresión:

$$Q = \text{NASC} / \sigma$$

$$\sigma = 4 \pi 10^{TS/10}$$

La biomasa es entonces calculada dentro de cada estrato isoparalitoral en base al peso medio (w) de cada pez, lo cual se estima de la siguiente manera:

$$w = a L^b$$

Donde a y b son constantes.

Conociendo el área A de cada AIP, la biomasa (B) o abundancia se calcula de la siguiente manera:

$$B = Q \cdot A \cdot w$$

Los límites estadísticos de confianza de la evaluación han sido estimados en base a lo descrito por BAZIGOS (1976).

$$LC = B \pm 1.96 \frac{\sqrt{\sum \left[\left(\frac{s_j^2}{n_j} \right) (A_j^2) \right]}}{\sum A_j} \cdot 100$$

donde:

- B : biomasa o abundancia total de la evaluación (toneladas)
- Sj²: varianza del estrato j
- nj : número de UBM en el j-ésimo estrato.
- Aj : área del j-ésimo estrato (mn²)
- NASCj : Coeficiente Náutico de Dispersión Acústica promedio en el j-ésimo estrato

Alternativamente se pueden calcular otros factores estadísticos, como el coeficiente de variación (CV).

9.2 Estimación por estratificación por transectos (JOLLY y HAMPTON 1990)

Al utilizar el método de JOLLY y HAMPTON de estratificación por transectos se evita utilizar promedios de tallas para calcular la reflectividad, pues se utiliza el íntegro de la estructura de tallas. En consecuencia, el estimado de biomasa se calcula también por tallas. El método puede ser fácilmente adaptado para su uso por AIP.

La estimación de la abundancia o biomasa por transectos se determina a partir de las proporciones (p) por lance (i) y clase (j) de talla (L), obtenidos de los lances efectuados durante la prospección acústica, considerando las tallas, el número

n de individuos por talla, y los pesos individuales w como factores de ponderación. En el caso de las tallas, es conveniente efectuar la ponderación según el cuadrado de las tallas, ya que la magnitud de los ecos está aproximadamente relacionada con el cuadrado del tamaño del pez (MACLENNAN y SIMMONDS 1992):

$$p_{ij} = \frac{L_j^2 \cdot w_{ij} \cdot n_{ij}}{\sum L_j^2 \cdot w_{ij} \cdot n_{ij}}$$

$$\sum P_i = 1$$

Paralelamente se debe determinar el Factor de Conversión (CF), que es definido como el cociente entre el peso del pez (w) y su correspondiente área de sección transversal de retrodispersión (σ). Ambos valores se obtienen para toda la distribución de tallas por lances:

$$CF_{ij} = \frac{w_{ij}}{4\pi \cdot 10^{TS_j/10}} \cdot 10^6 ; (t/mn^2)$$

donde:

$$\sigma_j = 4\pi \cdot 10^{TS_j/10} ; (m^2)$$

La Fuerza de Blanco (TS) en la clase j es (FOOTE 1987):

$$TS_j = A \cdot \text{Log}(L_j) - b_{20} ; (dB)$$

El peso en función de la talla w_{ij} puede obtenerse desde ecuaciones de la forma $a \cdot L^b$ o bien a través de la medición directa del peso medio por clases (que deviene del muestreo biométrico, separando los individuos de similar talla para pesarlos; este peso, dividido entre el número de ejemplares, nos da el peso medio para la talla). A y b_{20} son factores que dependen de la reflectividad de la especie en estudio.

La densidad en el transecto k , UBM l , lance i y clase j (ρ_{klj}) es calculada obteniendo previamente un factor de corrección K para cada lance i y clase j :

$$K_{ij} = CF_{ij} p_{ij} ; (t/m^2)$$

$$\rho_{klj} = NASC_{kl} \cdot K_{ij} ; (t/mn^2)$$

$NASC_{kl}$ es el valor de dispersión acústica medido por la ecosonda y discriminado por especies para el transecto k y UBM l . Para aplicar la ecuación anterior, se debe decidir

cuál lance servirá para estimar la abundancia en cada transecto; los transectos pueden subdividirse en caso exista más de un lance sobre un mismo estrato (transecto). La biomasa B en el transecto k , UBM l , es en realidad la suma de las densidades por tallas, dependiendo de la separación E entre transectos:

$$B_{kl} = E \cdot \sum \rho_{klj} ; (t)$$

La abundancia o biomasa en el transecto (estrato) k es:

$$B_k = \sum B_{kl}$$

Finalmente, para determinar el número de individuos en el transecto k , UBM l , lance i y clase j se debe utilizar la siguiente relación:

$$N_{klj} = \frac{E \cdot \rho_{klj}}{w_{ij}}$$

9.3 Ecuaciones de TS utilizadas

Entre los años 1992 y 1997 se utilizó la ecuación de TS determinada por FOOTE (1987) para el arenque *Clupea harengus*, del Mar del Norte, en la evaluación de los principales recursos pelágicos (anchoveta, sardina, jurel y caballa). La aplicación de esta ecuación se basó en la similitud morfológica de dicha especie con sardina, jurel y caballa.

Frecuencia de 38 kHz

Según MACLENNAN y SIMMONDS (1992):

$$TS = 20 \text{ Log } L \text{ (cm)} - 71,9$$

Para el caso de anchoveta, dentro del Proyecto "Determinación de Ecuaciones de Fuerza de Blanco", el cual tuvo algunos logros significativos y que debido a sus diferentes estructuras de tallas registradas en los diversos cruceros de investigación, se han utilizado las siguientes ecuaciones obtenidas por los métodos in-situ, y ex-situ:

Frecuencia de 120 kHz:

Según GUTIÉRREZ y MACLENNAN (1998):

Anchoveta:	TS = 20 log L - 76,25	10,0 a 13,0 cm
Sardina:	TS = 20 log L - 74,10	12,0 a 20,0 cm
Caballa:	TS = 20 log L - 70,80	26,0 a 30,0 cm

Según MACLENNAN et al. (1998):

Anchoveta:	TS = 20 Log L - 77,5	12,0 a 17,0 cm
------------	----------------------	----------------

Según GUTIÉRREZ y HERRERA (1998):

Anchoveta:	TS = 20 log L - 81,8	6,0 a 8,5 cm
Anchoveta:	TS = 20 log L - 78,5	11,5 a 14,5 cm

Según GUTIÉRREZ (2002):

Vinciguerría:	TS = 20 Log L - 83,29	4,0 a 6,5 cm
Samasa:	TS = 20 Log L - 86,57	10,0 a 14,5 cm

Según SIMMONDS et al. (2009):

Anchoveta:	TS = 30 Log L - 88,57	
------------	-----------------------	--

Frecuencia de 38 kHz:

Según MACLENNAN et al. (1998):

Anchoveta:	TS = 20 Log L - 70,9	12,5 a 18,0 cm
Anchoveta:	TS = 20 Log L - 78,9	10,0 a 16,0 cm

Según GUTIÉRREZ y MACLENNAN (1998):

Jurel:	TS = 20 log L - 68,15	36,0 a 40,0 cm
Caballa:	TS = 20 log L - 70,95	26,0 a 30,0 cm

Según GUTIÉRREZ y HERRERA (1998):

Vinciguerría:	TS = 20 Log L - 82,04	3,5 a 6,5 cm
---------------	-----------------------	--------------

Según CASTILLO y GONZALES (2000):

Calamar gigante:	TS = 20 Log L - 92,82	65,5 a 93,5 cm
Calamar gigante:	TS = 20 Log L - 86,17	22,0 a 38,0 cm

9.4 Presentación de resultados de biomasa

Para el caso de los resultados obtenidos del método de áreas isoparalitorales, éstos pueden ser expresados en toneladas y por distancia a la costa, y agrupados por AIP (Tabla 2). En el caso de la biomasa por transectos pueden ser presentados por rangos o clases de abundancia (Fig. 56).

10. FUENTES DE ERROR

Como todo método de evaluación en la investigación marina, también tiene sus fuentes de error, y como tal requiere de personal capacitado para realizar los diversos procesos que demanda la metodología. En la Tabla 3 se describen las principales fuentes de error cuando se utiliza la técnica hidroacústica para estimar una población de peces.

11. AGRADECIMIENTOS.- Los autores agradecen al Cuerpo Editorial del Imarpe por el apoyo brindado en la publicación de los informes de los cruceros de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pelágicos. Así mismo, a todos los investigadores y personal de dotación de los buques participantes en esta actividad, que gracias a sus esfuerzos contribuyen al logro de los objetivos del Crucero y de la Institución.

REFERENCIAS

BALLÓN M. 2010. Acoustic study of macrozooplankton off Peru: biomass estimation, spatial patterns, impact of physical forcing and effect on forage fish distribution. PhD study, University Montpellier II. Francia.

BARANGE M, COETZEE JC et al. 2005. Strategies of space occupation by anchovy and sardine in the southern Benguela: the role of stock size and intra-species competition. ICES (2005),doi:10.1016/j.icesjms. 10.

BAZIGOS G. 1976. Applied Fishery Statistics. FAO Fish. Tech. Pap. (135): 164 pp.

BERTRAND S, DIAZ E et al. 2008. "Patterns in the spatial distribution of Peruvian anchovy (*Engraulis ringens*) revealed by spatially explicit fishing data. Progress in Oceanography 79 (2008): 379-389: 43.

BERTRAND A, GERLOTTO F, BERTRAND S, GUTIÉRREZ M, ALZA L, CHIPOLLINI

Tabla 2.- Biomasa por áreas isoparalitorales y por distancia a la costa

TOTAL (t)	TOTAL (%)	DISTANCIA A LA COSTA (mn)					LATITUD SUR
		40 - 50	30 - 40	20 - 30	10 - 20	0 - 10	
3538	0,13				3538		06°00' - 06°30'
169700	6,28		160707	4214	4779		06°30' - 07°00'
173238	6,42		160707	4214	8317		06° - 07°
2799	0,10	1005	1794				07°00' - 07°30'
0	0,00						07°30' - 08°00'
2799	0,10	1005	1794				07° - 08°
16384	0,61					16384	08°00' - 08°30'
0	0,00						08°30' - 09°00'
16384	0,61					16384	08° - 09°
13854	0,51					13854	09°00' - 09°30'
10674	0,40				5140	5534	09°30' - 10°00'
24528	0,91				5140	19388	09° - 10°
32973	1,22				22590	10383	10°00' - 10°30'
46471	1,72				22522	23949	10°30' - 11°00'
79444	2,94				45112	34332	11° - 11°
86782	3,21				65689	21093	11°00' - 11°30'
106416	3,94				63011	43405	11°30' - 12°00'
193198	7,15				128700	64498	11° - 12°
3863	0,14		2244		1473	146	12°00' - 12°30'
47491	1,76				8786	38705	12°30' - 13°00'
51354	1,90		2244		10259	38851	12° - 13°
621930	23,03		534824	4979	74046	8081	13°00' - 13°30'
14035	0,52			503		13532	13°30' - 14°00'
635965	23,55		534824	5482	74046	21613	13° - 14°
24650	0,91				5791	18859	14°00' - 14°30'
798040	29,55		45462	751372		1206	14°30' - 15°00'
822690	30,47		45462	751372	5791	20065	14° - 15°
4584	0,17			3804		780	15°00' - 15°30'
174203	6,45				149750	24453	15°30' - 16°00'
178787	6,62			3804	149750	25233	15° - 16°
161737	5,99				109587	52150	16°00' - 16°30'
185428	6,87				22209	163219	16°30' - 17°00'
347165	12,86				131796	215369	16° - 17°
110664	4,10					110664	17°00' - 17°30'
63989	2,37					63989	17°30' - 18°00'
174653	6,47					174653	17° - 18°
2700205	100,00	1005	745031	764872	558911	630386	Total (t)
							Total (%)

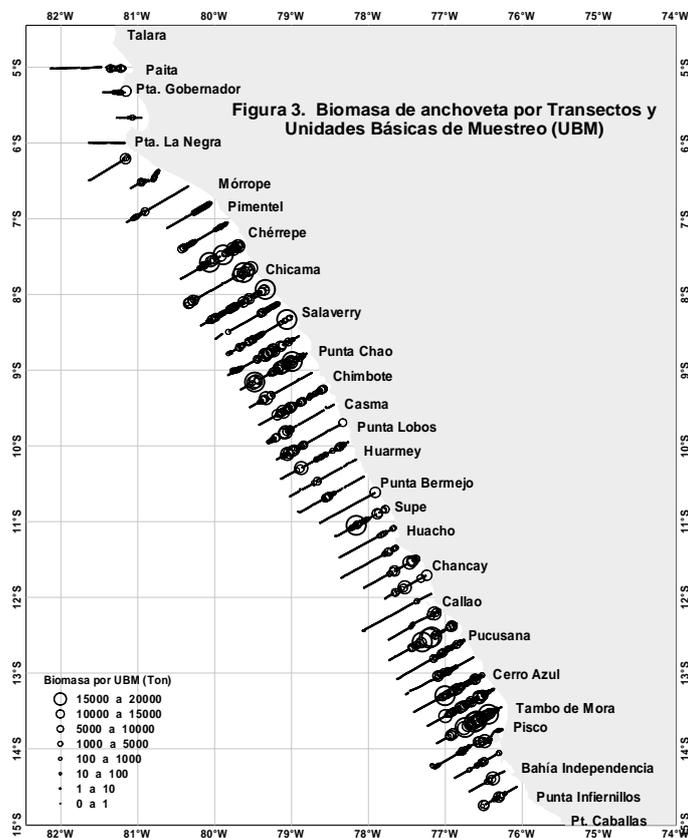


Figura 56.- Representación de la estimación de biomasa por transectos.

Tabla 3.- Fuentes de error en la aplicación hidroacústica para estimar poblaciones de peces.

Fuente de error	Error al azar	Rango	Comentario
<u>Error de índice acústico</u>			
Calibración física	±2 a 5%	±2 a 5%	Bajas frecuencias pueden ser medidas más confiablemente
Movimiento de transducer		0 a -25%	Los haces angostos son más sensibles al movimiento
Atenuación de la burbuja		0 a -90%	Los sistemas montados en la quilla y los remolcados a profundidades son menos sensibles.
Condiciones hidrográficas	±2 a 5%	0 a 25%	Debido a la incertidumbre en el tamaño del blanco y la orientación.
Fuerza de blanco	±5 a 25%		Debido a la incertidumbre en el tamaño del blanco y la orientación.
Identificación de especies	0 a 50%		Depende de la mezcla del blanco y de las diferentes fuerzas de blanco entre especies.
Muestreo al azar	5 a 20%	0 a 50%	Depende de la distribución espacial; las capas pueden ser estimadas con precisión; la alta variabilidad de tamaños de cardúmenes son el escenario más difícil
Comportamiento migración diurna	0 a 50%		
Abundancia	0 a 50%	0 a 30%	Bajo con buque calmo en aguas profundas abiertas, peores en áreas limitadas con cardúmenes poco profundos
<u>Error de la abundancia absoluta</u>			
Error de la abundancia absoluta		±3 a 10%	Peores en altas frecuencias y con haces muy estrechos
Calibración física			
Condiciones hidrográficas		±2 a 25%	Peores en altas frecuencias y largos rangos debido a la incertidumbre del coeficiente de absorción
Fuerza de blanco		0 a 50%	Es mejor para peces que tienen vejiga natatoria. Peor para especies de profundidad.

- A, DÍAZ E, ESPINOZA P, LEDESMA J, QUESQUÉN R, PERALTILLA S, CHAVEZ F. 2008. Schooling behaviour and environmental forcing in relation to anchoveta distribution: An analysis across multiple spatial scales. *Progress in Oceanography* 79: 264–278.
- BERTRAND A, BALLÓN M, CHAIGNEAU A. 2010. Acoustic observation of living organisms reveals the oxygen minimum zone. *PLoS ONE* 5(4): e10330.
- CASTILLO PR, GONZALES A. 2000. Mediciones in situ de fuerza de blanco del calamar gigante (*Dosidicus gigas*) para la frecuencia de 38 kHz determinadas en el crucero BIC Olaya 0007-08. Zorritos a Callao. Informe interno DIPDT.
- CPPS. 2001. Propuesta del Perú sobre estandarización de métodos para el procesamiento de datos y opciones de análisis bajo áreas isoparalitorales. Estrategias para el intercambio de información. En: Informe del Segundo Taller Regional sobre Metodologías de Evaluación Hidroacústica de Recursos Pesqueros. CPPS, Octubre de 2001. 38-41.
- DEMÉR DA, HEWITT RP. 1993. Calibration of an acoustic echo-integration system in a deep tank, with system gain comparisons over standard sphere material, water temperature and time. Scientific Committee for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources Sc-Camlr-Ssp/9: 19.
- DEMÉR DA, RENFREE JS. 2008. Variations in echosounder-transducer performance with water temperature. *ICES Journal of Marine Science* 65: 1021-1035: 15.
- FOOTE KG. 1987. Fish target strengths for use in echo integrator surveys. *J. Acoustic Soc. A.m.*, 82, 981-7.
- FOOTE KG. 1995. Examen de los métodos de evaluación acústica y de los resultados de los últimos cruces de evaluación acústica de especies pelágicas realizados en el Perú. Programa de Cooperación Técnica FAO. FI:TCP/PER/4451. 20 pp.
- FRANCIS R. 1984. Variability in Hydroacoustic Biomass Estimates. *Can. J. Fish and Aquat. Sci* (41) 825-826.
- GUTIÉRREZ M. 1997. Aplicación de software de interpolación en las evaluaciones hidroacústicas de la biomasa y distribución de recursos pelágicos. *Inf. Prog. Inst. Mar Perú* 67: 21-30.
- GUTIÉRREZ M. 2002. Determinación de la Fuerza de Blanco (TS) de las principales especies del mar peruano. Tesis para magister. Universidad Nacional Federico Villarreal. 81 pp.
- GUTIÉRREZ M, HERRERA N. 1998. Mediciones in situ de diversas especies a finales del invierno de 1998. *Crucero 9808-09. Inf. Inst. Mar Perú* 141: 7-12.
- GUTIÉRREZ M, MACLENNAN D. 1998. Resultados preliminares de las mediciones de fuerza de blanco in situ de las principales especies pelágicas. *Inf. Inst. Mar Perú* 135: 16-19.
- GUTIÉRREZ M, PERALTILLA S. 1999. Aplicación de un Sistema de Información Geográfica y de la carta electrónica isoparalitoral en las evaluaciones hidroacústicas de la biomasa de recursos pesqueros en el mar peruano. *Inf. Inst. Mar Perú* 146: 25-29.
- HIGGIMBOTTOM I, PAULY T, HEATLEY D. 2000. Virtual echograms for visualization processing of multiple-frequency echosounder data. *Proceedings of the Fifth European Conference on Underwater Acoustics, ECUA 2000* (Ed. M.E. Zakharina), 1497-1502.
- ICES. 1998. Report of the Study Group on Echo Trace Classification. *ICES Document CM 1998/B*: 1. 58 pp.
- ICES. 2000. Report on Echo Trace Classification. *ICES Cooperative Research Report*, 238. 107 pp.
- JOLLY D, HAMPTON I. 1990. A stratified

- random transect design for acoustic surveys of fish. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 47: 1282-1291.
- KLECKNER D. 1996. Surfer for windows userguide. Golden Software Inc. 458 pp.
- KOSLOW JA. 2009. The role of acoustics in ecosystem-based fishery management. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 000-000.
- MACLENNAN D. 1997. Informe sobre la visita al Instituto del Mar del Perú. Programa de Cooperación Técnica para la Pesca CEE- VECEP ALA 92/43. 22 pp.
- MACLENNAN D, GUTIÉRREZ M, CASTILLO PR, GANOZA F, ALIAGA A, ESCUDERO L, GONZALES A, CHALÉN X. 1998. Fuerza de Blanco de anchoveta (*Engraulis ringens*) utilizando frecuencia de 38 y 120 kHz. *Inf. Inst. Mar Perú* 133: 15-26.
- MACLENNAN D, MACKENZIE IG. 1988. Precision of acoustic fishstock estimates. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 45, 605-16
- MACLENNAN D, SIMMONDS J. 1992. Fish and Fisheries Series 5. Fisheries acoustic Chapman y Hall, London. 325 pp.
- PETITGAS P. 1991. Contributions géostatistiques a la biologie des peches maritimes. Thèse de doctorat, Centre de Géostatistique, Fontainebleau, 211 pp.
- RIVOIRARD J, SIMMONDS J, FOOTE KG, FERNANDES P, BEZ N. 2000. Geostatistics for estimating fish Abundance. Blackwell Science.
- SHOTTON R, BAZIGOS GP. 1984. Techniques and considerations in the design of acoustic surveys. *Rapp. P. -v Reun. Cons. Int. Explor. Mer* 184, 34-57.
- SIMMONDS J, WILLIAMSON N J, GERLOTTO F, AGLÉN A. 1992. ICES Cooperative Research Report Nro.187. Acoustic survey design and analysis procedure: a comprehensive review of current practice. 127 pp.
- SIMMONDS J, MACLENNAN D. 2005. Fisheries Acoustics. Theory and Practice. Second edition published by Blackwell Science 2005. 436 pp.
- SIMMONDS J, SIMMONDS EJ, GUTIÉRREZ M, CHIPOLLINI A, GERLOTTO F, WOILLEZ M, BERTRAND A. 2009. Optimizing the design of acoustic surveys of Peruvian anchoveta. *ICES Journal of Marine Science*, 66: 000-000.
- SIMRAD EK 500. 1992. Instruction Manual SIMRAD EK 500 Scientific echo sounder. p2172e. Calibration Of the ek 500 p2260e. SIMRAD Norge as. Norway.