

MEDIDA DEL TARGET STRENGTH DORSAL Y VENTRAL DE LA DORADA (*SPARUS AURATA*) EN JAULAS MARINAS, EMPLEANDO MÉTODOS DIRECTOS E INDIRECTOS

PACS: 43.30-GV

Alejandro Cebrecos, Ester Soliveres, Marek Moszynski y Víctor Espinosa
Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de Zonas Costeras (IGIC)
Universidad Politécnica de Valencia
c/ Paranimf, 1
46730 Grau de Gandia, Valencia
Telf. 96 284 93 68
Fax 96 284 93 37
[alcebrui](mailto:alcebrui@upv.es), [essogon](mailto:essogon@upv.es), vespinos@upv.es, marmo@eti.pg.gda.pl

ABSTRACT

The aim of this study is to establish a relationship between target strength (TS) and total body length of gilthead sea-bream (*Sparus aurata*) in sea cages. Gilt-head sea-bream is the species of most economic interest in the Mediterranean Sea aquaculture. Five classes of commercial size gilt-head sea-bream are characterized from 20 to 25 cm. A few specimens are introduced into a 3 m in diameter and 2.7 m in height sea cage, and monitored using a Simrad EK60 split-beam echosounder working at 200 kHz. Measurements are made with one transducer located in the centre of the cage, at the bottom facing upwards for ventral measurements and on the surface facing down to perform dorsal measurements. We perform two analysis, one takes into account all data and in the other we omit the phase information

RESUMEN

El objetivo de este estudio es establecer una relación entre el target strength (TS) y la longitud total de la dorada (*Sparus aurata*) en jaulas marinas. La dorada es una de las especies de mayor interés económico en la acuicultura mediterránea. Se caracterizan 5 clases de tamaños comerciales de dorada desde 20 hasta 25 cm. Se introducen unos pocos ejemplares en una jaula de 3 m de diámetro y 2.7 de alto, que se monitorizan con una ecosonda split-beam EK60 de Simrad trabajando a 200 kHz. Las medidas se realizan con un transductor localizado en el centro de la jaula, en el fondo hacia arriba para las medidas ventrales y en la superficie hacia abajo para las medidas dorsales. Se realizan dos análisis, en uno se tienen en cuenta todos los datos y en otro se omite la información de fase.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años la acuicultura marina ha aumentado considerablemente debido a la escasez de recursos pesqueros. Según la FAO, una extracción mundial superior a 10 millones de toneladas al año podría causar cambios ecológicos irreversibles en los recursos marinos. En España, el tercer productor piscícola de la Unión Europea, este aumento se debe fundamentalmente al cultivo de la dorada (*Sparus aurata*) y la lubina (*Dicentrarchus labrax*), que supone el 95 % de la producción piscícola total [1]. La dorada es una de las especies más interesantes para su cultivo en la cuenca mediterránea. Se cultiva mediante un sistema de jaulas flotantes y su producción queda limitada a zonas de aguas templadas.

La estimación de la tasa de crecimiento y la biomasa de peces son esenciales en la preparación del plan de producción de granjas de peces, así como en tareas de gestión tales como la clasificación y distribución de los peces, la descarga de nuevos lotes, cálculo de las tasas de alimentación diaria, etc. Es necesario optimizar estos procesos de producción, no sólo para mejorar la rentabilidad económica, sino también para minimizar el impacto ecológico de las explotaciones. Entre estos procesos cabe destacar la estrategia de alimentación, el seguimiento del crecimiento y la vigilancia de la población. La alimentación diaria se estima en función de la biomasa presente en la jaula y de diversos factores como son el tamaño medio de los peces, la estación del año, la temperatura del agua, etc. Por tanto, el tamaño y la estimación del número de peces en el interior de cada jaula son datos cruciales para una gestión adecuada de la explotación.

Se han realizado numerosas campañas de medidas del TS en aplicaciones de pesquerías, principalmente del aspecto dorsal del TS medido *in situ* [7,8]. En [10] se resumen los resultados obtenidos en la relación entre el TS y la longitud del pez para varias especies de peces, mayormente especies que presentan vejiga natatoria. Sin embargo, en jaulas marinas se ha realizado un reducido número de estudios, principalmente con caballa y arenque [4], más recientemente, se ha estudiado el TS del salmón medido tanto dorsal como ventralmente [8]. Es importante medir el TS en el interior de una jaula debido a varios motivos: por un lado el comportamiento del pez varía al enjaularlo, lo que condiciona sus propiedades acústicas, y por otro lado las medidas realizadas en jaulas marinas presentan algunas complicaciones, puesto que los peces se encuentran cerca del transductor. La orientación y el comportamiento de los peces, así como el volumen de la vejiga natatoria, influyen en los valores de TS resultantes, con variaciones que pueden llegar a más de 10 dB. A pesar de estas variaciones, resulta posible distinguir acústicamente varias clases de peces de diferentes tamaños, siempre que se registre un elevado número de detecciones individuales [13]. En las medidas realizadas en jaulas se ha de tener en cuenta que el campo cercano de un pez puede alcanzar varias decenas de metros, lo que podría causar la dependencia del TS con la distancia y por tanto las medidas de TS en jaulas podrían no ser válidas. A cortas distancias los peces no actúan como fuente puntual, por lo que será necesario estimar la función TVG apropiada para estimar correctamente el valor del TS [3,11]. Además a cortas distancias existe una variabilidad considerable en la estimación de la posición del pez dentro del haz, lo que introducirá un nuevo error en la estimación del TS [3].

Muchas especies de peces, incluidos el besugo, dorada, lubina, atún, salmón y arenque, entre otros, cuentan con vejiga natatoria. Este órgano, situado por debajo de la columna vertebral del pez, es responsable de la mayor parte de la energía reflejada por los peces [5,6,9]. Por lo tanto, la realización de medidas ventrales en jaulas marinas es muy recomendable, ya que es probable que se obtenga mejor correlación entre el TS y la longitud del pez que la obtenida para el caso dorsal. En las medidas ventrales probablemente no se producirá el efecto de apantallamiento de la vejiga natatoria por estructuras duras del pez (espina dorsal).

Aunque se han desarrollado diferentes técnicas para el control de granjas marinas, el alto precio de los equipos comerciales hace difícil su instalación permanente en las jaulas. Puesto que las ecosondas single-beam son el sistema más económico entre las ecosondas científicas existentes, este tipo de ecosonda puede ser una opción conveniente para su instalación de piscifactorías. Para confirmarlo, es necesario verificar la viabilidad del control del crecimiento, abundancia y alimentación de peces en jaulas marinas empleando este tipo de sistema.

El objetivo de este trabajo es hallar la relación entre el TS y la longitud total de la dorada en jaulas marinas, donde los ejemplares se encuentran muy próximos al transductor. Se pretende evaluar la relación obtenida a partir los datos que proporciona el transductor split-beam y contrastarla con la obtenida en caso de omitir la información de fase, es decir, tratando los datos como si se hubieran realizado con una ecosonda single-beam. El conocimiento de esta relación es muy relevante para la gestión de piscifactorías mediante el uso de técnicas acústicas. Además se pretende comprobar el correcto funcionamiento de una aplicación desarrollada para la lectura y procesado de los datos procedentes de un transductor single-beam, con el fin de lograr un sistema single-beam asequible, capaz de soportar largos periodos de tiempo en una piscifactoría.

Con este trabajo pretendemos continuar con la caracterización de la dorada, que iniciamos con la medida del TS en un tanque reverberante [5,13], y la implementación de una ecosonda single-beam para su uso en jaulas marinas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medidas Experimentales

Se han caracterizado 5 clases de tamaño diferentes de dorada para hallar la relación entre el TS dorsal y ventral de ejemplares individuales de dorada con su tamaño. Tanto las mediciones biométricas como las acústicas tuvieron lugar en julio de 2009.

En primer lugar, se midió la longitud y el peso de los diferentes ejemplares, previamente anestesiados, y se clasificaron en 5 clases de tamaño diferentes comprendidas entre 20 y 25 cm, de forma que la dispersión de longitud dentro de cada clase fuera lo menor posible. En la Tabla 1 se resumen la masa y la longitud total promedio de los especímenes de cada clase, así como el coeficiente de variación de la longitud total y el número de ejemplares en el interior de la jaula. La clasificación por tamaño cubre una gran parte de las tallas comerciales.

Tabla 1. Descripción de cada clase de tamaño de dorada.

| Clase | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
|----------------------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Nº ejemplares | 2 - 4 | 2 - 4 | 2 - 8 | 2 | 2 - 4 |
| Masa (g) | 158.8 | 178.7 | 194.4 | 235.7 | 268.7 |
| Long (cm) | 20.3 | 21.1 | 21.7 | 23.1 | 24.2 |
| CV Long (%) | 0.25 | 0.42 | 0.51 | 0.55 | 0.42 |

A continuación, se midió de forma directa el TS ventral y dorsal de ejemplares individuales. Las medidas se llevaron a cabo en el puerto de Gandía (Valencia). Se introdujo un número reducido de ejemplares de cada una de las clases en una jaula de tamaño reducido (3 m de diámetro y 2.7 m de altura), evitando así el solapamiento de ecos procedentes de múltiples blancos que pudieran falsear las detecciones de ecos procedentes de un blanco individual y sobreestimar el TS medio [12]. Una vez introducidos los peces en la jaula, se les deja un cierto tiempo para que

se habitúen a su nuevo entorno antes de comenzar las mediciones. Unos días antes de realizar las mediciones se dejó de suministrar alimento.

Se emplea una ecosonda EK60 de Simrad con un transductor split beam de 7º, trabajando a 200 kHz y con el máximo del campo cercano próximo a 1 m, para la medida directa del TS. El transductor se monta en el centro de la jaula, en el fondo orientado verticalmente hacia arriba para medir el TS ventral y en superficie orientado hacia abajo para medir el TS dorsal (Fig. 1). La potencia transmitida es de 90 W, la longitud del pulso de 64 μ s y el intervalo entre pings de 20 ms. Durante las mediciones se realiza un seguimiento de la temperatura del agua. Antes de introducir los peces en la jaula y comenzar a medir, se calibra el transductor en su interior empleando una esfera de calibración de cobre de 13.7 mm de diámetro [9].



Fig. 1. Detalle de montaje del transductor en el fondo de la jaula.

Se realizan medidas durante aproximadamente una hora para cada tipo de medida (versal, ventral) y clase de tamaño. Los datos registrados se almacenan en ficheros .raw para su posterior análisis.

Análisis De Los Datos

Los datos se analizan con el programa Sonar 5 Pro versión 5.9.9 [2]. Las distribuciones de TS se basan en el análisis de ecos individuales, ya que no se dispone de suficientes detecciones para realizar un análisis por trazas. En primer lugar, se reduce el ruido o los ecos indeseados presentes en el ecograma empleando el 'target-noise separation'. Seguidamente se analiza por conteo de ecos una capa que abarca desde una distancia de 1 m a partir del transductor hasta 2.35 m. No se analizan distancias más cercanas a 1 m para evitar el efecto del campo cercano del transductor, y superiores a 2.35 m para evitar el eco de superficie o del fondo de la jaula, así como el ruido procedente de burbujas debidas al oleaje, objetos flotantes, etc. Puesto que se dispone de pocas detecciones, en algunos casos ha sido necesario eliminar manualmente el ruido restante para reducir el efecto de inclusión de ecos indeseados en la distribución de TS. Se consideran detecciones de ecos individuales aquellas con un valor superior a -60 dB para las grabaciones ventrales y a -70 dB para las grabaciones dorsales, una longitud de pulso entre 0.8 y 1.8 relativa al ancho del pulso emitido, una compensación de ganancia máxima en una dirección de 6 dB, y una desviación de fase máxima de 0.5.

Los resultados que proporciona Sonar Pro se analizan estadísticamente para obtener el TS medio, en dominio lineal, de cada clase de tamaño. Por último se realiza un ajuste lineal por

mínimos cuadrados para hallar la relación entre el TS medio y el logaritmo de la longitud del pez. Además se ha estudiado la dependencia del TS con la distancia, analizando el valor medio del TS en capas de espesor reducido.

Se realiza un segundo análisis con los mismos datos empleando una aplicación de procesamiento desarrollada en Matlab que se basa en un detector de ecos individuales que trata los datos como si provinieran de una ecosonda single-beam. Para ello, se omite la información angular al realizar la lectura y conversión de los ficheros .raw. En este caso también se realiza el análisis por conteo de ecos pero sin reducción de ruido, por lo que la capa de análisis se reduce de 1 a 2 m para tratar de evitar ecos indeseados. El valor del umbral se fija en -50 dB, la longitud de los ecos admitidos se acota entre 0.8 y 1.8 relativa al ancho de pulso transmitido, y se fija un espaciado mínimo entre ecos igual a la longitud del pulso (4 muestras).

Se emplean dos versiones diferentes de la aplicación de procesamiento. La diferencia entre ambas radica en el orden en el que se aplican dos de los filtros existentes en el detector de ecos individuales, el umbral y el criterio de longitud de eco. Si se aplica el criterio de ecos en primer lugar, de forma similar al funcionamiento del Sonar Pro 5, la señal registrada no se modifica antes de pasar por el detector de ecos individuales y todos los ecos detectados tendrán una longitud acorde a la especificada, pero la aplicación posterior del umbral provoca la obtención de ecos con una longitud inferior a la fijada en el criterio de longitud de ecos. Si se aplica el umbral el primer lugar, como se sugiere en [12], todos los ecos almacenados para el análisis tendrán una longitud acorde a la especificada. Sin embargo, en este caso, la aplicación de un umbral demasiado elevado puede provocar la eliminación de ciertas muestras de ecos de bajo nivel (ecos fuera de eje de máxima radiación del transductor).

Los resultados obtenidos se analizan estadísticamente para la obtención tanto del TS medio sin compensación de fase (TSu). En todos los casos se realiza la conversión al dominio lineal para calcular los valores medios. También se realiza un ajuste lineal por mínimos cuadrados para hallar la relación entre ambos parámetros y el logaritmo de la longitud del pez.

RESULTADOS

Dependencia Del TS Con La Distancia

Los efectos de campo cercano que pueden afectar a la medida del TS han sido ampliamente expuestos en [8], y el menos importante de ellos es el efecto de variación de la presión sobre el volumen de la vejiga natatoria, que puede ser insignificante en comparación con la violación de fuente puntual, la medida en campo cercano de los peces, o el hecho de que no se insonifique totalmente el pez a ciertas distancias.

La Fig. 2 muestra el TS de cada detección y su distancia para las medidas ventrales de la clase 5, correspondiente a los peces de mayor tamaño. Se representa el TS medio de capas de 10 cm. El TS medio por capas tiende al valor medio de todas las detecciones cuando se tiene un elevado número de detecciones en la capa, mientras que se tienen grandes variaciones en aquellas capas con pocas detecciones. No se identifica una variación clara del TS con la distancia.

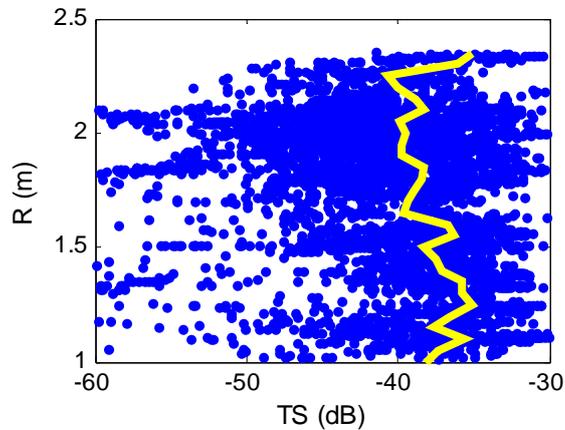


Fig. 2. Valores de TS en función de la distancia (puntos), y TS medio de capas de 10 cm de espesor (línea amarilla) para las medidas ventrales de la clase 5.

Relación Entre El TS Y La Longitud Total

Análisis split-beam

La Fig. 3 muestra la distribución de TS para la clase 1, la de menor tamaño, y clase 4, la segunda de mayor tamaño, a una frecuencia de 200 kHz. Tanto las medidas dorsales como ventrales muestran una distribución del TS unimodal.

Se halla una buena correlación entre el aspecto ventral del TS y el logaritmo de la longitud total de la dorada. Sin embargo, para las medidas dorsales el TS medio fluctúa considerablemente entre clases consecutivas, con una relación no monótona con la longitud (Fig. 4). Además se ha de tener en cuenta que el TS medio para las medidas ventrales es superior que el obtenido para las medidas dorsales.

Tratando de determinar la relación entre el TS ventral y la longitud total de la dorada, se ha notado que todos los análisis realizados a la clase 5 con diferentes parámetros y criterios han mostrado un resultado inferior al esperado. En todos los casos la tendencia general del resto de clases es un incremento lineal del TS con el logaritmo de la longitud total.

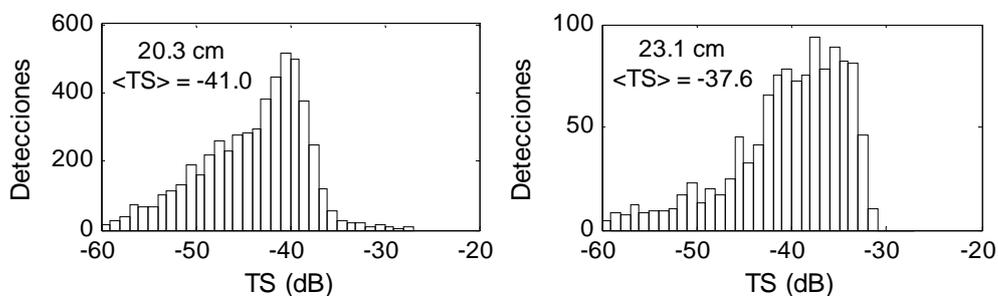


Fig. 3. Distribución del TS ventral para la menor clase (20.3 cm) a la izquierda, y la segunda mayor clase (23.1 cm) a la derecha.

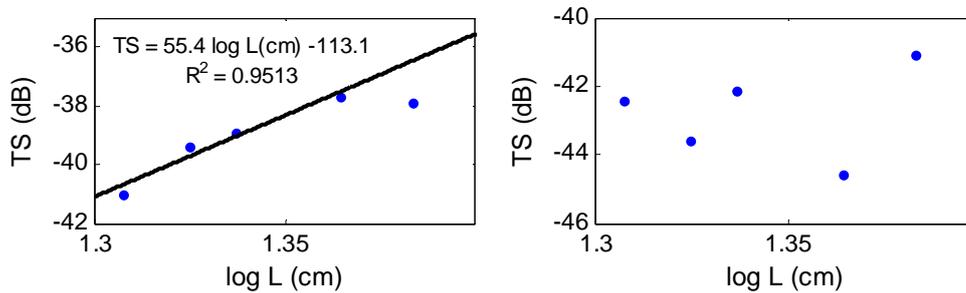


Fig. 4. Relación entre el TS y el logaritmo de la longitud total, en centímetros, de la dorada, tanto para las medidas ventrales (a la izquierda) como para las dorsales (a la derecha).

Se ha observado que el TS medio de la clase 5 se vio afectado por una fuerte dispersión inducida por ecos o ruido de bajo TS y de origen desconocido, no presente los datos del resto de clases. Eliminando manualmente estos ecos del ecograma, el TS medio tiende a aumentar ligeramente. También se ha considerado que esta clase corresponde a los peces de mayor tamaño, y por tanto las consecuencias de compensación del haz, debidas al error de estimación de la posición del pez dentro del haz de tamaño similar al pez, podrían ser mayores. De esta forma se obtendría una subestimación del TS.

Descartando la clase 5, se halla la siguiente relación lineal entre el TS ventral y el logaritmo de la longitud total:

$$TS = 55.4 \cdot \log L(cm) - 113.1 \quad (1)$$

$$r^2 = 0.9513$$

Para este ajuste, se puede observar en la Fig. 4 que la clase 5 parece tener un TS 1.5 dB inferior al esperado.

Al incluir la clase 5 en el ajuste la pendiente se reduce a entorno 30, pero se obtiene un coeficiente de correlación mucho más pobre (cercano a 0.7).

Análisis single-beam

Los resultados obtenidos empleando la aplicación de procesamiento desarrollada, se muestran en la Fig. 5 para las medidas ventrales de la clase 5. En el lado izquierdo se muestra la distribución de TSu obtenida con la versión de la aplicación análoga al Sonar Pro 5, en la que en primer lugar se emplea el criterio de longitud de ecos, y se compara con la obtenida mediante Sonar empleando los mismos parámetros de análisis. En el lado derecho se muestra la distribución obtenida cuando se emplea la versión de la aplicación en la que el umbral se aplica en primer lugar. En el primer caso se obtienen distribuciones análogas en todos los casos estudiados, tanto para las medidas ventrales como para las dorsales. De esta forma se verifica el correcto funcionamiento de esta versión de la aplicación de procesamiento. En el otro caso, cuando se aplica primero el umbral, se obtienen distribuciones unimodales en todos los casos, probablemente debido a la eliminación de detecciones de bajo nivel como resultado del empleo de un umbral elevado.

Se observa una buena correlación entre el TSu y la longitud del pez en el caso ventral cuando se aplica el umbral en primer lugar, obteniendo valores medios del TSu superiores a los que se obtienen con la otra versión de la aplicación (Fig. 6). En el caso dorsal los resultados no

ofrecen relación lineal alguna, de forma similar a lo observado en el análisis split-beam mostrado anteriormente.

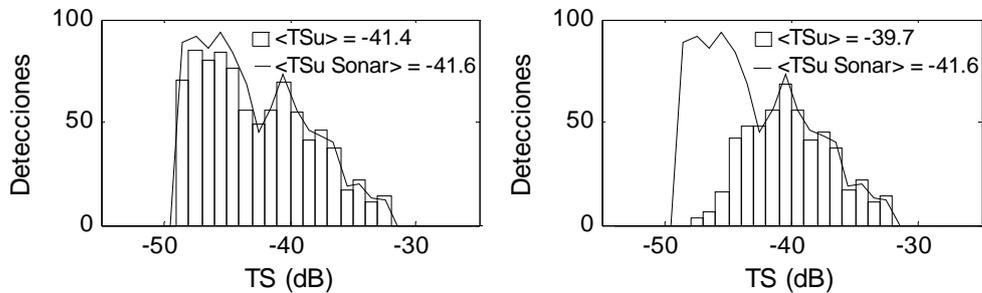


Fig. 5. Distribución del TSu ventral para la clase 4 (23.1 cm). Criterio de longitud de ecos en primer lugar (izquierda). Umbral en primer lugar (derecha)

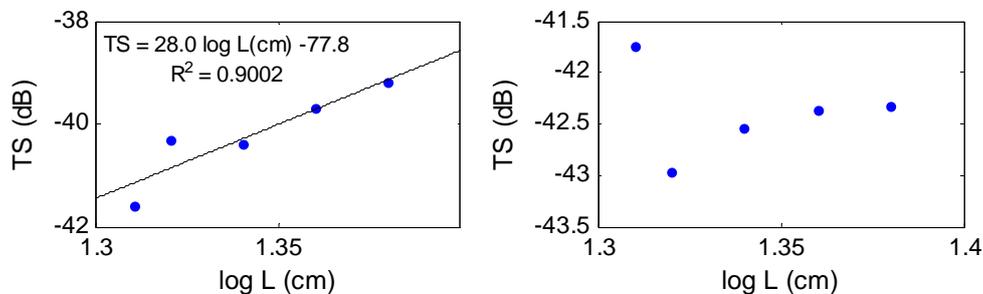


Fig. 6. Relación entre el TSu y la longitud total de la dorada, tanto para medidas ventrales (a la izquierda) como para las dorsales (a la derecha) analizadas aplicando en primer lugar el umbral.

La presencia de ecos o ruido de bajo nivel en la clase 5 no ha tenido la misma influencia que en el análisis split-beam debido a que la aplicación del umbral en primer lugar provoca la eliminación de este tipo de detecciones por lo que esta clase se incluye a la hora de establecer una relación en TSu y longitud.

La relación obtenida entre el TSu y el logaritmo de la longitud total para la totalidad de las clases, en el caso ventral, se muestra en la Ec. 2:

$$TSu = 28.0 \cdot \log L(cm) - 77.8 \quad (2)$$

$$r^2 = 0.9002$$

CONCLUSIONES

Se esperaba hallar cierta dependencia del TS con la distancia debido a diversos motivos: los peces se insonifican parcialmente, se introduce un error en la compensación de peces no puntuales, y las medidas están realizadas en campo cercano del pez [3,8,11]. Sin embargo, no se ha observado una tendencia clara, pero sí una fuerte dependencia del TS medio con el número de detecciones en la capa. Se podría esperar encontrar un TS medio creciente con la distancia, cuya evolución sería del mismo orden para todas las clases puesto que no se tienen grandes diferencias de longitud entre clases. A pesar de ello, la Fig. 2 se puede apreciar que el TS no aumenta con la distancia. Esta variación ha sido observada solo ligeramente para la

clase de menor tamaño. El estudio se realizó a muy cortas distancias, y tal vez sea necesario ampliar el estudio a mayores distancias, donde se podría aclarar si el error de fase afecta a todas las clases de la misma forma, y disponer un mayor número de detecciones.

Se han encontrado trazas de peces individuales a cortas distancias, incluso cuando la longitud del pez es mayor que el diámetro del haz acústico. Esto puede deberse a que la vejiga natatoria refleja el 90% o más de la energía reflejada [9], por lo que podría ser más razonable considerar la longitud de la vejiga natatoria en lugar de la longitud total del pez.

La vejiga natatoria como elemento de dispersión aún ocupa una gran parte de la sección transversal del haz acústico a cortas distancias, por lo que incluso será necesario corregir la función TVG para obtener el valor correcto del TS. Aún así se seguirán teniendo errores de fase.

Las distribuciones de TS halladas con unimodales, tanto para las medidas ventrales como para las dorsales. Esto podría explicarse por la reducida directividad que presentan los ejemplares estudiados, ya que el tamaño de la vejiga natatoria es solo ligeramente mayor a la longitud de onda.

Al igual que otras especies de peces [8], el TS para las grabaciones dorsales es menor que para las ventrales, posiblemente debido al efecto de apantallamiento de la vejiga natatoria por las estructuras duras del pez. No se ha hallado una relación clara entre el aspecto dorsal del TS y el logaritmo la longitud total de la dorada.

La relación lineal obtenida entre el TS ventral y el logaritmo de la longitud total de la dorada muestra una buena correlación. No obstante, se ha de considerar cuidadosamente, ya que se tuvo que descartar la información de la clase de mayor tamaño para obtener el ajuste lineal. Esto puede considerarse de alguna forma arbitrario, y se considera necesario ampliar las estadísticas para un mayor número de clases y un mayor número de detecciones de peces individuales o de trazas.

Se comprueba el correcto funcionamiento de la aplicación de procesado desarrollada, obteniendo resultados similares a los proporcionados por Sonar Pro 5 cuando se emplean los mismos criterios de análisis.

Se obtiene una relación lineal entre el TSu y el logaritmo de la longitud del pez, como se sugiere en [12] para el caso ventral, al igual que sucede con el TS. No obstante, se ha observado que los valores obtenidos son sensibles a los parámetros de procesado, por lo que resulta necesario extender el análisis en futuros estudios a un número de detecciones más elevado, pudiendo comprobar de manera más concluyente la idoneidad del uso del TSu como parámetro de monitorización del crecimiento de las doradas en jaulas marinas.

Los resultados obtenidos permiten verificar el correcto funcionamiento de la aplicación de procesado cuando se compara con un software de procesado fiable como Sonar Pro. Sin embargo, los experimentos presentados han de ser considerados como preliminares, con el objetivo de desarrollar los algoritmos y criterios de análisis, careciendo de una duración y número de detecciones óptimas en las medidas analizadas. Futuros estudios extenderán el análisis a un número más elevado de mediciones y clases.

Resaltar que la razón por la que se obtienen distribuciones unimodales al aplicar primero el umbral (TSu) está relacionado con la eliminación de detecciones de bajo nivel por el hecho de aplicar un umbral elevado

Tanto el TS como el TSu se podrían emplear para controlar el tamaño de los peces en el interior de una jaula, ya que se obtienen buenas correlaciones. Se ha de tener en cuenta que el

TSu es prácticamente el TS debido a que se ha aplicado un umbral elevado en el análisis single-beam, eliminando así los ecos procedentes fuera del eje. El TS presenta valores algo mayores que el TSu y una mayor pendiente. Los menores valores del TSu son de esperar, ya que no se compensan el patrón de directividad del transductor.

En conclusión, se ha llevado a cabo un estudio preliminar del TS ventral y dorsal de la dorada, que permite hallar una primera relación lineal entre el TS y el logaritmo de la longitud total. La evaluación de la configuración experimental y los métodos de análisis nos permitirá hacer un estudio más exhaustivo.

AGRADECIMIENTOS

En especial dar gracias a Javier Zaragozá por su ayuda en el diseño y el montaje de la jaula, siempre apoyando más allá del deber, a Andrés Moñino (ICTA, UPV) por la manipulación de las doradas, y a Helge Balk (desarrollador del Sonar Pro) por sus valiosos comentarios y amable ayuda. También debemos reconocer la colaboración de la Autoridad Portuaria de Valencia, Puerto de Gandia, por la colocación de la jaula en sus instalaciones.

REFERENCIAS

- [1] APROMAR, "La acuicultura marina de peces en España", (2009), www.apromar.es
- [2] H. Balk, T. Lindem, "Sonar 4 and Sonar 5-Pro Post processing systems. Operator manual version 5.9.8", *University of Oslo*, Norway (2009).
- [3] J.J. Dawson, D. Wiggins, D. Degan, H. Geiger, D. Hart, B. Adams, "Point-source violations: split-beam tracking of fish at close range", *Aquat. Living Resour.* 13, 291-295 (2000).
- [4] J.I. Edwards and F. Amstrong, "Measurement of the target strength of live herring and mackerel". *FAO Fish. Rep.*, 300:69-77 (1983).
- [5] V. Espinosa, E. Soliveres, V. D. Estruch, M. Bou, G. Larosa, S. Martínez, M. Jover, "Gilt-head sea bream (*Sparus Aurata*) cross-section measurements for the acoustical control of sea farms". *Acústica . Portugal.* (2008).
- [6] K. G. Foote, "Rather-high-frequency sound scattering by swimbladdered fish". *Journal. Acoustical. Society of. America*, 78: 688-700. (1985)
- [7] J. K. Horne, P.D. Walline, J. M. Jech, "Comparing acoustic model predictions to *in situ* backscatter measurements of fish with dual-chambered swimbladders". *Journal of fish Biology.* 57: 1105-1121. (2000)
- [8] F.R. Knudsen, J.E. Fosseidengen, F. Oppedal, Ø. Karlsen, E. Ona, "Hydroacoustic monitoring of fish in sea cages: target strength (TS) measurements on Atlantic salmon (*Salmo salar*)", *Fisheries Research* 69, 205-209 (2002).
- [9] D.N. MacLennan, E.J. Simmonds, "Fisheries acoustics", Ed. Chapman & Hall (1992).
- [10] S. McClatchie, J. Alsop, R. F. Coombs, "A re-evaluation of relationships between fish size, acoustic frequency, and target strength". *ICES Journal of Marine Science.* 53: 780-791. (1996).
- [11] T. Mulligan, "Shallow water fisheries sonar: a personal view", *Aquat. Living Resour.* 13, 269-273 (2000).
- [12] E. Ona. "Methodology for Target Strength Measurements". *ICES Cooperative Research Report n° 235.* (1999)
- [13] E. Soliveres, V. Espinosa, J. Redondo, E. Escuder, J. Alba, M. Jover, M. Ardid, V.D. Estruch, S. Martínez, A. Tomás, M. Jover, "Acoustical study of the gilthead sea-bream in a reverberating tank", *2nd International Conference & Exhibition on "Underwater Acoustic Measurements: Technologies & Results"*, Greece (2007).