

Evaluación de la sonda ultrasónica EY-500 de Simrad para el control de explotaciones de dorada *Sparus auratus* Linnaeus, 1758

V. Espinosa, J. Ramis y J. Alba

Departamento de Física Aplicada. Escuela Politécnica Superior de Gandía. Universidad Politécnica de Valencia. Ctra. Nazaret-Oliva, s/n. E-46730 Gandía (Valencia), España. Correo electrónico: vespinos@fis.upv.es

Recibido en julio de 2001. Aceptado en febrero de 2002.

RESUMEN

En este trabajo se evalúa la aplicación en acuicultura marina de la sonda ultrasónica EY-500 de Simrad, particularmente en el control de poblaciones de dorada *Sparus auratus* Linnaeus, 1758. Como primera aproximación al problema se estudia la idoneidad de las características físicas de la sonda (tipo de transductor, rango de frecuencias, etc.), así como de los programas de procesamiento para la caracterización de biomasa que la acompañan.

Se han realizado medidas ultrasónicas antes de la extracción de los peces, contándose con datos precisos de la biomasa total y de la dispersión de tamaños y pesos. Los resultados de las estimaciones automáticas no son satisfactorios. Sin embargo, a partir del análisis posterior de los datos registrados, se evidencia la posibilidad de mejora de los algoritmos de estimación así como del entorno del programa de control. Asimismo, se sugiere la realización de nueva experimentación variando la frecuencia de operación del transductor y su directividad.

Palabras clave: Ecosonda, estimación de biomasa, jaulas flotantes, peces.

ABSTRACT

Evaluation of the Simrad EY-500 echosounder for the population control of gilthead seabream Sparus auratus Linnaeus, 1758 cages.

The use of the Simrad EY-500 echosounder in the field of marine aquaculture, particularly in the control of gilthead seabream Sparus auratus Linnaeus, 1758 populations, is evaluated. As a first approach to the problem, the suitability of the echosounder's physical properties (transducer type, operation frequency) and its associated data processing software are examined.

Keywords: Echosounder, biomass estimation, floating cages, fish.

INTRODUCCIÓN

El conocimiento de la biomasa de peces existente en una jaula flotante es fundamental, tanto por su importancia en el cálculo de la alimentación diaria como en la estimación de la producción obtenida.

Por ello se llevan a cabo costosos muestreos mensuales o bimensuales sometidos a cierto nivel de error. Una forma de obviar los problemas de dichos muestreos es utilizar métodos acústicos en los que un sónar extrae información sobre el número y el tamaño de objetos sumergidos mediante la ge-

neración de una señal acústica y el análisis posterior de los ecos recibidos.

Desde los comienzos de la aplicación de las técnicas acústicas para la estimación de biomasa de peces, un gran número de científicos ha venido llevando a cabo investigaciones sobre las propiedades acústicas de los mismos. En relación con las estimaciones, hay que considerar (MacLennan y Simmonds, 1991):

1) La potencia del blanco (TS, *target strength*): la intensidad relativa de sonido reflejada por un pez hacia la fuente depende del "aspecto" del pez, esto es, su orientación relativa respecto de la fuente, su tamaño y las dimensiones de su vejiga natatoria, en relación con la longitud de onda de la señal sonora.

2) Que para una especie y una longitud de onda dadas, existe una relación entre TS y el tamaño del pez: cuanto más grande es el pez, mayor es su TS.

Se ha acumulado una gran cantidad de datos sobre experimentos de medición de TS tanto de peces reales como de modelos artificiales. Los experimentos con especies de peces con y sin vejiga natatoria han mostrado que ésta refleja alrededor del 85 % de la energía sonora.

Además, los modelos en los que se basan las predicciones deben ser aplicados con cautela en el caso de cardúmenes muy densos (Burczynski, 1982) debido a:

a) Medio no homogéneo. El medio, en el volumen ocupado por un cardumen muy denso, puede ser tratado como una mezcla de agua de mar y cuerpos de peces, mientras que el medio fuera de este volumen consiste en agua de mar solamente.

La atenuación del sonido en el volumen ocupado por peces será mayor que la atenuación en el agua, debido a la absorción adicional de energía sonora por los peces. También se puede producir el fenómeno de la refracción de sonido en el límite entre dos medios.

b) Reflexión secundaria. En cardúmenes muy densos las distancias entre peces individuales son pequeñas y se pueden esperar reflexiones secundarias.

En la actualidad no existen sistemas calibrados para la especie (*Sparus auratus* Linnaeus, 1758) y el entorno objeto del trabajo. Se trata, por tanto, de un tema de gran interés tanto desde el punto de

vista científico como desde el punto de vista del desarrollo industrial del sector de la piscicultura.

MATERIAL Y MÉTODOS

El sistema de sonda ultrasónica utilizado (Simrad EY-500), con el que se pretende estudiar la viabilidad de su aplicación en jaulas marinas, ha sido diseñado para el estudio de bancos de especies pelágicas a profundidades entre 500 y 1 000 m. Sus componentes y características son:

1) Transductor Simrad ES120-7, de tipo compuesto (4 transductores, haz dividido o *split-beam*), de 120 kHz y ancho de haz de $7,1 \times 7,1$ grados.

2) Transceptor (emisor-receptor) que realiza parte del procesado de las señales tales como la integración de ecos.

Ambos componentes, (1) y (2), poseen:

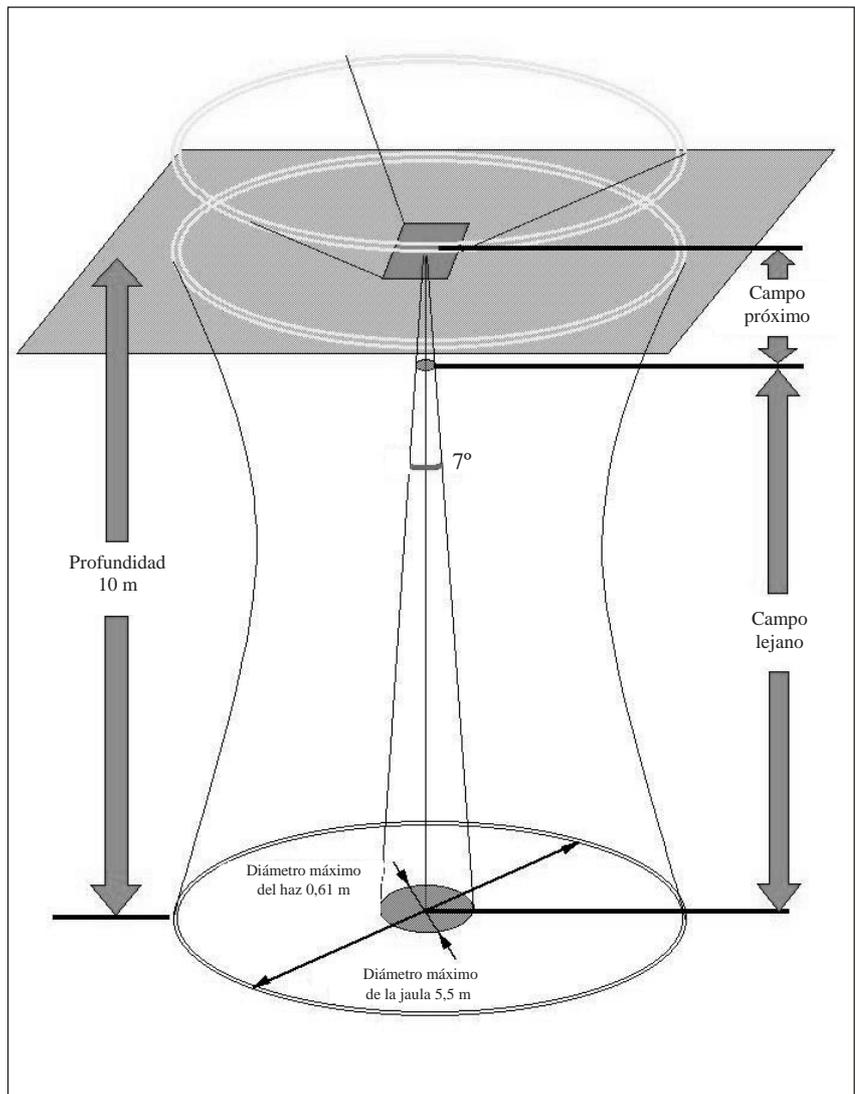
- Potencia de transmisión de 60 W.
- Rango dinámico 160 dB.
- Rango en distancias de 1 a 2 500 m.

3) PC portátil que incorpora los programas de control y de procesado:

- Analizador de TS.
- Localizador de la posición del blanco dentro del haz acústico.
- *Software* asociado:
 - RMX: programa principal de control y configuración. Muestra en pantalla el ecograma detectado y realiza el análisis de TS y posición.
 - EP500: analiza posteriormente los datos registrados en formatos predeterminados, y permite el cálculo de la densidad de biomasa interceptada por el haz.

La figura 1 muestra la disposición experimental utilizada en las medidas, llevadas a cabo en jaulas marinas de producción y de experimentación (16 m y 5,5 m de diámetro), en colaboración con el Departamento de Ciencia Animal de la Universidad Politécnica de Valencia y la empresa Granja Marina Safor (Gramasa). La sonda estaba situada en la superficie del agua en el centro de la jaula, montada en una tabla de madera. El haz acústico apenas alcanza un radio de acción de 0,61 m en el fondo de las jaulas pequeñas (situado a 10 m de profundidad), cubriendo un volumen de aproximadamente 4 m³. El haz muestrea una mínima parte de la jaula, que tiene un volumen mínimo de 80 m³.

Figura 1. Disposición experimental de la ecosonda en las jaulas de experimentación de la Universidad Politécnica de Valencia en Gramasa.



La interconexión entre el transductor y el tranceptor se ha realizado con 20 m de cable apantallado con conector Amphenol de 12 pines (estándar militar). El tranceptor y el PC portátil se comunican a través del puerto paralelo estándar.

Los registros fueron realizados durante la jornada de extracción final de las jaulas, por lo que se dispone, por una parte, de los datos acústicos y, por otra, del recuento, la medida y el peso de los ejemplares extraídos de las jaulas.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las medidas realizadas han permitido obtener ecogramas de la jaula, en los que se representa la intensidad de las reflexiones recibidas por el trans-

ductor (figura 2). Se han detectado algunas trazas individuales, fundamentalmente de peces cercanos a la superficie, siempre por debajo de la distancia mínima de trabajo del transductor (aproximadamente mayor que 1 m). A partir de las trazas la sonda ofrece el valor del TS individual del pez, lo que permite estimar un TS medio de los peces de la jaula. En los ecogramas es además posible visualizar el final de la jaula y el fondo marino.

El análisis del ecograma que ofrece la sonda puede ser estructurado por capas de diferentes profundidades, ofreciendo en principio datos del número de trazas individuales detectadas en cada capa, el valor de TS deducible de cada traza, la densidad de peces en la capa (ρ_v), y el valor del coeficiente volumétrico de dispersión (S_v), que evalúa la energía devuelta al transductor por unidad de volumen del medio en estudio. Este coeficiente se

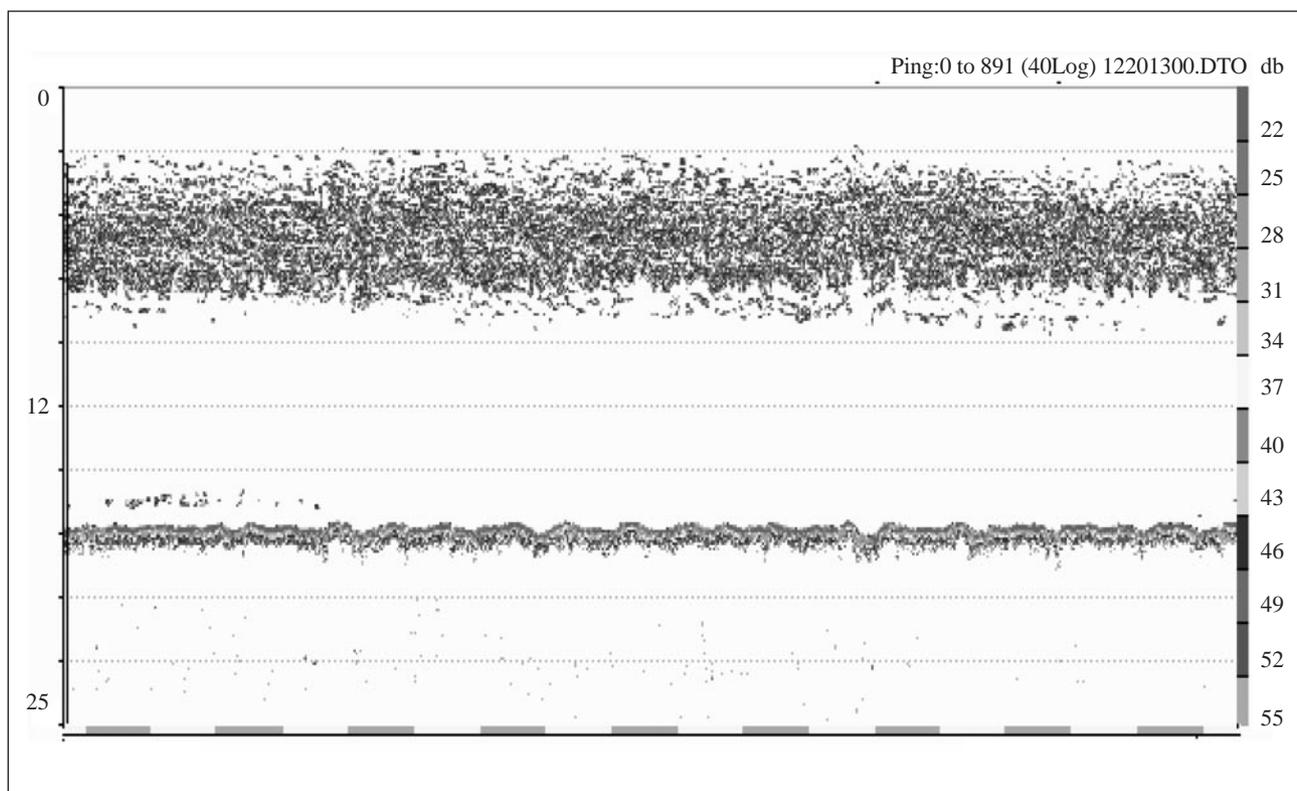


Figura 2. Ecograma típico suministrado por el programa EY500. Se representa el Sv (dB) para cada profundidad en función del tiempo. Cada franja de valores está representada por un tono de gris distinto. Las trazas que se observan corresponden a peces individuales que atraviesan el haz acústico. La traza inferior corresponde al fondo marino.

relaciona con el TS y con ρ_v mediante la relación expresada en dB (Johannesson y Mitson, 1983)

$$S_v = 10 \log (\rho_v) + TS$$

Los resultados que suministra el programa EP500 para las seis jaulas medidas son cualitativamente similares, observándose un coeficiente volumétrico de dispersión medio similar, con discrepancias correlacionables en buena medida con las diferencias de población constatadas (tabla I). Sin embargo, el nivel de aproximación en el cálculo

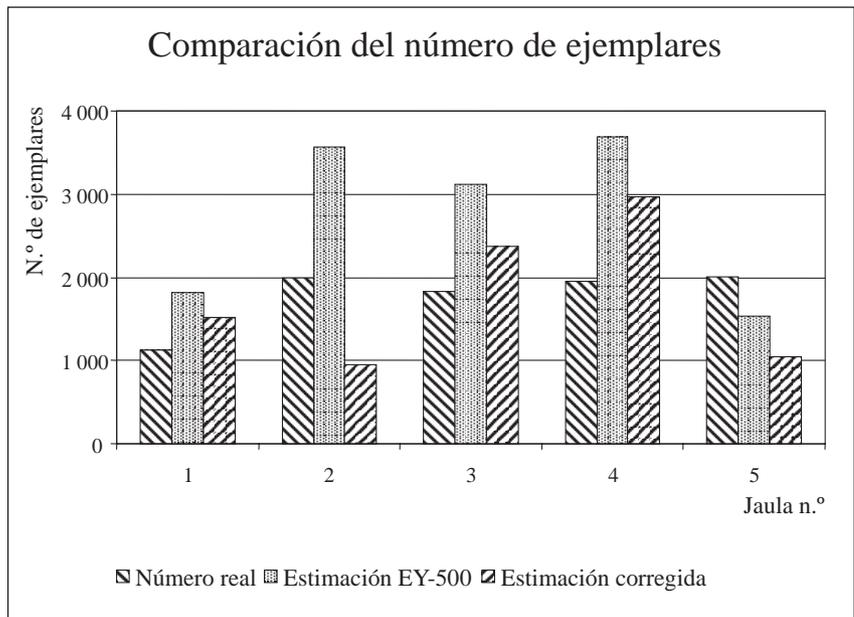
Tabla I. S_v y TS medios obtenidos en la zona de ecos para seis jaulas distintas. Los valores de la biomasa total, el número de peces, su longitud y peso medios fueron obtenidos al extraer las doradas tras las medidas ultrasónicas. (P): peso; (L): longitud; (N.º): número.

Jaula	\bar{P} (g)	\bar{L} (cm)	N.º	\bar{S}_v (dB)	\bar{TS} (dB)
1	174,7	19,7	1 120	-33,1	-43,1
2	189,7	20,9	1 921	-30,8	-46,6
3	179,3	21,6	1 991	-30,2	-44,0
4	199,8	20,7	1 837	-31,2	-44,4
5	178,3	20,2	1 946	-30,0	-44,3
6	182,9	21,4	2 006	-30,7	-40,8

de la densidad de peces es dispar, con errores que oscilan desde el 10 % al 50 %, mayoritariamente por exceso. Este cálculo está relacionado con el número de trazas obtenido en cada capa y, generalmente, debido a la alta concentración de peces, las trazas se detectan únicamente en las capas superiores. Este factor también debe tenerse en cuenta al analizar los resultados del coeficiente volumétrico de dispersión, que decrece en zonas próximas al transductor por el efecto del campo próximo y con la profundidad. La figura 3 muestra la desviación del número de ejemplares estimado por la sonda para toda la columna de agua, desde el principio del campo lejano hasta el fondo de la jaula, y la corrección posterior establecida al calcular la densidad de peces únicamente en la zona de mayor densidad de ecos, aplicada al volumen ocupado por esos ecos. Se advierte una mejora de la predicción pero el error cometido lo es tanto por exceso como por defecto en función de la jaula estudiada.

En conclusión, la actual configuración de la sonda EY-500 no puede utilizarse de manera inmediata para la caracterización de cardúmenes tan den-

Figura 3. Desviación de los valores estimados para el número de doradas en las seis jaulas de estudio respecto al recuento final.



tos y próximos al transductor. Deben desarrollarse las siguientes líneas de trabajo:

- En relación con el transductor: uso de un transductor de menor directividad.

- En relación con el transceptor y el procesamiento de los datos: mejora de la determinación del TS a partir de trazas individuales próximas a la superficie, inclusión de la atenuación por la concentración de peces en el control de la ganancia dependiente del tiempo.

- En relación con el *software* asociado: integración del programa principal y de análisis de los datos para el procesamiento en tiempo real y mejora del entorno de usuario.

- En relación con la estimación de tamaños: deducción de una relación específica entre el TS y la longitud de la dorada.

BIBLIOGRAFÍA

- Burczynski, J. 1982. Introducción al uso de sistemas sonar para la estimación de la biomasa de peces. *FAO Doc. Téc. Pesca* 191, Rev.1: 74 pp.
- Johannesson, K. A. y R. B. Mitson, 1983. Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. *FAO Fish. Tech. Pap.* 240: 249 pp.
- MacLennan, D. V. y E. J. Simmonds. 1991. *Fisheries acoustics*. Chapman & Hall. Londres: 325 pp.