

Detección acústica de bivalvos con técnicas “NARROW-BAND” y “BROAD-BAND” con ecosondas de haz partido y simulación numérica



Morillo, A; Llorens, S; Pérez-Arjona, I; Espinosa, V; Puig, V; Rodilla, M.

Universitat Politècnica de València. España

anmofa@epsg.upv.es

PACS: 43.30.+m 43.30Vh

Premio Andrés Lara para jóvenes investigadores 2018

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.

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.

1. 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.

2. 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 0,1 mm y 0,2mm.

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

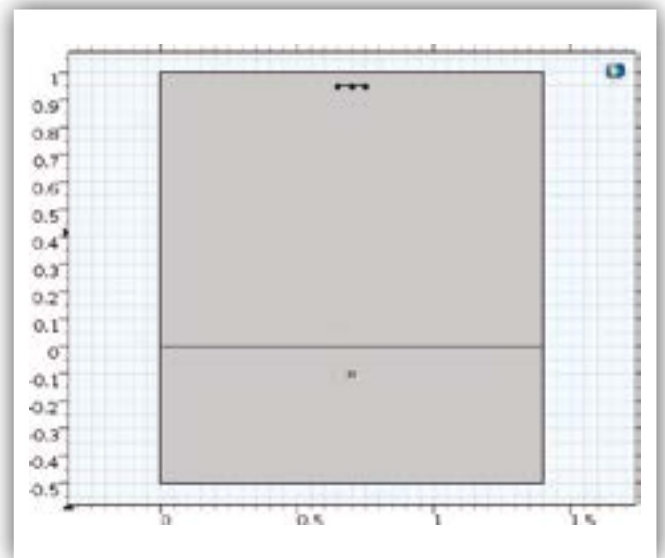


Figura 2. Sistema agua/sedimento, dispersor y receptores. Ejes en metros.

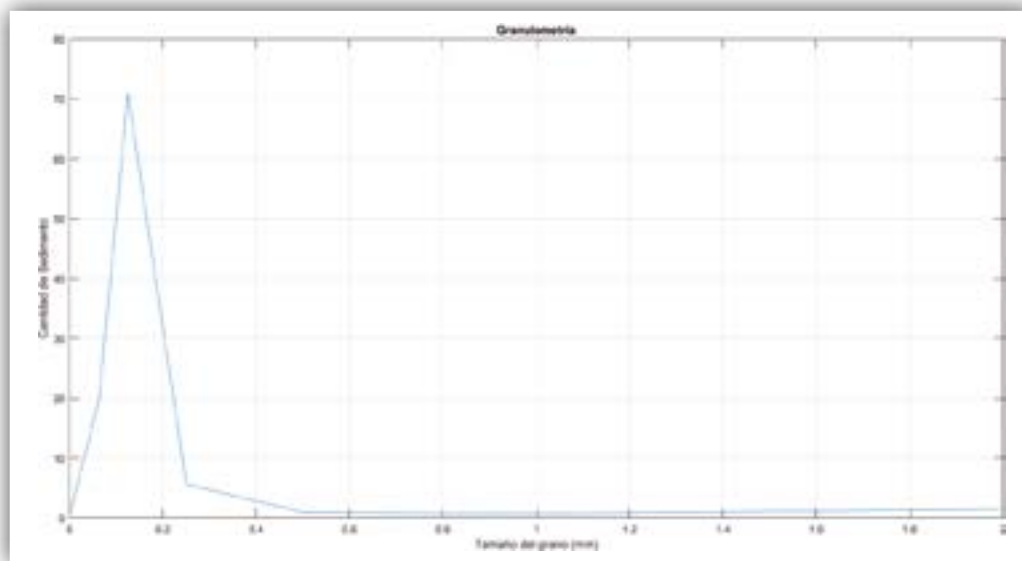


Figura 1. Curva granulométrica del sedimento.

Tabla 1. Datos granulometría. Medias.

	Medida 1	Medida 2	Medida 3	Medias
Luz (mm)	%	%	%	%
> 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

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.

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.

3. 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:

- **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

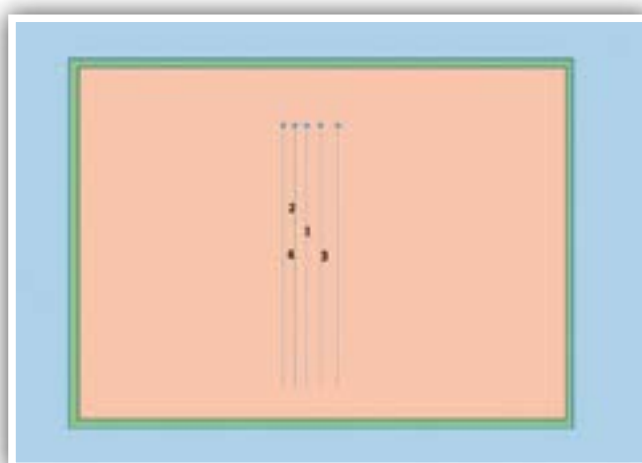


Figura 3. Colocación de las chirlas en el sedimento y dirección de los transectos. Numeración por orden de colocación.

manera, se consigue simular el movimiento de la embarcación. Los transductores han trabajado a 0.75m de distancia de la superficie del sedimento.

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

Tabla 2. Condiciones ambientales del agua. Medias.

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

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.

4. 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.

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

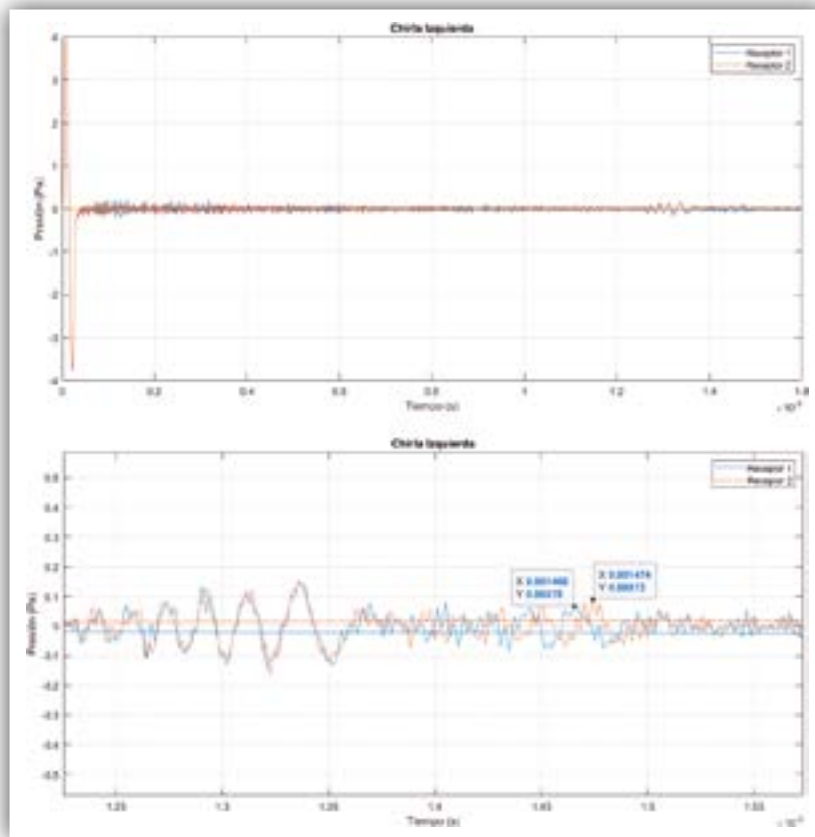


Figura 4. Presión en los receptores. Dispersor 5cm a la izquierda.

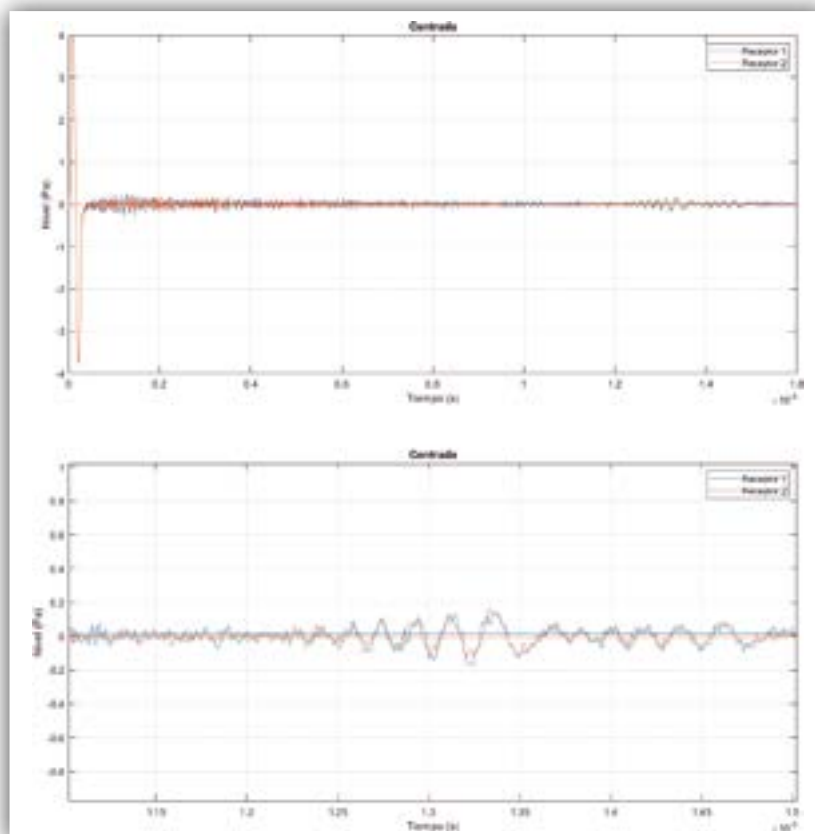


Figura 5. Presión en los receptores. Dispersor centrado.

obtenidos son los de la Tabla 3. Se puede afirmar que, la información angular, al realizar transectos sobre un dispersor, varía de valores positivos hacia negativos, siendo de valor 0 al situarse el transductor sobre el dispersor.

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

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

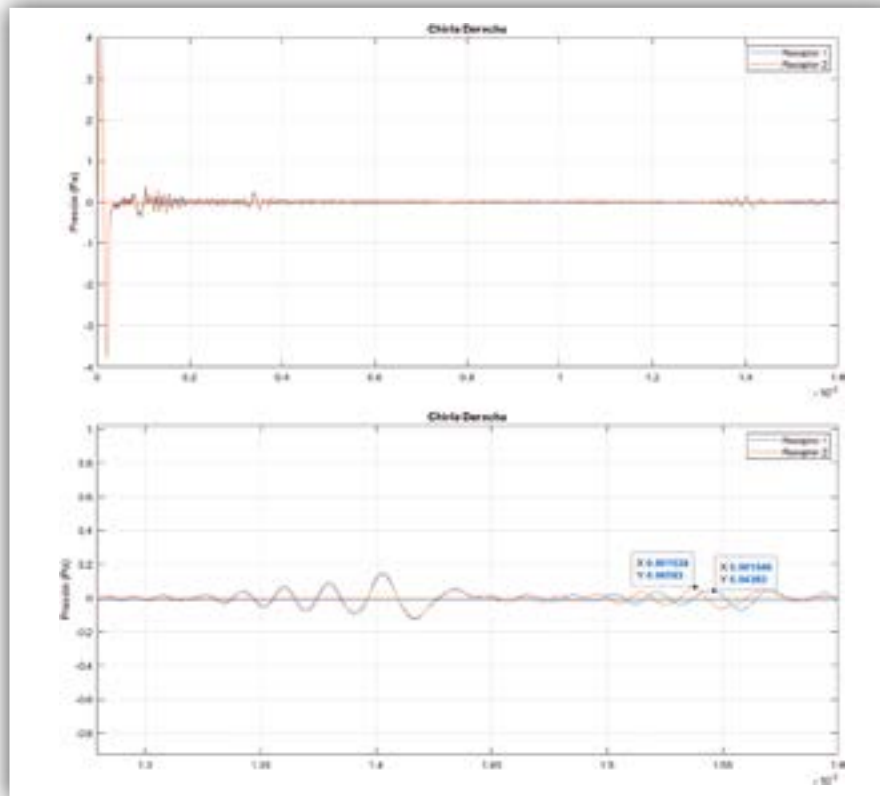


Figura 6. Presión en los receptores. Dispersor 5cm a la derecha.

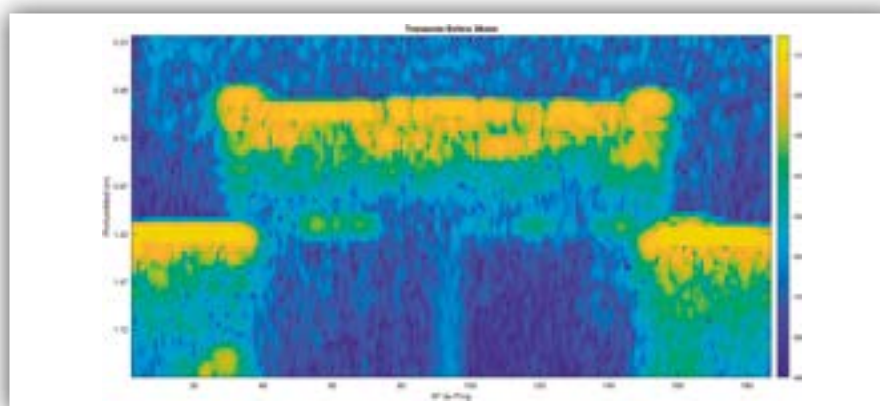


Figura 7. Ecograma Sv del transecto con esfera enterrada 2cm. Configuración CW 200kHz y 300W.

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

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

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 chirras no sucede lo mismo ya que, el tamaño y composición de las mismas, resultan en un menor nivel del backscattering.

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 y 3. 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.

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.

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

$$\text{Homogeneidad} = \sum_j \frac{\rho(i,j)}{1+|i-j|} \quad (3)$$

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

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.

5. 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

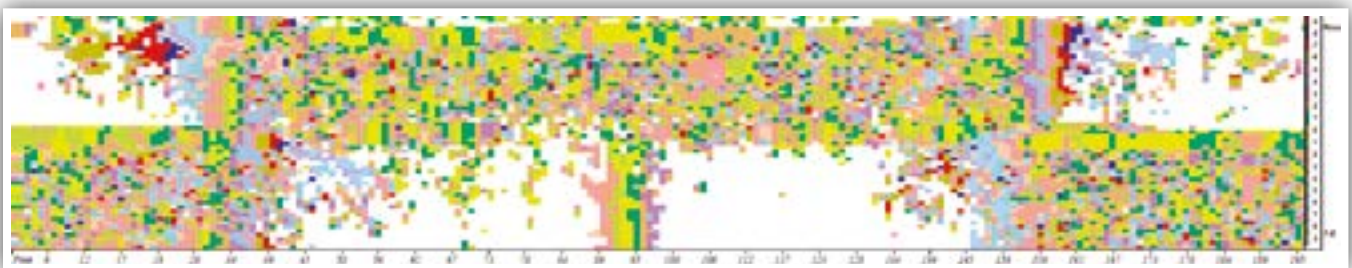


Figura 8. Información angular (Alongship) del transecto con esfera enterrada 2 cm. Configuración CW 200kHz y 300W.

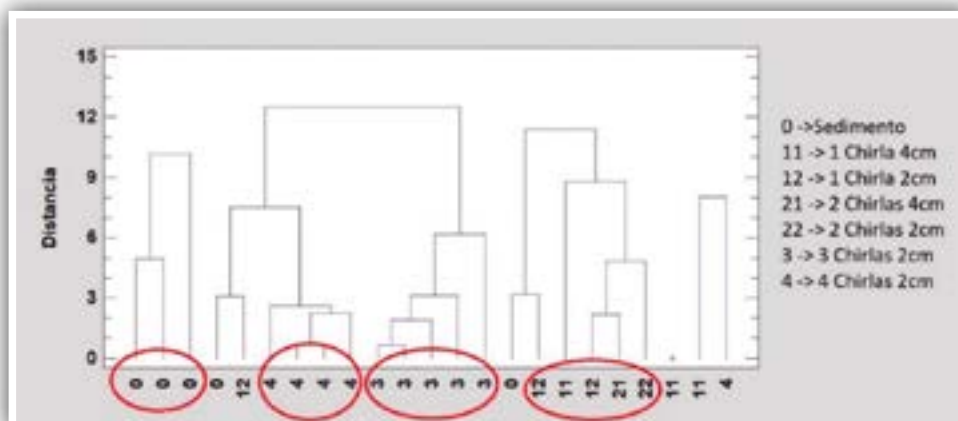


Figura 9. Dendograma del análisis de conglomerados. Configuración CW 120kHz "Narrow-Band".

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.

6. 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).



Envíese a: **Revista Española de Acústica - SEA**
 e-mail: secretaria@sea-acustica.es
<http://www.sea-acustica.es>

Estoy interesado en:

- **ASOCIARME A LA SOCIEDAD ESPAÑOLA DE ACÚSTICA**
- **SUSCRIBIRME A LA REVISTA DE ACÚSTICA**

Apellidos: _____ Nombre: _____

Dirección para correspondencia: _____

C.P.: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Tel.: _____ Fax: _____ e-mail: _____

Centro de trabajo: _____

Puesto de trabajo: _____

Dirección: _____

C.P.: _____ Ciudad: _____ Provincia: _____

Tel.: _____ Fax: _____ e-mail: _____

TA120 SENSOR DE RUIDO



CESVA
50
1969-2019

MUCHAS GRACIAS A TODOS
NUESTROS CLIENTES Y COLABORADORES
POR ESTOS 50 AÑOS

www.cesva.com

Solución para la monitorización de ruido en SMART CITIES



Noiseplatform

Plataforma online de monitorización de ruido
www.noiseplatform.com