



ISSN 0378 - 7702

INSTITUTO DEL MAR DEL PERU

INFORME

Nº 135

Julio, 1998

**Crucero de evaluación hidroacústica de recursos pelágicos
BIC Humboldt 9803-05 de Tumbes a Tacna**



*Con apoyo del Programa de
Cooperación Técnica para la Pesca
CEE-VECEP ALA 92/43*

Callao, Perú

REVISIÓN DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DURANTE EL CRUCERO 9803-05 DE EVALUACIÓN HIDROACÚSTICA DE RECURSOS PELÁGICOS A BORDO DEL BIC HUMBOLDT*

David N. MacLennan¹

INTRODUCCION

El presente informe es una revisión de los resultados obtenidos durante una evaluación acústica hecha en aguas costeras peruanas, desarrollada a bordo del BIC Humboldt en el período comprendido entre el 20 marzo y el 7 de mayo 1998. Los objetivos principales de la evaluación estuvieron dirigidos a determinar la distribución y la biomasa de los principales recursos pelágicos.

La pesquería es una actividad de gran importancia en el Perú, ya que este país posee una gran riqueza marina a lo largo de su costa. Existen muchas especies de peces, pero los principales recursos, por su abundancia, son los pelágicos, los cuales reciben atención preferente en cuanto a la ejecución de evaluaciones; entre ellas, se da especial atención a la anchoveta (*Engraulis ringens*), la sardina (*Sardinops sagax*), el jurel (*Trachurus murphyi*) y la caballa (*Scomber japonicus*). Respecto a otras especies, hay actual interés en la samasa o anchoveta blanca (*Anchoa nasus*) cuya presencia es por ahora eventual ya que se trata de un recurso de aguas cálidas. Las observaciones sobre la biomasa y distribución de la samasa han sido incluidas en el análisis, el cual comprende a las cuatro especies mencionadas.

La pesquería de anchoveta es la más importante, y por ello usualmente se le da prioridad en el desarrollo de la evaluación. Los stocks de anchoveta han declinado recientemente debido al Fuerte El Niño de 1997-98. Algunos antecedentes sobre la condición actual de la pesquería de la anchoveta se adjuntan en el Anexo 1.

El presente informe considera los métodos usados durante la evaluación, la colección y validación de los datos y el análisis de los resultados con énfasis en las conclusiones respecto a la distribución y biomasa de la anchoveta.

COLECCION DE DATOS

Equipamiento

El BIC Humboldt tiene entre sus equipos acústicos, al sistema de ecosondeo y ecointegración Simrad EK500, instalado en el mes de agosto de 1997, con dos transductores que permiten la operación simultánea con frecuencias sonoras de 38 y 120 kHz. Ha habido problemas con el nuevo transductor de 38 kHz; sin embargo, el anteriormente instalado transductor de 38 kHz está aún en funcionamiento, por lo que entretanto ha sido usado con el nuevo EK500. De otro lado, esferas estándares de cobre se usan para calibrar la ecosonda. Este es el método recomendado de calibración según la práctica internacional moderna (FOOTE *et al.* 1987).

Estaciones oceanográficas fueron desarrolladas a intervalos frecuentes durante el crucero, para registrar la temperatura, salinidad y otros parámetros del agua de mar. Esa labor tiene objetivos diferentes a los de la evaluación acústica, por lo que sus resultados no son discutidos en este informe. Sin embargo, la temperatura y salinidad son mediciones que intervienen en el cálculo de la absorción y velocidad del sonido, factores que son importantes para el análisis acústico.

El equipo acústico (EK-500) a bordo del BIC Humboldt es moderno y cuenta con un desempeño y características apropiadas para la tarea de evaluar los recursos pelágicos de peces.

Diseño de las encuestas

La grilla de crucero es una serie de transectos regularmente espaciados a intervalos de 12 millas náuticas. Los transectos tienen una orientación casi perpendicular a la costa. Ellos se extienden por lo me-

* Informe preparado a solicitud del Instituto del Mar del Perú. (IMARPE). 11 de mayo de 1998.

¹ Consultor Pesquero. Aberdeen, Escocia

nos hasta el borde de la plataforma continental, de manera de asegurar la buena cobertura sobre aguas oceánicas profundas. Este tipo de grilla de crucero es apropiada ya que cubre la larga y estrecha plataforma a lo largo de la costa del Perú, dando una cobertura razonablemente uniforme del área y tomando en cuenta los principios estadísticos establecidos para ser aplicados a evaluaciones acústicas sobre transectos paralelos (SIMMONDS *et al.* 1992). Durante el crucero 9803-05, el BIC Humboldt cubrió más de 5000 millas náuticas en un total de 84 transectos de longitudes variables entre 25 y 100 millas náuticas.

Procedimientos operacionales

El ecointegrador registra el *coeficiente de área acústica efectiva* (S_a) para 10 capas consecutivas de eco-integración en la columna de agua. Los valores de S_a se promedian sobre intervalos de una milla, cual es la distancia básica de muestreo; estos valores se imprimen sobre los ecogramas. Las capas son del tipo «superficial» lo cual significa que la eco-integración se bloquea cuando el sistema detecta el fondo del mar. Las capas del 1 al 8 cubren el rango de profundidad de 0 a 150 m, mientras que las capas 9 y 10 cubren de 150 a 250 m. Los valores S_a de ambas frecuencias se imprimen sobre los respectivos ecogramas, pero sólo los datos de 38 kHz se consideran útiles para profundidades más allá de 150 m debido a la excesiva absorción acústica a frecuencias tan altas como 120 kHz. Sin embargo, con excepción de pequeñas porciones de los stocks de jurel y caballa, todas las especies de interés se encontraron en profundidades menores a 150 m.

Los datos originados en los ecogramas se copian en hojas de cálculo, y el análisis subsiguiente es hecho usando el programa MS Excel.

Pesca

Es necesario comprobar los ecotrazos por medio de operaciones de pesca, las cuales permiten obtener muestras de los peces detectados con los cuales determinar tanto su identidad como su composición por tamaños. Durante el crucero, el Humboldt utilizó sus propias artes de pesca, pero recibió el apoyo de dos lanchas (IMARPE IV e IMARPE V). Las lanchas operaron en áreas cercanas a la costa, en tanto que el muestreo en áreas oceánicas fue hecho exclusivamente por el Humboldt. Un total de 391 lances de

pesca fueron realizados durante el crucero, 144 por parte del Humboldt y 247 por las lanchas. Todas las embarcaciones utilizaron redes pelágicas. Además, la red Methot fue usada como medio para capturar peces muy pequeños (MACLENNAN 1996).

Esta intensa actividad de muestreo biológico debería ser suficiente para proveer una base buena para la discriminación de los ecotrazos por especies. Como se ha mencionado en informes previos (MACLENNAN 1997), las grandes redes pelágicas no son eficientes para capturar peces muy pequeños, en particular los pre-reclutas, de menos de 10 cm de longitud. La red Methot (y probablemente las pequeñas redes pelágicas de las lanchas) son capaces de pescar los peces más pequeños, aunque normalmente se requiere determinar la eficiencia de las redes para determinar el tamaño total de la distribución. Sin embargo, muy pocos pre-reclutas de anchoveta han sido encontrados durante el crucero actual, por lo que en este caso es razonable presumir que el problema de selectividad es insignificante.

Calibración

Las esferas de cobre se usan para calibrar la sensibilidad de la ecosonda. Estos son blancos estándar con propiedades acústicas conocidas. Ellos se suspenden desde el buque usando tres líneas de nylon; moviendo éstas hasta una cierta posición, el eco de la esfera pueda verse sobre la pantalla de la ecosonda. Es entonces cuando los parámetros de ganancia en la ecosonda se ajustan hasta que la fuerza del blanco (TS) sea la correcta. Para una calibración exitosa, el buque debe anclarse en por lo menos 20 m de profundidad en condiciones quietas (con poco movimiento).

Una calibración fue hecha al comienzo del crucero actual. Esto indicó, para 120 kHz un C_1 (factor de calibración) de 1,49 en comparación con el 1,26 de la calibración hecha en noviembre de 1997. Tal diferencia es mayor que la que cabía esperar, por lo que se decidió realizar otra calibración cuando el Humboldt estuviera de regreso en el Callao, lo cual ocurrió el 8 de mayo. Esta nueva calibración mostró que los factores de calibración, tanto para 38 como para 120 kHz no habían cambiado significativamente durante el crucero. Por lo tanto, no es necesario ajustar la estimación provisional de biomasa por causa del factor de calibración C_1 .

No obstante, es esencial realizar la calibración por lo menos dos veces durante un crucero extenso, y, preferentemente tres veces (al comienzo, durante

y después de un crucero). Por supuesto, la ejecución de calibraciones dependerá de si se dispone de lugares apropiados con medio ambiente en buenas condiciones. Pero el requerimiento principal consiste en comprobar que cualquier cambio en la sensibilidad del equipo sea detectada lo antes posible.

Otra parte del procedimiento de calibración consiste en verificar el TVG (ganancia cronovariable). Esta función es determinada por el software del EK500, el cual emplea los valores nominales de la velocidad del sonido (c) y el coeficiente de absorción (α). En el caso de c , un gradiente lineal puede ser especificado de manera de prevenir la existencia de una termoclina. En el caso de α , hay un solo valor para cada frecuencia. Estos valores pueden ajustarse en los menús de control, pero en general ellos no corresponden exactamente a los valores correctos existentes en el mar respecto a la temperatura del agua. Los valores correctos pueden determinarse en base a datos oceanográficos y, entonces, se hace posible obtener factores de corrección para la biomasa estimada.

Se encontró que los valores nominales actualmente almacenados en el EK500 son apropiados para agua fría (sobre 10 °C). Desde que el agua costera peruana es mucho más cálida, existe una diferencia grande entre los valores correctos y los nominales. Los valores por defecto son, para la velocidad del sonido c , un gradiente de 1506 a 1540 m/s entre profundidades de 0 y 250 m; y, para α , 10 dB/km para 38 kHz y 38 dB/km a 120 kHz.

La Tabla 1 muestra ejemplos de las velocidades reales del sonido en función a la profundidad en las regiones norte, centro y sur. La Tabla 2 da una presentación similar de los coeficientes de absorción y factores de corrección que deben aplicarse a la estimación de biomasa. La diferencia en c es importante porque con ella se determina la profundidad. Sin embargo, tiene poco efecto sobre el cálculo de la biomasa. Por otra parte, la absorción sí puede tener un efecto grande sobre la biomasa estimada, especialmente a 120 kHz, aumentando rápidamente el error con la profundidad. Estos resultados se han calculado en base a información real de temperatura y aplicando ecuaciones empíricas bien conocidas (MAC KENZIE *et al.* 1981, FRANCOIS y GARRISON 1982).

Ya que la calibración fue realizada usando los valores por defecto, no hubo error en determinar la profundidad de la esfera de calibración, la cual fue 18 m en este caso. La anchoveta se encontró, típicamente,

hasta los 40 m de profundidad, por lo que según la Tabla 2, una corrección de 10% más en la estimación de la biomasa de este recurso sería necesaria. Sin embargo, este porcentaje es mucho menor a los límites de confianza (30%, ver Sección 3) y a la incertidumbre en la obtención de factores tales como TS (Target Strength o Fuerza de Blanco). No es útil enmendar el estimado provisional de biomasa por causa de la corrección del coeficiente de absorción.

El mismo error del coeficiente de absorción ha sido detectado en todas las evaluaciones desde que el EK500 fue instalado. Para el futuro se sugiere que los valores por defecto deberían cambiarse a valores más apropiados a aguas peruanas. Los resultados del crucero actual sugieren los valores siguientes: gradiente de velocidad de 1534 a 1500 m/s sobre un rango de profundidad de 0 a 250 m; $\alpha = 7.4$ y 47.0 dB/km a 38 y 120 kHz, respectivamente. Los valores por defecto de las EK500 del Humboldt y el nuevo buque José Olaya deberían cambiarse antes de cada evaluación.

Los valores oceanográficos determinados durante el Crucero 9803-05 no serán útiles pues han sido obtenidos en condiciones anómalas. Se sugiere un estudio más detallado de los datos oceanográficos para determinar los valores nominales más apropiados para los coeficientes de absorción y velocidad del sonido.

MÉTODOS DE ANÁLISIS

Los valores de ecointegración comprenden los valores de S_a impresos sobre el ecograma. Cada copia impresa entrega el total de S_a por cada milla náutica navegada y por cada capa. La primera tarea del análisis consiste en dividir el S_a total entre las diversas especies ("blancos"), excluyendo la porción atribuida a los blancos irrelevantes tales como el plancton. Los datos biológicos (composición de las lances de pesca) ayudan en la identificación de los ecotrazos.

Durante el crucero actual, sólo los datos obtenidos con 120 kHz se han usado directamente en la estimación de biomasa, porque el TS de anchoveta a 38 kHz son aún inciertos (ver TS, más adelante).

Existen dificultades en la medición de los ecos de peces cercanos el fondo debido al fuerte reflejo del fondo (MACLENNAN 1996). Sin embargo, durante el crucero actual, los ecotrazos importantes han estado todos ubicados a media agua.

Tabla 1. Velocidad del sonido (c) contra la profundidad en varias secciones 40 km de la costa para las temperaturas indicadas y salinidad 35 ppm. Valores de c actual y promedios desde la superficie hasta la profundidad indicada.

Sección	Profundidad (m)	Temperatura (°C)	Velocidad actual (m/s)	Velocidad promedio (m/s)
Paita	0,0	28,5	1542,2	1542,2
	12,5	28,1	1541,6	1541,9
	25,0	27,0	1539,3	1541,0
	37,5	25,5	1536,1	1539,8
	50,0	24,0	1532,7	1538,4
	75,0	18,0	1517,0	1531,3
	100,0	16,0	1511,4	1526,3
	150,0	14,5	1507,6	1520,1
	200,0	13,5	1505,1	1516,3
	250,0	12,8	1503,6	1513,8
Chimbote	0,0	25,8	1536,2	1536,2
	12,5	25,8	1536,4	1536,3
	25,0	23,4	1530,8	1534,5
	37,5	21,0	1524,8	1532,0
	50,0	18,9	1519,2	1529,5
	75,0	16,0	1511,0	1523,3
	100,0	14,5	1506,7	1519,2
	150,0	13,5	1504,3	1514,2
	200,0	12,8	1502,8	1511,4
	250,0	12,0	1500,9	1509,3
San Juan	0,0	21,0	1524,2	1524,2
	12,5	21,0	1524,4	1524,3
	25,0	19,5	1520,5	1523,0
	37,5	18,5	1518,1	1521,8
	50,0	18,0	1516,6	1520,8
	75,0	15,0	1507,9	1516,5
	100,0	14,0	1505,1	1513,6
	150,0	12,8	1502,0	1509,8
	200,0	12,3	1501,1	1507,6
	250,0	11,6	1499,5	1506,0
Todos (promedio)	0,0	25,1	1534,2	1534,2
	12,5	25,0	1534,1	1534,1
	25,0	23,3	1530,2	1532,8
	37,5	21,7	1526,3	1531,2
	50,0	20,3	1522,8	1529,5
	75,0	16,3	1512,0	1523,7
	100,0	14,8	1507,8	1519,7
	150,0	13,6	1504,6	1514,7
	200,0	12,9	1503,0	1511,8
	250,0	12,1	1501,4	1509,7

Tabla 2. Coeficiente de la absorción del sonido (alpha) contra la profundidad en varias secciones 40 km de la costa para las temperaturas indicadas y salinidad 35 ppm. Frecuencias 38 y 120 kHz; valores actuales por la profundidad (A), promedios desde la superficie (P) y factores de corrección de la biomasa (B) cuando la esfera de calibración fue 18 m del transductor y valores del EK500: (120 kHz) 38 dB/km; (38 kHz) 10 dB/km

Sección	Profundidad (m)	Temperatura (° C)	Alpha (dB/km) 120 kHz			Alpha (dB/km) 38 kHz		
			A	P	B	A	P	B
Paita (norte)	0,0	28,5	46,3	46,3	0,93	6,1	6,1	1,03
	12,5	28,1	46,4	46,3	0,98	6,2	6,2	1,01
	25,0	27,0	46,9	46,6	1,03	6,4	6,3	0,99
	37,5	25,5	47,3	46,9	1,08	6,7	6,4	0,97
	50,0	24,0	47,6	47,0	1,14	7,0	6,6	0,95
	75,0	18,0	46,1	46,7	1,26	8,3	7,2	0,93
	100,0	16,0	44,6	46,2	1,36	8,8	7,6	0,91
	150,0	14,5	43,0	45,1	1,54	9,0	8,0	0,89
	200,0	13,5	41,7	44,3	1,69	9,2	8,3	0,87
	250,0	12,8	40,7	43,5	1,81	9,3	8,5	0,85
Chimbote (centro)	0,0	25,8	47,5	47,5	0,92	6,7	6,7	1,03
	12,5	25,8	47,4	47,5	0,98	6,7	6,7	1,01
	25,0	23,4	47,8	47,6	1,03	7,2	6,9	0,99
	37,5	21,0	47,5	47,6	1,09	7,7	7,2	0,97
	50,0	18,9	46,7	47,4	1,15	8,2	7,4	0,96
	75,0	16,0	44,7	46,5	1,25	8,8	7,9	0,95
	100,0	14,5	43,3	45,7	1,34	9,1	8,2	0,93
	150,0	13,5	42,0	44,5	1,48	9,2	8,5	0,91
	200,0	12,8	40,9	43,6	1,60	9,3	8,7	0,90
	250,0	12,0	39,8	42,8	1,67	9,4	8,9	0,89
San Juan (sur)	0,0	21,0	47,8	47,8	0,92	7,7	7,7	1,02
	12,5	21,0	47,7	47,8	0,98	7,7	7,7	1,01
	25,0	19,5	47,2	47,5	1,03	8,0	7,9	0,99
	37,5	18,6	46,7	47,2	1,09	8,2	8,0	0,98
	50,0	18,0	46,3	47,0	1,14	8,4	8,1	0,97
	75,0	15,0	43,9	45,9	1,23	9,0	8,4	0,96
	100,0	14,0	42,8	45,1	1,31	9,2	8,6	0,95
	150,0	12,8	41,2	43,8	1,43	9,4	8,9	0,93
	200,0	12,3	40,4	43,0	1,52	9,4	9,0	0,92
	250,0	11,6	39,3	42,2	1,57	9,5	9,1	0,91
Todos (promedio)	0,0	25,1	47,2	47,2	0,93	6,8	6,8	1,03
	12,5	25,0	47,2	47,2	0,98	6,9	6,8	1,01
	25,0	23,3	47,3	47,2	1,03	7,2	7,0	0,99
	37,5	21,7	47,2	47,2	1,09	7,5	7,2	0,98
	50,0	20,3	46,9	47,1	1,14	7,8	7,4	0,96
	75,0	16,3	44,9	46,4	1,25	8,7	7,8	0,94
	100,0	14,8	43,5	45,7	1,34	9,0	8,1	0,93
	150,0	13,6	42,0	44,5	1,48	9,2	8,5	0,91
	200,0	12,9	41,0	43,6	1,60	9,3	8,7	0,90
	250,0	12,1	39,9	42,9	1,68	9,4	8,8	0,88

Identificación de cardúmenes

Muchos tipos diferentes de ecotrazos de peces han sido vistos en los ecogramas. Para cada uno, el valor Sa_i se determina por medio de los datos impresos, restándoles el nivel de ruido ambiental o de fondo (debido al plancton, etc.) a partir del Sa total, si es necesario. El ruido puede estimarse determinando el Sa de áreas donde no se ha apreciado la presencia de peces. Alternativamente, para cardúmenes bien definidos, la línea de eointegración mostrada también en los ecogramas impresos da más información sobre el tipo de blancos detectados. En ese caso, un "salto" en la línea de eointegración sobre la posición del cardumen determina el Sa de éste.

El primer paso está en decidir, para cada ecotrazo, si pertenece a una misma especie o a una mezcla de ellas. Esto se determina generalmente en base de la experiencia de los operadores encargados de la discriminación e identificación, tomando en cuenta los resultados de los lances y estaciones efectuadas en las cercanías. En el caso de cardúmenes mono-específicos, el siguiente paso consiste en identificar las especies. Esto se determina en base a la profundidad del cardumen, la forma del ecotrazo, la ubicación geográfica y la densidad acústica. Además, la comparación de la ecogramas a 38 y 120 kHz puede proveer información útil adicional.

Se considera que el procedimiento usado para identificar cardúmenes mono-específicos de peces no es una fuente importante de error en las evaluaciones peruanas.

Partición de los ecotrazos

En el caso de ecotrazos que pertenecen a agregaciones mixtas, la composición de especies no puede decidirse sólo desde los datos acústicos. Es necesario tomar en cuenta la composición (especies y su tamaño) de los lances cercanos. El método actualmente usado en el Perú es el siguiente: para cada agregación, el valor total de Sa se divide entre las especies capturadas según la proporción de pesos (captura) obtenidos en el lance más cercano; para cada especie, la distribución de tamaños (el número por intervalo de clase) se asume sea representativa de toda la agregación.

Este método no es del todo correcto. Para un pez de longitud L , la sección transversal acústica s es proporcional a L^2 . Por otra parte, el peso es aproximadamente proporcional a L^3 . Así, el peso no es la

base correcta para asignar las proporciones por especies. Además, es necesario tomar cuenta las diferencias en TS entre especies de la misma longitud.

El método correcto es como se indica a continuación: Suponga que el lance produce N_{ij} de peces de especie i en el intervalo de longitud L_i . La ecuación de TS para cada especie i es (desde el punto de vista de la sección transversal acústica) $\sigma = A_i L_i^2$. Entonces la contribución de la especie i al total Sa_T es proporcional a:

$$p_i = A_i \sum (N_{ij} L_i^2)$$

donde la suma comprende a todas las clases; el Sa para cada especies es:

$$Sa_i = Sa_T (p_i / \sum p)$$

El error introducido por el método basado en el peso depende de la proporción existente entre las diferentes especies y sus longitudes promedio. Los cálculos indican que para la evaluación actual, el error, en el peor de los casos (lo cual ocurre cuando existen proporciones iguales entre especies diferentes), es menor a 10%. Este porcentaje no es importante si lo comparamos con los límites de confianza de la estimación actual de biomasa. No obstante, se sugiere que el procedimiento correcto para el cálculo de las proporciones de especies debería ser adoptado en futuros estudios.

Fuerza de blanco (TS) de los peces

La fuerza de blanco (TS) de los peces observados debe ser conocida de manera de poder convertir la eointegración producida en estimación de densidad de peces. Para cada especie, la sección transversal acústica media $\langle \sigma \rangle$ se calcula a partir de los datos de la frecuencia de longitudes de los lances empleando la llamada «función TS» que tiene como variable independiente a la longitud L :

$$TS = 20 \text{ Log}_{10} (L) + b_{20}$$

donde TS se expresa en dB, la longitud media del pez L en cm. La constante b_{20} depende de la capacidad reflectiva de cada especie y de la frecuencia sonora utilizada. El método para calcular $\langle \sigma \rangle$ está descrito en la pag. 245 de la referencia (MACLENNAN y SIMMONDS 1992).

Durante experimentos conducidos con anchovetas vivas en jaula en el mes de noviembre de 1997, el valor de b_{20} a 120 kHz fue estimado en $-77,5$ dB, el cual ha sido empleado en el análisis del crucero motivo del presente informe. No fue posible obtener un buen resultado para 38 kHz debido al fuerte eco proveniente de los aros metálicos de la jaula (MACLENNAN, 1996).

Hay un error incierto en los estimados de TS que podría ser grande. Es esencial fomentar las investigaciones y experimentos relativos a la Fuerza de Blanco, tanto para anchoveta como para otras especies de interés.

Sin embargo, el problema del TS verdadero no afecta el índice acústico que es, esencialmente, un cambio proporcional en los stocks desde una evaluación a otra. Si se emplean las mismas relaciones de TS en todas las evaluaciones, el porcentaje de aumento o disminución en los stocks estará indicado correctamente.

Límites de confianza

La precisión de la estimación de biomasa se obtiene, para cada especie, a partir de las sucesiones en la densidad de peces a lo largo de cada uno de los intervalos de una milla y tomando en cuenta el área cubierta por el muestreo. Los detalles de las fórmulas usadas para este fin se dan en las referencias (CASTILLO *et al.* 1997, SIMMONDS *et al.* 1992).

Con tal que los muestreos individuales sean independientes, lo que significa que no hay correlación consecutiva en la secuencia, los límites de confianza describen correctamente la precisión estadística de la evaluación. Sin embargo, la suposición de independencia estadística debería probarse. Si la correlación consecutiva es importante, entonces los promedios de los muestreos sobre intervalos más largos (más de 1 milla) pueden proveer un conjunto de datos con la independencia necesaria.

En el caso de anchoveta, los límites de confianza de la estimación de biomasa son de alrededor de 30%. Este es el mayor valor consignado considerando los últimos cruceros en donde los límites han sido típicamente de alrededor de 25%. La menor precisión de este caso era de esperarse desde que existe ahora una proporción menor de anchoveta en relación con las otras especies. Además, la distribución en núcleos mostrada por la anchoveta es otro factor que tiende a aumentar la varianza. Dentro de las limitaciones del tiempo disponible y del área que

debe cubrirse durante la evaluación, no es probable que cualquier otro diseño de grilla que pudiera haber sido utilizado permitiera obtener límites menores que los que han sido calculados. Por lo tanto, no se sugiere ningún cambio en la manera de conducir las evaluaciones. Por supuesto, se anticipa que en el futuro la anchoveta deberá volver a la distribución generalizada y uniforme del pasado, de manera que los métodos actuales nuevamente sean capaces de obtener una precisión más alta.

Se debe hacer notar que los límites de confianza sólo describen el error estadístico debido al hecho de que sólo una parte del stock es muestreada (aquellos ubicados entre los transectos, por ejemplo, no son detectados). Por supuesto, hay otras fuentes de error que afectan la estimación de biomasa, en particular la Fuerza de Blanco como se mencionó antes.

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

En general, las evaluaciones acústicas hechas en aguas costeras peruanas están siendo conducidas por IMARPE con equipo moderno y bajo adecuadas técnicas según la mejor práctica internacional en este campo. Algunos problemas se han identificado en este informe y algunos cambios deberían hacerse para mejorar la metodología de acuerdo a lo mencionado en las recomendaciones.

En lo que concierne a la estimación más reciente de la biomasa de anchoveta, no se considera que los cambios propuestos provocarían una enmienda importante en la estimación. Es importante, no obstante, introducir los procedimientos correctos de manera de evitar problemas en futuras evaluaciones para cuando las condiciones inusitadas ocasionadas por el reciente fuerte fenómeno El Niño hayan vuelto a la normalidad.

Queda todavía mucha incertidumbre sobre la Fuerza de Blanco de las especies principales a 38 y 120 kHz. Una investigación adicional sobre este tema es necesaria para determinar las funciones apropiadas de TS de manera de evitar sesgos en las biomasa estimadas. Esta labor debería incluir experimentos adicionales con peces vivos en una jaula y medidas *in situ* de TS , lo cual puede hacerse usando los transductores split-beam conectados al econtegrador EK500. Sin embargo, se reconoce que hay problemas con el método *in situ* debido a la imperfección de los algoritmos para detectar blancos aislados. Esto significa que el método *in situ* es más apropiado en el caso de

peces grandes tales como el jurel. Para los peces de talla menor que se encuentran en cardúmenes densos, en particular la anchoveta, las experimentaciones con los peces en jaulas son más adecuados para producir resultados útiles. Antes de ello, sin embargo, es necesario mejorar el diseño de la jaula de peces de manera de reducir el eco provocado por la red y el material de los aros (MACLENNAN 1996).

La transferencia de datos acústicos es hecha actualmente en forma manual con el propósito de copiar a una hoja de cálculo, por capas, las mediciones de *Sa* consignadas en los ecogramas. Esto no permite post-procesamientos tales como la selección de nuevas capas para la zona donde se encuentran los cardúmenes. Una Workstation (estación de trabajo) que utilice el sistema Unix puede ser usada para este fin. La ventaja principal de las estaciones de trabajo es que ellas permiten el archivado automático de los registros acústicos originales sobre cinta magnética u otros medios. Sin embargo, IMARPE actualmente tiene poca experiencia en Workstations, por lo que un programa de entrenamiento extensivo en esta tecnología es necesaria. Es de hacer notar que un curso de capacitación en el Perú viene siendo planificado para el futuro cercano, pero, además, sería muy beneficioso si IMARPE programa visitas a otras instituciones donde las Workstations vienen siendo empleadas en torno a evaluaciones acústicas.

En la actualidad, el personal del IMARPE tiene limitadas oportunidades para establecer contactos con profesionales y científicos pesqueros de otras regiones. En el caso de evaluaciones acústicas, hay conferencias regulares especialmente en Europa las cuales promocionan tales contactos, particularmente las organizadas el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES). Se sugiere que la ocasional asistencia a tales conferencias servirían para dos propósitos: primeramente para atraer la atención internacional sobre las actividades de investigación del IMARPE, y, en segundo lugar, para promover la aplicación de investigaciones hechas en otras regiones a los problemas actuales de las pesquerías en el Perú.

Es importante mantener un programa continuo de investigación y el intercambio internacional de información acerca de las técnicas de evaluación acústica. Esto es necesario para comprender mejor las fuentes de error y para asegurar la estimación confiable de biomasa y que ésta pueda ser usada para una mejor gestión de las pesquerías económicamente importantes en el Perú.

RECOMENDACIONES

1. Las calibraciones deberían ser desarrolladas por lo menos dos veces y preferentemente en número de tres durante un crucero largo.

2. Antes de comenzar la próxima evaluación, deberán seleccionarse la absorción y velocidad adecuadas en los sistemas EK500 del Humboldt y del nuevo buque José Olaya Balandra de acuerdo a los valores dados en la Sección Calibración.

3. Debería hacerse un estudio detallado de los datos oceanográficos para determinar los valores nominales más apropiados para los coeficientes de absorción y velocidad.

4. El método correcto para calcular la partición correcta de los valores de *Sa* por especies, consiste en dividir los resultados de los lances de pesca tal como se detalla en la Sección respectiva, lo cual debe ser adoptado en futuras evaluaciones.

5. Deberían hacerse experimentaciones adicionales para investigar la Fuerza de Blanco de la anchoveta y otras especies importantes.

6. Para el cálculo de límites de confianza, debe ser probada la suposición de independencia estadística en los muestreos sobre intervalos de una milla. Si la correlación consecutiva es importante, deberían usarse entonces los promedios de los muestreos sobre intervalos más largos (más de 1 milla) para proveer un conjunto de datos con la independencia necesaria.

7. IMARPE debería emprender un programa de estudios y visitas a otras instituciones donde se cuente con Workstations del sistema Unix empleadas en evaluaciones acústicas.

8. Personal de IMARPE debería asistir ocasionalmente a conferencias de especialistas en evaluación acústica, tales como aquéllas organizadas regularmente por el Consejo Internacional para la Exploración del Mar (ICES).

Referencias

- FOOTE K.G., H. P. KNUDSEN, G. VESTNES, D. N. MACLENNAN y E. J. SIMMONDS . 1987. Calibration of acoustic instruments for fish density estimation: A practical guide. ICES Cooperative Research Report No. 144, 57pp.
- SIMMONDS E.J., N. J. WILLIAMSON, F. GERLOTTO y A. AGLÉN. 1992. Acoustic survey design and analysis procedure: A comprehensive review of current practice. ICES Cooperative Research Report No. 187, 127 pp.
- MACLENNAN D.N. 1996. Informe sobre una visita al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) 5-14 octubre 1996. VECEP, Av. San Borja Sur, Lima

- MACLENNAN D.N. 1997. Informe sobre una visita al Instituto del Mar del Perú (IMARPE) 15 octubre - 14 noviembre 1997. VECEP. Av. San Borja Sur, Lima
- MACKENZIE K.V. 1981. Nine-term equation for sound speed in the oceans. *Journal of the Acoustical Society of America*. 70. 807-12.
- FRANCOIS R.E. y G. R. GARRISON. 1982. Sound absorption based on ocean measurements. Part II: Boric acid contribution and equation for total absorption. *Journal of the Acoustical Society of America*. 72. 1879-90.
- MACLENNAN, D.N. y E. J. SIMMONDS. 1992. *Fisheries Acoustics*. Chapman & Hall, London.
- MACLENNAN D., M. GUTIÉRREZ, R. CASTILLO, F. GANOZA, A. ALIAGA, L. ESCUDERO, A. GONZÁLEZ y X. CHALEN. Fuerza de blanco de anchoveta (*Engraulis ringens*) utilizando frecuencias de 38 y 120 kHz. *Inf. Inst. Mar Perú* 133: 15-25.
- CASTILLO R., F. GANOZA, A. ALIAGA, M. GUTIERREZ y R. GUEVARRA-CARRASCO. 1997. Distribución, concentración y biomasa de la merluza peruana en otoño 1997 con el método hidroacústico. Crucero BIC Humboldt 9705-06. *Inf. Inst. Mar Perú* 128: 12-24.

Anexo 1

Notas sobre el estado actual de los stocks de anchoveta en el Perú

El fenómeno El Niño 1997-98 ha sido particularmente fuerte. Este fenómeno cíclico altera el sistema de las corrientes marinas y los procesos de afloramiento. Durante El Niño las aguas aparecen más cálidas que lo usual, incluso cerca a la costa. La anomalía ha sido fuerte en todo el litoral peruano durante el verano (enero a marzo); ahora (mayo) es todavía fuerte en el norte del Perú, pero es débil o ausente en el sur.

La anchoveta (*Engraulis ringens*) tiende a concentrarse, bajo condiciones normales, en aguas dentro de una gama limitada de temperatura (15° C a 19 °C). Así, El Niño tiene consecuencias importantes para esta especie, la cual sufre cambios en su distribución, reproducción y biomasa.

Existen dos stocks separados en la zona costera del mar peruano: uno en la región norte-centro y otro en el sur. El límite geográfico entre ellos es, bajo condiciones normales, el paralelo 16 de latitud sur, zona en la cual es usual observar una baja densidad del recurso y que constituye, en realidad, la zona de separación entre ambos stocks. El stock del sur se extiende a través de la frontera con Chile; de hecho, la parte mayor del stock está en aguas chilenas. Estos stocks, aun cuando pertenecen a la misma especie, tienen en cambio diferencias notables en su estructura poblacional, especialmente en lo que se refiere a las tallas.

Las evaluaciones acústicas recientes conducidas por IMARPE han mostrado una declinación de la biomasa de anchoveta desde 10 millones en abril de 1997 a 3,78 millones de toneladas en abril 1998. La anchoveta, como recurso, se encuentra ahora distribuida más al sur, en profundidades algo mayores a lo normal y en parches pequeños en comparación con la distribución observada antes de El Niño. El movimiento hacia el sur del stock norte-centro ha resultado en una fusión de los dos stocks. Hay muy poca anchoveta entre los 8 y los 14° S y no existe una zona de separación en la distribución. Además, la longitud modal en el norte-centro se ha reducido. Es ahora alrededor de 12,5 cm, el cual es un valor muy parecido al del stock sur. Antes de El

Niño, la longitud modal del stock norte-centro era típicamente 16 cm.

Estas circunstancias ocasionan dificultades obvias para la gestión independiente de las pesquerías. Normalmente se dan cuotas separadas de captura para las dos regiones, las cuales cubren el año biológico que va del mes de octubre al mes de septiembre del año siguiente. Actualmente las cuotas para las regiones norte-centro y sur son 1,5 y 0,3 millones de toneladas, respectivamente. Otro método de control es la clausura temporal de la pesquería. En el norte, la pesquería se cierra normalmente dos veces al año durante los períodos de desove intenso; estos períodos de clausura pueden cambiar de año a año, pero ellos son típicamente de febrero a abril y de julio a septiembre. Las tales clausuras no se aplican a la pesquería del sur debido a la complicación que significa un stock compartido con Chile. De otro lado, cuando una proporción considerable de pre-reclutas se encuentra en las capturas, se ordenan cortas clausuras sólo en los puertos donde se aprecia esta característica.

En la actualidad (mayo de 1998), la pesquería en la región norte-centro está cerrada desde enero. Hasta entonces, sólo 0,8 de las 1,5 millones de toneladas de cuota habían sido capturadas. Las autoridades deben decidir bajo qué condiciones la pesquería debe reabrirse. Los resultados de recientes cruceros, y la evaluación científica del estado de los stocks realizada por IMARPE, debería proveer la información esencial para tomar las medidas apropiadas para la gestión de la pesca.

Al momento de redactar el presente informe, las autoridades han decidido la reapertura de la pesquería el día 11 mayo. La cuota para anchoveta será 600 mil toneladas, la cual se aplicará a la pesquería peruana entera. Bajo esta nueva modalidad no habrán cuotas separadas para los stocks en las regiones del norte-centro y sur, ya que se reconoce que éstos se encuentran mezclados y, por lo tanto, deben ser administrados como una sola unidad.

Anexo 2

Actividades durante la visita al Perú en mayo de 1998

Fecha	Actividad
1 de mayo	Viaje de Escocia a Perú
2	“ Reuniones con Directores del IMARPE
3	“ Viaje de Lima a Mollendo (Matarani)
4	“ Embarque en el BIC «Humboldt» en Matarani
4-7	“ A bordo del «Humboldt» (crucero 9803-05). Análisis de datos
7	“ Reunión con el Almirante Luis Giampietri, Presidente del Consejo Directivo; con el Dr. Godofredo Cañote, Director Ejecutivo; y con el Dr. Marco Espino, Director Científico.
10	“ Visita al nuevo buque de investigación «José Olaya Balandra»
11-14	“ Trabajos en la sede central de IMARPE, Callao
15	“ Salida desde Lima (a Bogotá)