

INTEGRACIÓN DE DATOS GEOFÍSICOS DEL OFFSHORE DEL URUGUAY PARA LA GENERACIÓN DE UN MAPA BATIMÉTRICO 3D Y LA CARACTERIZACIÓN DE ESTRUCTURAS DEL LECHO MARINO

Rodríguez P.¹; Novo R.¹; Gristo P.¹

1 - Exploración y Producción – ANCAP, Montevideo, Uruguay.

parodrigue@ancap.com.uy

RESUMEN:

Como resultado de las actividades de exploración de hidrocarburos realizadas en Uruguay, entre los años 1970 y 2017, se conformó una importante base de datos geofísicos y geológicos, especialmente de las cuencas *offshore*. Entre estos datos se destacan casi 41.000 km² de sísmica 3D y aproximadamente 40.000 km de sísmica 2D. En paralelo a estas campañas de levantamiento de datos geofísicos, han sido adquiridos datos batimétricos monohaz y multihaz de alta resolución. Estos últimos con objetivos diversos como lo son la realización de un estudio para la determinación de la línea de base ambiental y la planificación de la ubicación precisa del pozo exploratorio Raya X-1. El dato batimétrico también puede ser extraído de la información sísmica procesada a partir de la interpretación del reflector correspondiente al fondo marino. Si se trata de sísmica en profundidad este horizonte debería ser muy cercano al dato batimétrico y si la información sísmica está en tiempo, a partir de un simple escalado, el horizonte del fondo marino puede ser convertido a profundidad e integrado al análisis. En este trabajo se muestra un ejemplo de integración de datos batimétricos monohaz, con datos de batimetría multihaz y con la información del fondo marino extraída de la interpretación del dato sísmico. Esta integración permitió crear un mapa batimétrico regional del *offshore* del Uruguay, que es presentado en este trabajo y cuya resolución permite caracterizar estructuras tales como canales y cañones submarinos.

Palabras-clave: Geofísica, Sísmica, Batimetría, Offshore, Uruguay.

INTRODUCCIÓN

El *offshore* del Uruguay cuenta con una importante base de datos geofísicos. A partir del año 1970 y hasta la fecha, en el marco de la promoción de actividades de exploración de hidrocarburos, se han registrado aproximadamente 40.000 km de sísmica 2D y 41.000 km² de sísmica 3D (ver mapa en Figura N°1). Adicionalmente, se han adquirido datos de: gravimetría, magnetometría, magnetotelúrica, electromagnetismo 3D de fuente controlada y batimetría. Dentro de esta categoría se encuentran los tradicionales datos batimétricos monohaz, ampliamente utilizados en embarcaciones tanto deportivas como de investigación, y los datos batimétricos multihaz. Estos últimos, son utilizados en aplicaciones especiales como por ejemplo la búsqueda de un naufragio, el mapeo de un canal de navegación o el mapeo de accidentes en la fisionomía del fondo marino tales como cañones submarinos o lugares de deslizamientos de sedimentos.

En las ecosondas multihaz, un abanico de pulsos de alta frecuencia en el rango de las decenas de kHz, es emitido de forma transversal al rumbo del buque formando un ángulo de 120° a 150°, lo que es equivalente a barrer en la transversal una distancia de 3,5 a 7,5 veces la lámina de agua (Wölfl *et al.* 2019). Un ejemplo de estas ecosondas es la Kongsberg EM-302, la cual barre lateralmente 5,5 veces la lámina de agua, es decir que, a 1.000 m de batimetría, esta ecosonda barre 2,75 km a cada lado del buque.

Por otra parte, las ecosondas monohaz, normalmente trabajan con pulsos de dos frecuencias: una alta y otra baja. Los de alta frecuencia son para el perfilado de las zonas someras (plataforma continental y talud superior), y los de baja frecuencia, para las zonas profundas (talud inferior, emersión y llanura abisal) (Dierssen y Theberge 2014). Una de las ecosondas utilizadas en el *offshore* de Uruguay es la Kongsberg EA600. La misma es capaz de generar pulsos de entre 12 a 710 kHz, siendo que para el levantamiento de datos en nuestro margen se configuró con pulsos de 200 kHz para el perfilado de las zonas someras y de 18 kHz para el de las zonas profundas.

Con respecto a la resolución del dato batimétrico extraído de la información sísmica, la misma dependerá de los parámetros de adquisición empleados. Las frecuencias habituales de registro sísmico son de 2 a 250 Hz (O'Driscoll *et al.* 2013), muy inferiores a las utilizadas por las ecosondas mencionadas. En el caso de los datos del *offshore* del Uruguay, normalmente la exactitud del dato es mejor (menor) a la decena de metros, perdiéndose capacidad de resolución cuanto mayor es la lámina de agua, esto es principalmente debido a la absorción de la energía, las frecuencias más altas son atenuadas al aumentar la profundidad (O'Driscoll *et al.* 2013).

METODOLOGÍA

Para este trabajo se generó una base de datos con: la información de batimetría multihaz que se disponía, la información batimétrica extraída de la interpretación de sísmica 3D y los datos batimétricos provenientes de levantamientos sísmicos 2D (Figura N°1). Para los casos de levantamientos antiguos que no contaron con registro digital del dato batimétrico, el mismo fue extraído a partir de la interpretación de la información sísmica.

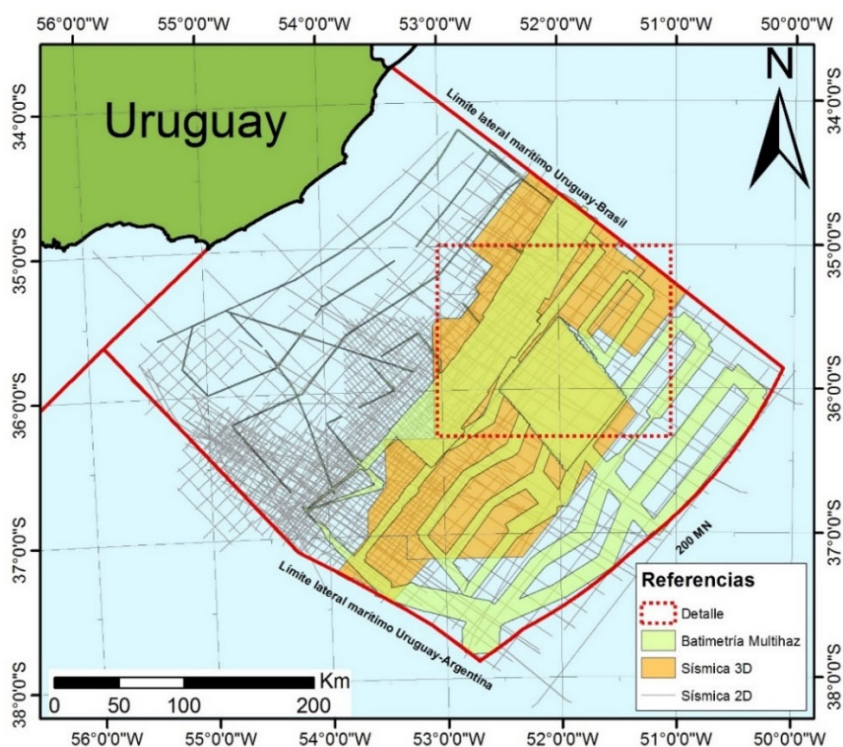


FIGURA N°1: Mapa de ubicación de los datos empleados.

En los levantamientos sísmicos procesados en tiempo, el fondo marino fue interpretado en tiempo doble (“two way time” o TWT por sus siglas en inglés) y luego escalado a profundidad empleando para esto la velocidad de propagación de las ondas acústicas en el agua. En este caso, el dato de la velocidad se obtuvo a partir de las medidas realizadas por sondas “TS Dip”, que son dispositivos que permiten la determinación de la velocidad de propagación de ondas acústicas en el agua a partir de la medición de propiedades físicas tales como temperatura y salinidad en función de la profundidad. De este tipo de estudios surge que 1.495 m/s es un valor representativo para la velocidad de propagación promedio de las ondas acústicas en el *offshore* del Uruguay. Por tanto, para el escalado a profundidad, se aplicó la siguiente fórmula:

$$\text{Profundidad (m)} = \frac{\text{profundidad(TWT)} * 1.495 \text{ m/s}}{2}$$

Adicionalmente, en las zonas de solape de los diferentes conjuntos de datos, y con el objetivo de maximizar la resolución del mapa final, se priorizó el dato de ecosonda multihaz, luego el interpretado de la sísmica 3D y finalmente el de la sísmica 2D.

MAPA BATIMÉTRICO

El mapa batimétrico del *offshore* del Uruguay se observa en la Figura N°2. En su elaboración, en las áreas donde no se tenía cobertura de dato sísmico o batimétrico, se incluyeron datos de topografía satelital de la misión “*Shuttle Radar Topography Mission*” (SRTM) de NASA (2014), grillados con tamaño de celda de 4x4 km. Para el área *onshore* del Uruguay se utilizaron los datos del Modelo Digital de Terreno del Ministerio de Ganadería Agricultura y Pesca (MGAP 2016) grillados con celdas de tamaño de 500x500 m.

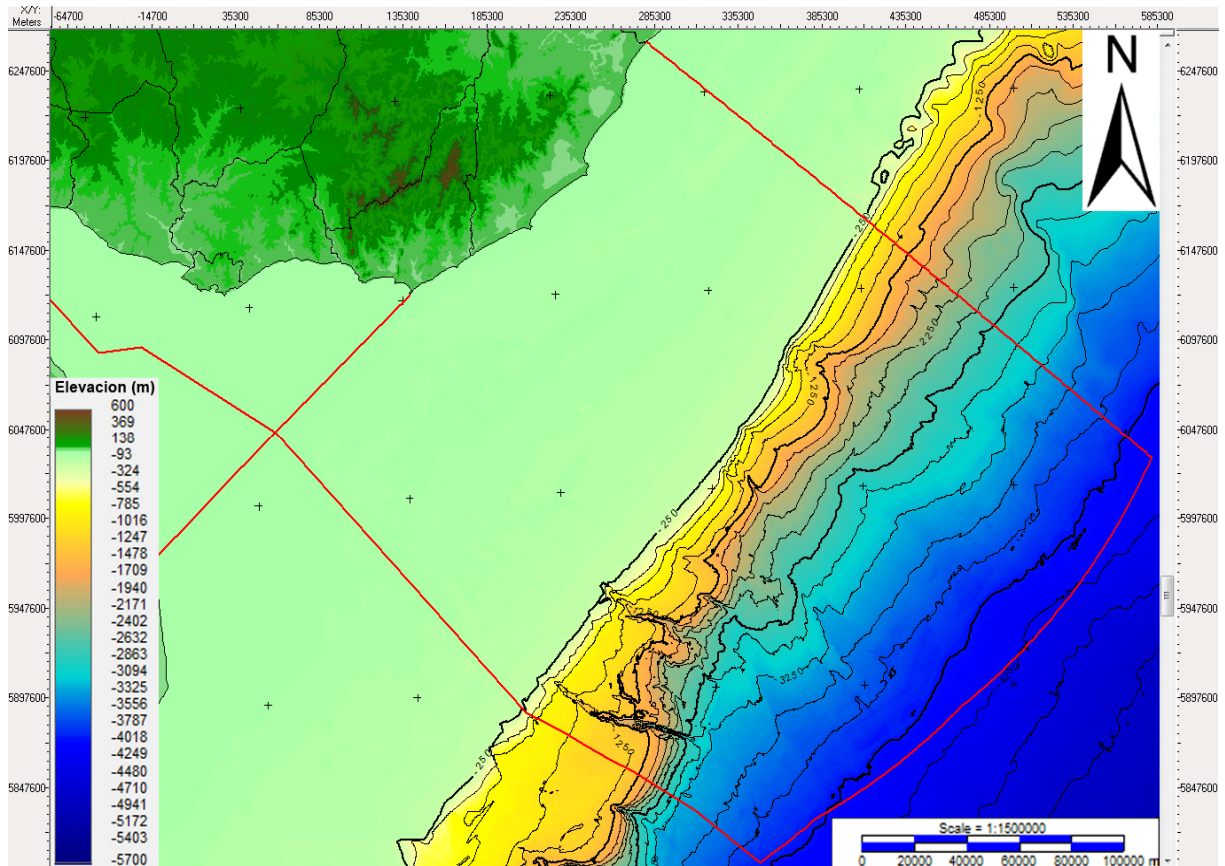


FIGURA N°2: Mapa batimétrico del *offshore* de Uruguay.

Este mapa resalta en la Cuenca Punta del Este (al suroeste del margen), una morfología con grandes terrazas escalonadas y altamente afectada por la presencia de cañones submarinos, mientras que en la Cuenca Pelotas (al noroeste del margen) se destaca una morfología de pendientes más suaves, hecho que se ve reflejado en la mayor separación existente entre las isóbatas en la región del talud continental.

En la Figura N°3, se observa un detalle 3D de la zona delimitada por el rectángulo rojo que se muestra en la Figura N°1. En el mismo se observan una serie de sistemas de cañones submarinos definidos y denominados previamente, por Hernández-Molina *et al.* (2016), como: José Ignacio, La Paloma y Cabo Polonio. Además, asociado a este último sistema de cañones, se evidencia la presencia de un importante mega-deslizamiento sedimentario.

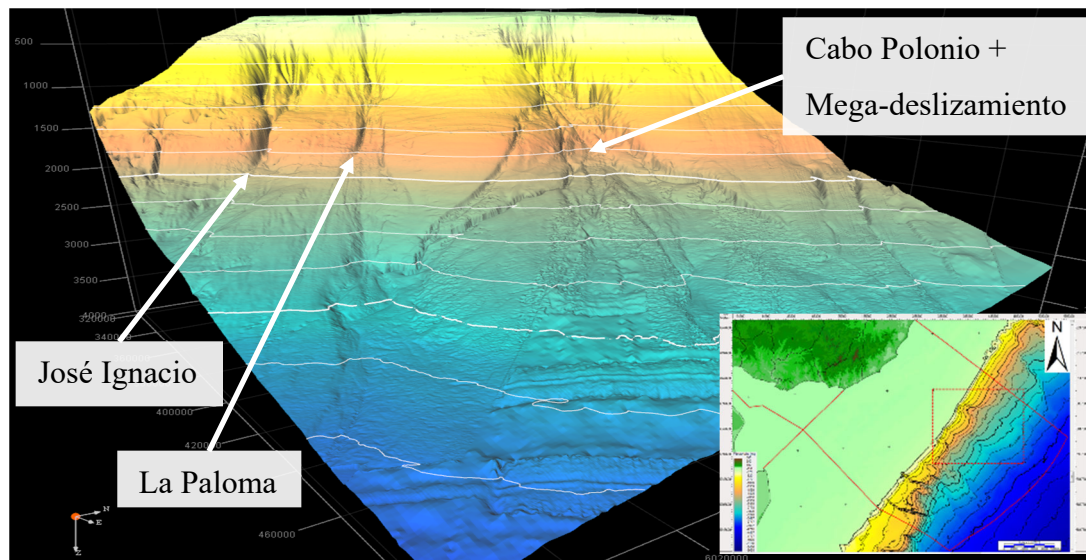


FIGURA N°3: Detalle en 3D de parte del mapa batimétrico del Uruguay (cuenca Pelotas) donde se observan cañones y zonas de deslizamiento previamente reconocidas por Hernández-Molina *et al.* (2016).

CONCLUSIONES

La extracción de datos batimétricos a partir de la interpretación de datos sísmicos, y especialmente de datos sísmicos 3D, ha demostrado ser de mucha utilidad para conocer la morfología del fondo marino del *offshore*. Estos datos permiten la caracterización de estructuras tales como canales y cañones submarinos. Tanto la sísmica procesada en tiempo como en profundidad, puede ser utilizada para la extracción de este tipo de dato. En la integración de los datos, se le dio prioridad a los provenientes de levantamientos multihaz, seguidos por los provenientes de la interpretación de la sísmica 3D y por último los monohaz e interpretados de la sísmica 2D. A partir de estos resultados se puede generar un mapa geomorfológico para todo el *offshore* del Uruguay que sirva de referencia para futuros desarrollos en el área.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Dierssen, H.M. & Theberge, A.E. 2014. Bathymetry: Assessing Methods. In: Y. Wang (Ed.). Encyclopedia of Natural Resources, Volume II - Water and Air. Taylor & Francis Group, 1-8.
- Hernández-Molina, F.J., Soto, M., Piola, A.R., Tomasini, J., Thompson, P., Badalini, G., Creaser, A., Violante, R.A., Morales, E., Paterlini, M. & de Santa Ana, H. 2016. A contourite depositional system along the Uruguayan continental margin: Sedimentary, oceanographic and paleoceanographic implications. *Marine Geology*, 378: 333 - 349.
- Ministerio de Ganadería, Agricultura y Pesca, 2016. Drenaje natural de las tierras de Uruguay. http://web.renare.gub.uy/sig/dem_renare/dem.zip.
- NASA, 2013. Shuttle Radar Topography Mission (SRTM) Global. Distributed by OpenTopography. <https://doi.org/10.5069/G9445JDF>.
- O'Driscoll, R., King, D., Tatarata, A. & Montico, Y. 2013. Broad-bandwidth data processing of conventional marine streamer data: an offshore West Africa field case study. In: SEG 83rd Annual International Meeting, Houston, 4231 - 4235.
- Wölfl, A-C., Snaith, H., Amirebrahim, S., Devey, C.W., Dorschel, B., Ferrini, V.L., Huvenne, V.A.I., Jakobsson, M., Jencks, J., Johnston, G., Lamarche, G., Mayer, L.A., Millar, D., Pedersen, T., Picard, K., Reitz, A., Schmitt, T., Visbeck, M., Weatherall, P. & Wigley, R. 2019. Seafloor Mapping – The Challenge of a Truly Global Ocean Bathymetry. *Frontiers in Marine Science*, 6: 1 - 16.