

APLICACIÓN DEL ANÁLISIS TEXTURAL A DATOS DE RETRODISPERSIÓN DE SONDA MULTHAZ PARA LA CLASIFICACIÓN DE FONDOS MARINOS

F. Carreño, I. López, C. Arranz, J. Payan y E. Castellanos.

*Universidad Rey Juan Carlos. Departamento de Biología y Geología.
E.S. de CC. Experimentales y Tecnología. C/ Tulipán, s/n.
Edificio Departamental: II 28933 Madrid (Móstoles), España.
francisco.carreno@urjc.es*

RESUMEN

En el presente trabajo se detallan los resultados del análisis de variables texturales aplicadas a los datos de retrodispersión de 5 metros de tamaño de píxel tomados con una sonda multihaz EM3000 D para caracterizar y cartografiar los diferentes tipos de fondo marino, que son clave en la interpretación de los procesos geológicos de la plataforma continental de la Región de Murcia.

La extracción de este tipo de información temática se realiza habitualmente aplicando las técnicas de clasificación a los valores de retrodispersión. Los resultados obtenidos con esta metodología muestran errores importantes en la asignación válida de clases debido a que se trabaja con una única banda, a la propia geometría de adquisición de datos y a los cambios constantes en las variables ambientales durante la toma de la información. En este trabajo se han aplicado técnicas de análisis textural de la componente espectral de la retrodispersión para identificar diferentes tipos de fondos marinos, y utilizarlos bien individualmente o como nuevas bandas a considerar en las clasificaciones supervisadas.

Los resultados muestran que el análisis textural aplicando filtros estadísticos y matrices de ocurrencias y coocurrencias de niveles de grises, mejora notablemente la identificación de las clases de fondo marino obtenidas con las clasificaciones supervisadas y ayudan a identificar las clases menos separables.

ABSTRACT

In this work we present the results of the textural analysis of seafloor reflectivity data (5 meters/pixel resolution) obtained with a EM3000D multibeam. These backscatter values are used to map different materials on the seafloor and are a key dataset to the study and interpretation of the geologic processes that take place and shape the continental shelf in the Murcia Region (SE of Spain).

Extraction of this type of thematic information is being carried out by applying different classification procedures to the reflectivity values. The results obtained through this working procedure show errors in the class assignation during classification due to: a) use of an unique band, b) acquisition geometry of the data and c) change of environmental variables during data acquisition. We apply differents techniques of textural analysis to the spectral component of the reflectivity to identity different types of seafloor materials. These new datasets can be used as new bands and be used in later supervised classifications.

The results of this work show that textural analysis carried out using statistical filters and matrices of occurrences and cooccurrences improve the classification of the different textural classes in the seafloor obtained through supervised classification, and help to identify other classes that were not possible to differentiate with the original data.

Palabras clave: análisis textural, matriz de ocurrencia, matriz de coocurrencia, retrodispersión, ecosonda multihaz, plataforma continental de Murcia.

INTRODUCCIÓN

El proyecto *ESPACE* (Estudio de la plataforma continental española) que desarrolla desde el año 1999 la Secretaría General de Pesca Marítima a través de un convenio con el Instituto Español de Oceanografía (IEO), tiene como objetivo básico adquirir información detallada y sistemática de los fondos marinos desde casi la línea de costa (sobre los 8 a 10 m) hasta los 120 a 180 m de profundidad, con

técnicas geofísicas de alta resolución (sonda multihaz y sonda paramétrica), así como con técnicas directas (muestreos y buceo), utilizando una metodología con unos estándares estrictos para la captura, identificación, organización y procesamiento de los datos, hasta su incorporación a un SIG (Sanz, 2009).

Una de las múltiples aplicaciones de esta base cartográfica del proyecto *ESPACE* es la interpretación de los procesos geológicos a partir del análisis de datos

del fondo marino con diferentes características de formas, texturas, batimetría y tono. Las formas identificadas a partir de los modelos digitales de profundidad (MDP) y de sus productos topográficos (batimetría, sombreados, orientaciones, pendientes) permiten obtener una primera aproximación de la geología de la zona que no resulta completa sin la caracterización de los materiales y sedimentos del fondo marino (Mitchell and Hughes, 1994). Para conocer las características de estos materiales, tradicionalmente se han utilizado metodologías basadas en la batimetría (eg. Herzfeld, 1993), y en imágenes de barrido lateral y multihaz (eg. Iacono et al., 2008) que es la técnica que mejores resultados está obteniendo.

Las sondas multihaz miden la proporción de energía retrodispersada que previamente emite el propio sistema. Aunque parte de la retrodispersión medida depende de la instrumentación y de factores físicos, como los filtros utilizados, la dirección y ángulo de incidencia del haz y la densidad del agua (Blondel and Murton, 1997); ésta es realmente controlada por las características del fondo marino como variaciones en la pendiente, ratios de densidad agua/sedimentos, tipos de sedimentos y rugosidad del terreno, o las heterogeneidades del volumen subsuperficial (Jackson et al., 1986). Hay numerosos estudios que establecen una relación entre el valor de retrodispersión de la sonda multihaz con el tamaño y las características físicas de los sedimentos (Goff et al., 2000; Urgeles et al., 2002; Nitsche et al., 2004; Medialdea et al., 2008) pero no es fácil discriminar la contribución en las variaciones de los valores de cada una de las características del fondo marino.

La cartografía de calidad del fondo marino se obtiene fundamentalmente aplicando una clasificación de la imagen de retrodispersión acústica que es monobanda, y por tanto, presenta el inconveniente de la falta de otras bandas para discriminar adecuadamente las clases temáticas planteadas con la precisión y fiabilidad requerida.

En este trabajo se propone realizar un análisis textural que mide la variación espacial de cada intensidad de los valores de retrodispersión del fondo marino para obtener nuevas bandas que describan propiedades como la varianza, media, entropía, sesgo..., y que se puedan utilizar individualmente o combinadas con otras bandas.

DATOS Y METODOLOGÍA

Para este trabajo se han utilizado los datos del proyecto *ESPACE* correspondiente a la plataforma continental de la Región de Murcia publicados por el

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, de la Secretaría General de pesca Marítima (2008). Estos datos son:

- Información obtenida con técnicas geofísicas (profundidad y retrodispersión del fondo marino) empleando una ecosonda multihaz dual de alta resolución EM3000 D.
- Muestreo de sedimentos superficiales con dragas, análisis granulométrico de las muestras y tratamiento estadístico de los resultados.
- Transectos submarinos con fotos, video y visu, para la caracterización bionómica en detalle.

Estos datos se han implementado en una herramienta SIG para visualizar, generar modelos 3D, analizar y obtener los documentos cartográficos cuyo contenido final se compone de:

- *Modelo digital de profundidades* (MDP). Obtenido a partir de los datos de la ecosonda, debidamente corregidos y filtrados con el programa Neptune. La resolución de este grid con la profundidad del fondo marino es de 5*5 m.
- *Curvas de batimetría*. Interpoladas a partir del MDP con equidistancia de 2 m.
- *Sombreado de profundidades*. Derivado a partir del MDP y resolución de 5*5 m.
- *Modelo de pendientes*. Derivado a partir del MDP y resolución de 5*5 m.
- *Retrodispersión del fondo marino*. Obtenido a partir de los datos de la ecosonda, debidamente corregidos y filtrados con el programa Neptune. La resolución de este grid de retrodispersión del fondo marino es de 5*5 m.
- *Características de textura* derivadas de matrices de ocurrencia y coocurrencias de niveles de gris de la retrodispersión del fondo marino.
- *Muestreo de sedimentos*. Generada a partir de la base de datos con los resultados del muestreo y análisis granulométrico de la toma de muestras. Este nivel de información muestra en cada punto, la distribución de las diferentes clases granulométricas obtenidas.
- *Transectos submarinos*. Generada a partir de la base de datos de los transectos submarinos que establece las poblaciones de las diferentes unidades bionómicas consideradas.

En el análisis textural se han aplicado matrices de ocurrencia y coocurrencia. Respecto a la matriz de ocurrencia, mide el número de veces que aparecen los niveles de gris en la ventana de procesado para el cálculo de las variables texturales (Anys et al., 1994). En este trabajo se han calculado intervalo de

valores de entropía, media, variancia, y sesgo para ventanas de 3*3, 7*7, 9*9. Por otro lado, el método de la coocurrencia representa los cambios en la distribución de intensidades o niveles de gris de una imagen y cuyos elementos $P(i, j)$ indican la frecuencia con la que dos niveles de gris i y j se dan en la imagen, tomando los píxeles dos a dos y separados una distancia D según una determinada dirección (Haralick et al., 1973). Para este análisis se han calculado los descriptores de variables de media, variancia, homogeneidad, contraste, disimilitud, segundo momento angular y correlación, aplicando ventanas de 3*3, 7*7, 9*9, 11*11, y desplazamientos de las ventanas de 1*1, 3*3, 7*7, 9*9.

En la clasificación supervisada se han considerado las siguientes categorías de sedimentos del fondo marino, atendiendo a su tamaño de grano: roca, gravas, arenas sin diferenciar, arenas gruesas, arenas medias, arenas finas, fango y arenas y fango. Para el entrenamiento de la clasificación se han tomado las muestras de sedimentos localizadas en el fondo marino con un sistema de posicionamiento global con corrección de señal diferencial (dGPS), seleccionando polígonos con los datos mas homogéneos posibles tanto de la imagen de retrodispersión como de las imágenes de variables texturales consideradas, teniendo en cuenta que al utilizar éstas variables hay errores significativos en las zonas de frontera entre clases (Ruiz et al., 2001; Ferro and Warner, 2002).

La interpretación y cartografía final de los procesos geológicos de la zona de estudio se han llevado a cabo teniendo en cuenta toda la información integrada en la base de datos espacial, pero en las que tiene un papel importante la clasificación supervisada, los diferentes modelos topográficos (en especial los sombreados con diferentes parámetros), la retrodispersión, las variables texturales y la batimetría.

RESULTADOS

Los valores de retrodispersión en la zona de estudio varían entre -10 dB y -40 dB. Los valores más altos corresponden a los afloramientos rocosos y gravas (entre -10 dB y -14 dB), los primeros perfectamente identificables con el modelo de sombreado. Las fracciones arenosas tienen valores típicos en un intervalo de retrodispersiones más amplio (-15 dB y -32 dB) en el que se incluyen sedimentos de arenas gruesas (entre -15 dB y -19 dB), arenas medias (entre -20 dB y -23 dB) y arenas finas (entre -25 dB y -32 dB). Por último, los términos fangosos presentan los valores más bajos de energía (entre -33 dB y -39 dB). Estos valores medios corresponden a las muestras de sedimentos más homogéneos en cuanto a tamaño de grano. Hay que tener en cuenta que la mayoría de las

muestras son términos heterogéneos que incluyen varias clases de tamaños de sedimentos, y por tanto, su respuesta va a estar condicionada por la proporción de cada uno de ellos. Con estos valores se puede identificar con fiabilidad los tres términos generales de sedimentos (gravas-arenas-fangos) pero para diferenciar los intermedios hay que contar con otro tipo de tratamientos.

El análisis textural de primer orden o matriz de ocurrencia, pone de manifiesto que las variables de media y variancia no ayudan a la identificación de las clases propuestas, ya que representan en mayor medida las condiciones del proceso de adquisición de la imagen (iluminación, brillo general de la escena o ganancia y desfase del sistema). Sin embargo, los análisis de media e intervalo de datos permiten identificar fronteras entre tipos de sedimentos que no se aprecian en otros niveles de información. De acuerdo con los trabajos de Maillard (2003), de todas las variables texturadas de segundo orden calculadas con la matriz de concurrencia, variable de segundo momento angular, entropía y contraste, son los que mejor información aportan a la hora de clasificar las clases definidas para los fondos marinos.

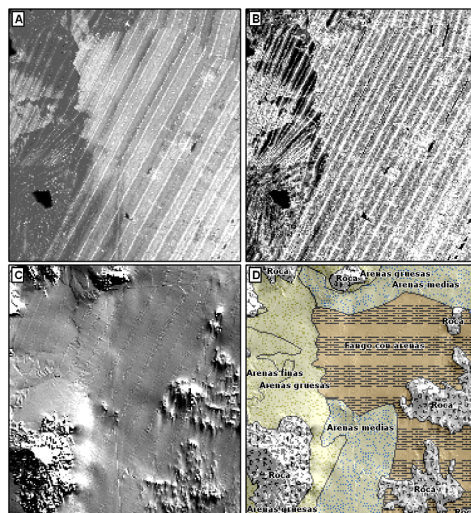


Figura 1.- A) Imagen de retrodispersión de una de las zonas de estudio en niveles de gris. B) Variable entropía del análisis textural de coocurrencia obtenido de la imagen de retrodispersión en la que se definen nuevos bordes que corresponden a límites de tipos de sedimentos. C) Sombreado obtenido a partir del Modelo Digital de Profundidades (MDP) con el que se identifican bien los afloramientos rocosos y algunos límites de clases. D) Cartografía interpretada del fondo marino.

CONCLUSIONES

Los patrones definidos por la retrodispersión de sonda multihaz han sido interpretados para determinar las clases de sedimentos establecidas (de acuerdo al tamaño de grano) presentes en el fondo marino. Los valores extremos permiten diferenciar los grandes grupos (valores altos corresponden a gravas, valores bajos a fangos y valores intermedios a arenas).

El análisis textural (matriz de ocurrencia y matriz de coocurrencia) de estos valores aporta nuevos niveles de información que, junto a los sombreados y la batimetría, permiten identificar límites entre diferentes clases de sedimentos y su clasificación que únicamente con la imagen de retrodispersión no es posible, y por tanto, es una metodología que debe desarrollarse y ser tenida en cuenta para trabajos con objetivos similares.

BIBLIOGRAFÍA

Anys, H., A. Bannari, D. C. He, and D. Morin. 1994. Texture analysis for the mapping of urban areas using airborne MEIS-II images. *Proceedings of the First International Airborne Remote Sensing Conference and Exhibition*. 3, pp. 231-245.

Ferro, C. and Warner, T. 2002. Scale and texture in digital image classification. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 68, pp. 51-63.

Goff, J.A., Olson, H.C., Duncan, C.S. 2000. Correlation of side scan backscatter intensity with grain size distribution of shelf sediments, New Jersey margin. *Geology Marine Letters*. 20, pp. 43-49.

Haralick, R. M., Shanmugan, K., and Dinstein, I. 1973. Textural Features for Image Classification. *IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetic*. 3, pp. 610-621.

Maillard, P. 2003. Comparing Texture Analysis Methods through Classification, *PE&RS*, 69, pp. 357-367.

Medialdea, T., Somoza, L., León, R., Farrán, M., Ercilla, G., Maestro, A., Casas, D., Llave, E., Hernández-Molina, F.J., Fernández-Puga, M.C., Alonso, B. 2008. Multibeam backscatter as a tool for sea-floor characterization and identification of oil spills in the Galicia Bank. *Marine Geology*, 249, pp. 93-107

Nitsche, F.O., Bell, R., Carbotte, S.M., Ryan, W.B.F., Flood, R. 2004. Process-related classification of acoustic data from the Hudson River Estuary. *Marine Geology*. 209, pp. 131-145.

Ruiz, L. A., Acosta, P., Fernández. Sarria, A., Porres, M. J. y Pardo, J. E. 2001. Mejora de la eficiencia en la segmentación de imágenes por texturas mediante filtros de energía” en Rosell, J. y Martínez, J. A. (Coords.): Teledetección: Medio ambiente y cambio global. *Proceedings del IX Congreso Nacional de Teledetección*. pp. 477-480.

Sanz, J. L. 2009. La investigación de la plataforma continental española. El proyecto *ESPACE*. 2008. http://www.ieo.es/ESPACE/descripcion_ESPACE.htm

Urgeles, R., Locat, J., Schmitt, T., Hughes Clarke, J.E., 2002. The July 1996 flood deposit in the Sanguenay Fjord, Quebec, Canada: implications for sources of spatial and temporal backscatter variations. *Marine Geology*. 184, pp. 41-60.

AGRADECIMIENTOS

Los datos utilizados para este trabajo pertenecen al proyecto *ESPACE* (Estudio de la plataforma continental española) que desarrolla la Secretaría General de Pesca Marítima del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Para la realización del trabajo se han utilizado las instalaciones del Laboratorio de Teledetección y Exploración Planetaria (Labtep) de la Universidad Rey Juan Carlos de Madrid.