



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

DETECCIÓN ACÚSTICA DE BIVALVOS CON TÉCNICAS “NARROW-BAND” Y “BROAD-BAND” CON ECOSONDAS DE HAZ PARTIDO Y SIMULACIÓN NUMÉRICA.

PACS: 43.30.+m 43.30Vh

Autores: Morillo, A; Llorens, S; Pérez-Arjona, I; Espinosa, V; Puig, V; Rodilla, M.
Institut d'Investigació per a la Gestió Integrada de Zones Costaneres (IGIC), Universitat Politècnica de València. C/Paranimf, 1. 46730 Grau de Gandia, València. Spain.
Tel: (+34) 963870000 ext. 43681
E-Mail: anmofa@epsg.upv.es

Palabras Clave: Chirla, Pesca Sostenible, Comsol, Broadband, Narrowband, Detección.

ABSTRACT

Mediterranean Bivalves have suffered a sharp decline by contamination and overfishing. A previous numeric study with a *FEM* method is executed in this paper to analyze theoretically the acoustic methods of bivalve detection. After that, an experimental study under laboratory conditions is carried out to analyze the viability of acoustic techniques with split beam echosounds under Narrow-Band and Broad-Band configurations. Finally, a statistical study is realized to analyze deviation between different populations.

RESUMEN

Las poblaciones de bivalvos del mar Mediterráneo han sufrido un acusado descenso de sus individuos debido a factores humanos como la contaminación o la sobrepesca, en este artículo se ha investigado la viabilidad de detección y cuantificación de individuos de chirla “Chamelea gallina” enterrados en sedimento propio de su hábitat. Un primer estudio numérico proporciona las bases teóricas para llevar a cabo el estudio experimental en condiciones de laboratorio. Se han utilizado frecuencias de trabajo de 120kHz y 200kHz para la configuración "Narrow-band", y un barrido frecuencial centrado en 130kHz para la configuración "Broad-band". Finalmente se ha realizado un análisis estadístico para analizar diferencias entre poblaciones con diferente número de individuos.



FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

INTRODUCCIÓN

El mar Mediterráneo ha sido fuente de recursos pesqueros para las poblaciones costeras desde hace cientos de años. En las últimas décadas las poblaciones de bivalvos, más concretamente las de chirlas “Chamelea gallina”, han visto un descenso pronunciado en el número de individuos que las componen. Esto es debido, en parte, a factores humanos como la sobrepesca o la contaminación de los hábitats. En este artículo, se ha propuesto la realización de estudios acústicos, baratos y no invasivos, que permitan conocer y cuantificar las poblaciones de chirlas del mar Mediterráneo, para poder llevar a cabo estudios de protección que ayuden a realizar políticas de pesca sostenible.

En estudios anteriores, se han llevado a cabo investigaciones sobre la respuesta de los suelos marinos de zonas costeras a pulsos acústicos de ecosondas Single Beam [1], o sobre la respuesta de suelos de hábitats bentónicos con ecosondas del tipo Side Scan Sonar [2] [3]. En este artículo se ha continuado con el método utilizado en el trabajo de detección de tellinas “Donax trunculus” [4], basado en el que utilizó N. Sánchez [5] para la detección y cuantificación de navajas “Ensis” en las rías gallegas.

En primer lugar, se ha llevado a cabo el estudio teórico a partir de una simulación numérica. Una vez analizados los datos teóricos, se ha llevado a cabo el estudio experimental con las diferentes configuraciones. Finalmente, se han analizado estadísticamente los datos experimentales.

METODOLOGÍA

En primer lugar, como paso previo al resto de estudios, se ha llevado a cabo el análisis del sedimento marino propio del hábitat de las chirlas a partir de una granulometría. Se ha realizado el análisis de 3 muestras de 25g con un error total en las mediciones de 0.015g. Los resultados porcentuales se encuentran expuestos en la *Tabla 1* y dibujados en la *Figura 1*. Al analizar la gráfica con la clasificación propuesta por C.K. Wentworth [6], se puede concluir que se trata de un sedimento de *Arena de grano fino* debido a que el mayor porcentaje de grano está entre los tamaños 0,1mm y 0,2mm.

Luz (mm)	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medias
	%	%	%	%
> 2	0.9556	0.5133	3.0153	1.4947
> 1	0.8640	0.5735	0.6572	0.6982
> 0.5	0.8879	0.8382	1.0863	0.9375
> 0.250	4.7581	6.2122	6.0036	5.6579
> 0.125	69.5322	72.8574	70.3688	70.9195
> 0.063	22.4965	18.5562	18.4088	19.8205
< 0.063	0.5057	0.4492	0.4600	0.4176
TOTAL	100	100	100	100

Tabla 1: Datos granulometría. Medias.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

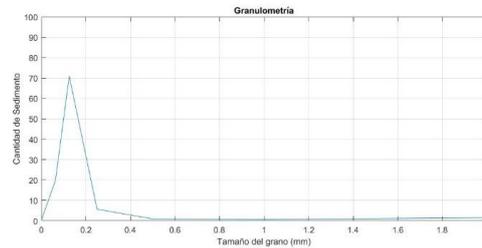


Figura 1: Curva granulométrica del sedimento.

Estudio teórico: Simulación numérica

La simulación del sistema agua/sedimento con dispersor enterrado se ha llevado a cabo con el software *Comsol Multiphysics*. El sedimento ha sido tratado como un sistema poroelástico y el dispersor se ha simplificado como un círculo con las características físicas del carbonato cálcico (CaCO_3).

Se ha emitido un pulso senoidal a una frecuencia de trabajo $f_0=38\text{kHz}$ durante un tiempo de $\frac{1}{f_0}$. Este pulso se ha emitido desde la línea (pistón) superior y se han captado los ecos desde los receptores definidos como puntos (izquierda (1) y derecha (2)) fijados 5mm debajo de la línea (Figura 2). El punto central se ha utilizado como control durante las simulaciones.

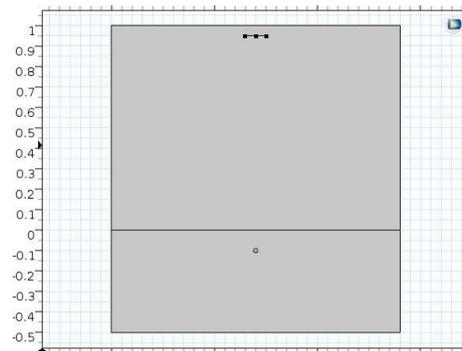


Figura 2: Sistema agua/sedimento, dispersor y receptores. Ejes en metros.

Con estos cálculos numéricos se ha tratado de simular el paso de un transductor por encima de un dispersor (chirla) situado 5cm "enterrado" en el sedimento. Para ello se han realizado las siguientes configuraciones respecto a la posición del dispersor:

- **Configuración 1:** Dispersor colocado 5cm a la izquierda del receptor 1.
- **Configuración 2:** Dispersor colocado centrado respecto al pistón.
- **Configuración 3:** Dispersor colocado 5cm a la derecha del receptor 2.

ESTUDIO EXPERIMENTAL

Las mediciones del estudio experimental se han llevado a cabo con equipos *Simrad*, dos transductores: el *ES200-7C* y el *ES120-7C*; y las ecosondas *EK60* y *EK8*. Las mediciones se han realizado en los modos *Narrow-Band* y *Broad-Band* en el caso del *ES120-7C*.

Se han realizado varias configuraciones de medición dependiendo del modo de operación de la ecosonda y de la profundidad a la que se entierran las chirlas.

Según el modo de operación de la ecosonda:

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

- **CW200:** *Narrow-Band* a 200kHz con la ecosonda EK60.
- **CW120:** *Narrow-Band* a 120kHz con la EK80.
- **LFM fast:** *Broad-Band* con frecuencia central 130kHz con la EK80.
- **LFM slow:** *Broad-Band* con frecuencia central 130kHz con la EK80.

Según la profundidad de entierro de las chirlas:

- **2cm** y “**natural**” (Posición donde se han enterrado las propias chirlas).
- **4cm.**

Las mediciones se han realizado en transectos moviendo los transductores sobre la superficie de estudio donde se han colocado las chirlas (Figura 3). De esta manera, se consigue simular el movimiento de la embarcación. Los transductores han trabajado a 0.75m de distancia de la superficie del sedimento.

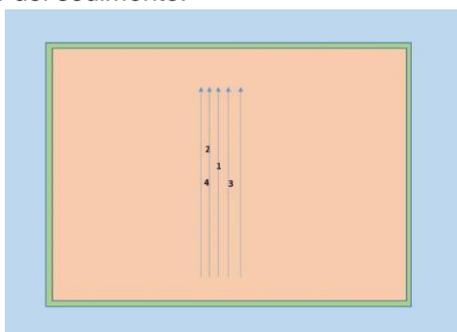


Figura 3: Colocación de las chirlas en el sedimento y dirección de los transectos. Numeración por orden de colocación.

Las condiciones ambientales medias de los días en los que se han tomado medidas son las de la Tabla 2.

Temperatura (°C)	Salinidad (psu)	Acidez (ph)
24	37	8.0

Tabla 2: Condiciones ambientales del agua. Medias.

Tras obtener los datos experimentales, se ha llevado a cabo el análisis estadístico de la información angular basado en [5]. Para ello, se han extraído las variables de Haralick [7], la lacunaridad y la homogeneidad de cada muestra, se ha realizado un análisis de componentes principales y, finalmente, un análisis de clúster para determinar el nivel de diferenciación de cada grupo de muestras.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

ESTUDIO TEÓRICO:

En la Figura 4 se encuentran la representación de la presión de la onda reflejada por el sedimento y el dispersor, y el aumento con los valores temporales del eco del dispersor; cuando este se encuentra 5cm a la izquierda del pistón generador. En la Figura 5 se encuentra la representación cuando el dispersor está centrado respecto al pistón generador, y en la Figura 6, cuando el dispersor se encuentra 5cm a la derecha del pistón generador.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

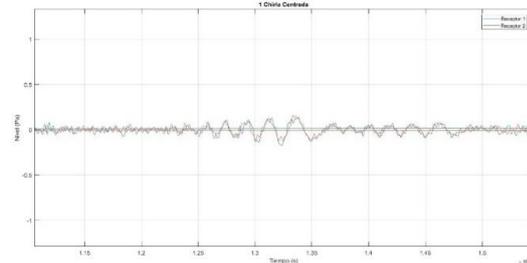
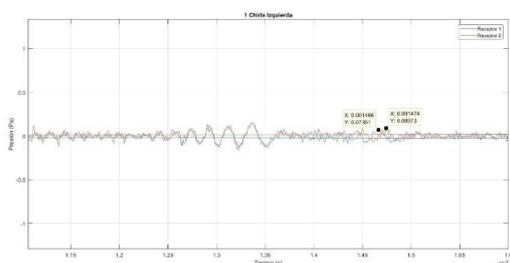
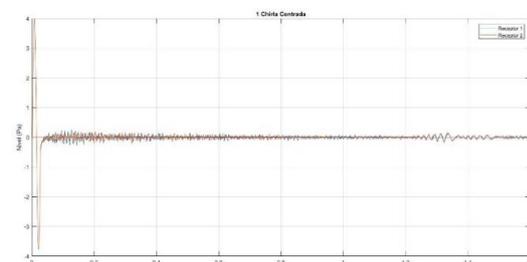
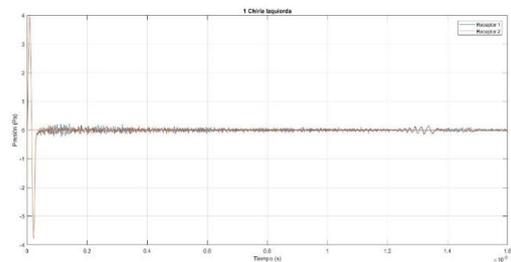


Figura 4: Presión en los receptores.

Figura 5: Presión en los receptores.

Dispensor 5cm a la izquierda.

Dispensor centrado.

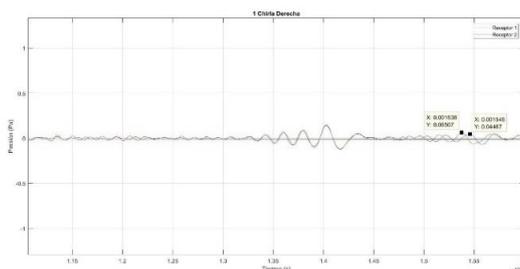
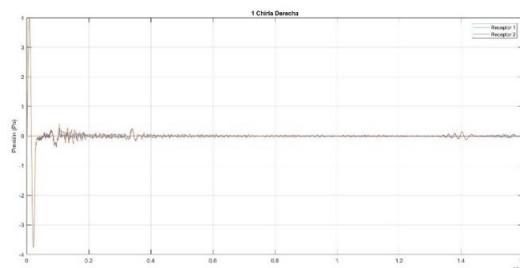


Figura 6: Presión en los receptores.

Dispensor 5cm a la derecha.

Con los valores temporales y haciendo uso de la ecuación 1, donde t_{Rx} es el tiempo de llegada de la onda en el receptor x y Φ es el desfase, se ha calculado el desfase angular producido por la diferencia de tiempos de llegada de los ecos a cada receptor. Los valores obtenidos son los de la Tabla 3. Se puede afirmar que, la información angular, al realizar transectos sobre un dispensor, varía de valores positivos hacia negativos, siendo de valor 0 al situarse el transductor sobre el dispensor.

$$\Phi = (2\pi f_0 \cdot t_{R1} - 2\pi f_0 \cdot t_{R2}) \quad (1)$$

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Posición Receptor	Derecha	Centrada	Izquierda
Tiempo (s)	R1:0.001546 R2:0.001538	R1:0.001462 R2:0.001462	R1:0.001466 R2:0.001474
Diferencia Temporal (s)	0.000008	0.000000	-0.000008

Tabla 3: Diferencia en el tiempo de recepción respecto a cada posición del dispersor.

ESTUDIO EXPERIMENTAL:

En general, de forma visual, no se aprecia ninguna diferencia significativa entre las distintas configuraciones, a excepción del ecograma captado con la configuración de CW 200kHz con 300W de potencia en emisión, para la esfera de calibración de 38mm. En el ecograma de información SV sin compensación TVG (Figura 7) se aprecia un máximo de presión donde debería haber nivel 0. Si se analiza la información angular en el sentido Alongship (Sentido proa-popa) que proporciona la ecosonda de haz partido de ese máximo (Figura 8), se puede afirmar que se debe a la esfera ya que existe un cambio angular, de valores positivos a negativos, similar al de la simulación. Esta información, tanto en presión como en variación angular, puede deberse a las múltiples reflexiones entre el agua, el sedimento y la esfera. Con las chirlas no sucede lo mismo ya que, el tamaño y composición de las mismas, resultan en un menor nivel del backscattering.

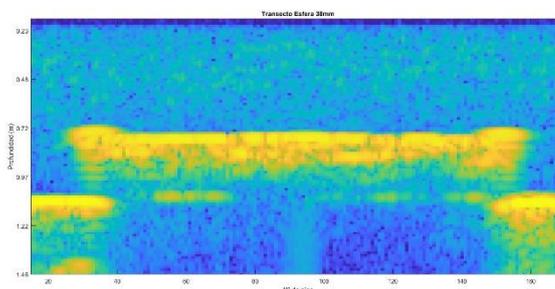


Figura 7: Ecograma Sv del transecto con esfera enterrada 2cm. Configuración CW 200kHz y 300W.

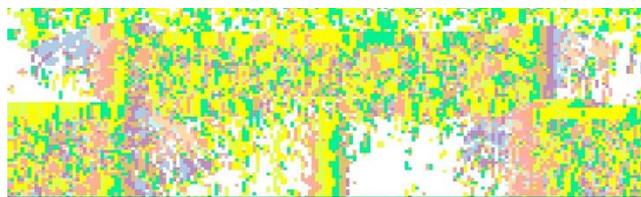


Figura 8: Información angular (Alongship) del transecto con esfera enterrada 2cm. Configuración CW 200kHz y 300W.

Con los datos de la información angular de las configuraciones estudiadas en CW 120kHz, se han calculado sus variables de Haralick, la lacunaridad y la homogeneidad. Estas dos últimas a partir de las ecuaciones 2 y3. Con las 15 variables calculadas se ha procedido a realizar un análisis de componentes principales en el que se consiguen hasta 3 componentes con la elección de 1 valor propio.

FIA 2018

XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre

Con esos componentes calculados se ha procedido a calcular y representar, mediante un dendograma, el análisis de conglomerados. A partir del método de la *Mediana* y con el uso de una métrica de distancia *Euclídeana cuadrada*, se han calculado 5 conglomerados.

$$Lacunaridad = \sigma\left(\frac{p}{m_p}\right) \quad (2)$$

$$\sum_{ij} \frac{p(i,j)}{1+|i-j|} \quad (3)$$

En la Ecuación 1, σ es la desviación estándar, p es la probabilidad de esos datos en la matriz de coocurrencia, y p_m es la media de p .

En la Figura 9 se puede visualizar el resultado final del análisis estadístico. Se aprecia que los datos de igual número de individuos se agrupan en el mismo conglomerado a excepción de los grupos de 1 y 2 individuos, que se agrupan en conjunto. Esto puede deberse a que las diferencias angulares entre esos grupos no son perceptibles con la resolución de la ecosonda utilizada.

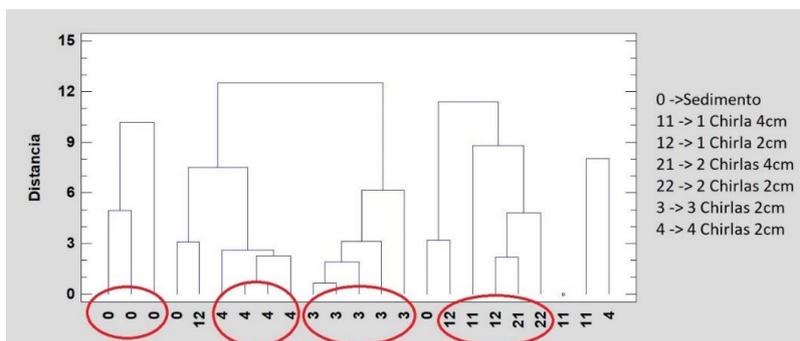


Figura 9: Dendograma del análisis de conglomerados. Configuración CW 120kHz "Narrow-Band".

CONCLUSIONES

- Analizando el transecto donde se encuentra la esfera de calibración con los datos extraídos de la simulación, se puede asegurar que, aunque a simple vista no se aprecie la esfera en el interior del sedimento, deja un registro atribuible a múltiples reflexiones en la dimensión temporal.
- Se puede afirmar que, tras realizar el análisis estadístico explicado en este artículo, y con la configuración de CW 120kHz, se pueden diferenciar poblaciones de chirlas con diferente número de individuos a partir de la información angular que ofrece la ecosonda EK80 con configuración "Narrow-Band" y el transductor ES120-7C.
- Pese a una mayor definición, con las configuraciones "Broad-Band" no se obtienen mejores resultados, lo cual plantea la realización de mayor número de mediciones en un estudio futuro.



FIA 2018

**XI Congreso Iberoamericano de Acústica; X Congreso Ibérico de Acústica; 49º Congreso Español de Acústica -TECNIACUSTICA'18-
24 al 26 de octubre**

BIBLIOGRAFÍA

[1] E. Hutin, Y. Simard. y. P. Archambault. Acoustic detection of a scallop bed from a single-beam echosounder in the St. Lawrence. ICES Journal of Marine Science. 62, 966 (2005).

[2] R.E. Grizzle, L.G. Ward, J. Adams., S. Dijkstra. y. B. Smith. Mapping and characterizing oyster reefs using acoustic techniques, underwater videography and quadrat counts. American Fisheries Society Symposium. 41, 152 (2005).

[3] Y.C. Allen, C.A. Wilson, H. Roberts y J. Supan. High Resolution Mapping and Classification of Oyster Habitats in Nearshore Louisiana Using Sidescan Sonar. Estuaries and Coasts. 28, 435 (2005).

[4] A. Morillo, Estudio de la viabilidad de detección de Tellinas (*Donax Trunculus*) con ecosondas científicas de haz partido. EPSG Universitat Politècnica de València. (2017).

[5] N. Sánchez, Técnicas acústicas y software libre: Aplicaciones en la gestión costera. Universidad da Coruña (2012).

[6] C. Wentworth. A Scale of Grade and Class Terms for Clastic Sediments. The journal of geology. (1922).

[7] R.M. Haralick. et Al., Textural features for image classification. IEEE Transactions on systems, man and cybernetics. SMC-3, 610 (Noviembre 1973).