

Compilación y análisis de data batimétrica relevante previo a la determinación de la plataforma continental jurídica del Ecuador

Nilton Sánchez, Lourdes Muñoz, Karla Tituana, Isabel García, Carolina Rivas, Andrea Suárez
Grupo de Extensión de la Plataforma Continental/Dirección de Plataforma Continental y Fondo Oceánico
(DIPAFO)/Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR)

nilton.sanchez@inocar.mil.ec, lourdes.munoz@inocar.mil.ec, isabel.garcia@inocar.mil.ec, karla.tituana@inocar.mil.ec,
carolina.rivas@inocar.mil.ec, andrea.suarez@inocar.mil.ec

Resumen—La Cordillera de Carnegie, originada a partir de la interacción entre el centro de expansión Cocos-Nazca con el punto caliente de Galápagos ~ 23 Ma y considerada una prolongación natural de la Provincia Volcánica de Galápagos, se encuentra localizada entre las Islas Galápagos y la Costa Ecuatoriana Continental con una alineación W-E. Esta cordillera submarina puede ser utilizada para respaldar una nueva delimitación de los límites jurídicos de la plataforma continental aplicando el Art. 76 de la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR). Bajo esta premisa se crearon perfiles longitudinales a partir de los softwares hidrográficos GeoMapApp, QPS Fledermaus y QPS Quimera a partir de datos existentes tomados por el BAE ORION en los años 2014 y 2016, con el objetivo principal de desarrollar una caracterización preliminar de la cordillera y su extensión en el fondo oceánico. Se pudo observar continuidad de la cordillera después de la estructura de la “Montura de Carnegie” en los perfiles multihaz latitudinales y longitudinales que muestran una diferencia de profundidad de ~ 3 km en ambos flancos hacia las cuencas sedimentarias. Como resultado, debido a las características complejas detectadas en la Cuenca de Panamá (flanco norte) y la Cuenca Peruana (flanco sur), se eligieron 11 pies de talud tentativos (FOS) para extender 60 millas náuticas el límite de la plataforma continental siguiendo las restricciones impuestas por la CONVEMAR, obteniendo un área marítima total extendida de 126,4 km².

Palabras Claves—Montura de Carnegie, perfiles multihaz latitudinales y longitudinales.

Abstract—The Carnegie Ridge, created from the interaction between the Cocos-Nazca spreading center and Galápagos Hotspot ~23 Ma, and considered as a natural prolongation of Volcanic Galapagos Province, lies between The Galapagos Islands and the Continental Ecuadorian Coast with a W-E lineation. This submarine ridge can be used to support a new delimitation of the juridical continental shelf boundaries applying the Act. 76 of the United Nations Convention on the Law of the Sea (UNCLOS). Hence, longitudinal profiles were created with hydrographic software such as GeoMapApp, QPS Fledermaus and QPS Quimera from existing data taken by the R/V-91 Orion in 2014 and 2016, with the main purpose of developing a preliminary characterization of the ridge and its extension in the ocean floor. A lateral continuation of the ridge can be seen after the “Galápagos Saddle” structure in the latitudinal and longitudinal multibeam profiles, which also shows a depth difference of ~3 km in both flanks toward the sedimentary basins. As a result, due to complex features spotted in the Panama Basin (northern flank) and Peruvian Basin (southern flank), 11 tentative foot of the slope (FOS) were chosen to extend 60 nautical miles the continental shelf boundary, following the restrictions imposed by UNCLOS, obtaining a total extended maritime area of 126.4 km².

Keywords—Carnegie-Galápagos Saddle, latitudinal and longitudinal multibeam profiles.

I. INTRODUCCIÓN

De acuerdo con el párrafo 1 del Artículo 76 de la CONVEMAR, “la plataforma continental de un Estado ribereño comprende el lecho y el subsuelo de las áreas submarinas que se extienden más allá de su mar territorial y a todo lo largo de la prolongación natural de su territorio hasta el borde exterior del margen continental, o bien hasta una distancia de 200 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial” [1]. En el caso de la República del Ecuador, y en base a varios estudios científicos y técnicos ejecutados por el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR) desde el año 2012, y en referencia a las Guías Técnicas establecidas por la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLCS, por sus siglas en inglés) [2], existen dos escenarios para trazar los límites exteriores aplicando la denominada Prueba de Pertenencia: desde el Ecuador continental y desde las Islas Galápagos. El primer caso no es factible debido a que no se cumple el principio de prolongación natural por la existencia de la Fosa Ecuatoriana. Por el contrario, el Archipiélago de Galápagos y su plataforma forman un alineamiento continuo en dirección W-E, y es allí donde el artículo 76 [1] sí puede ser aplicado.

Desde la plataforma insular de las Islas Galápagos se forma una cordillera submarina llamada Carnegie, la cual se originó hace 23 millones de años aproximadamente [3] como resultado de la interacción tectónica y volcánica continua entre el Centro de Convergencia Cocos-Nazca (CNSC), y el Punto Caliente de Galápagos (Galápagos Hotspot). Acorde con Sallares [3], a pesar de varios estudios efectuados a lo largo de la Cordillera de Carnegie (tales como composición geoquímica, estructura de las cortezas oceánicas, propiedades físicas, geología, y morfología del fondo), la existencia de gradientes de profundidad muy pronunciados e irregulares en sus flancos norte y sur hace difícil la identificación preliminar los puntos del pie de talud continental, con la batimetría disponible. A fin de solventar aquello, el presente trabajo analiza la data batimétrica de los seis primeros cruceros efectuados por el BAE ORION entre los años 2014 y 2016 en el área de posible extensión (denominada RIGHEL), con el objetivo de obtener una caracterización preliminar del fondo oceánico y poder conocer si la Cordillera submarina de Carnegie es

determinante para la potencial extensión de la plataforma continental jurídica del Ecuador [4].

II. MÉTODO

Para analizar lo indicado, se efectúa 1) la compilación y procesamiento de la data batimétrica disponible hasta el año 2016 en el área RIGHEL, 2) el análisis con perfiles batimétricos latitudinal y longitudinal y posteriormente, 3) el análisis de las superficies obtenidas en complemento a lo descrito en el Artículo 76 de la CONVEMAR, así como la necesidad de información adicional. 1) Conociendo que no existen bases de datos en el Ecuador que contengan información proveniente de ecosondas de haz simple y multihaz, en especial de plataformas de investigación de otros países, se seleccionaron 02 fuentes importantes: a) los datos obtenidos con la ecosonda multihaz Kongsberg EM-302 desde el año 2014, existente en el BAE ORION, ilustrados en la Fig. 1, y b) los datos de NCEI (National Centers for Environmental Information), entidad perteneciente a la NOAA (National Oceanic and Atmosphere Administration) [5], ilustrados en la Fig. 2.

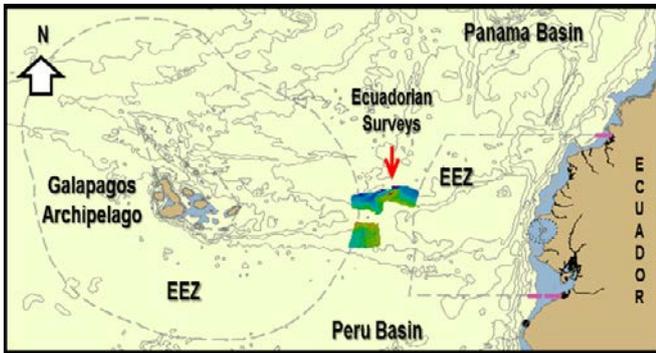


Fig. 1. Ubicación de los 06 levantamientos batimétricos ejecutados por la BAE ORION en el área de potencial extensión.



Fig. 2. Información recopilada de la página web de NCEI, la cual posee un repositorio de todos los levantamientos batimétricos a nivel mundial desde el año 1960 [5].

2) Con la información obtenida, se obtuvieron varios perfiles batimétricos (tal y como se ilustra en la Fig. 3 y Fig. 4), en complemento con los siguientes programas hidrográficos: GeoMapApp (versión 3.6.3), QPS Fledermaus (versión 7.6.3), QPS Quimera y los reportes de los siguientes proyectos de perforación submarina ejecutados cerca del área de estudio (Ruta 16, perforaciones 156 y 157; Ruta 70, perforaciones desde 506 hasta 510; Ruta 54, perforación 425; y Ruta 202, perforaciones 1238, 1239, 1240 y 1241) [6]. Adicional a aquello, se utilizó la información de la página web del SCUFN (GEBCO Sub-

Committee on Undersea Feature Names), con el fin de identificar las principales características del fondo marino en el área de estudio [4].

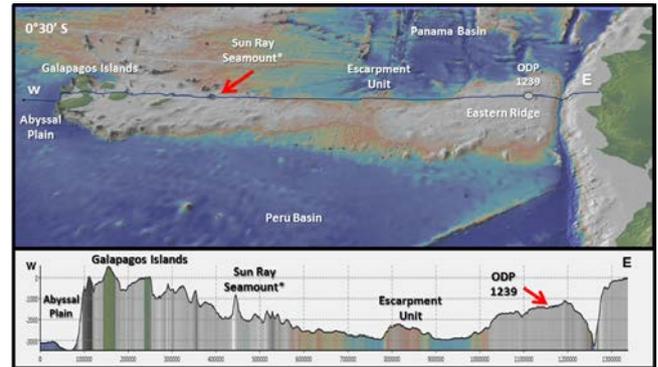


Fig. 3. Perfil latitudinal ($0^{\circ}30'S$) a lo largo de la Cordillera de Carnegie. Se pueden observar que su área central (denominada Montura de Carnegie o Carnegie Saddle) posee cierta continuidad, la cual debe ser demostrada con información adicional.

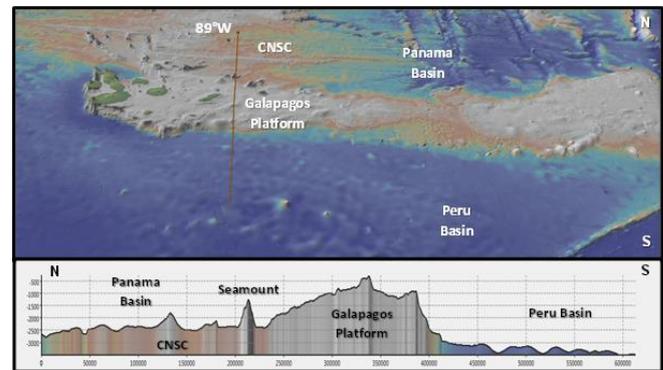


Fig. 4. Perfil longitudinal ($89^{\circ}W$) a través de la Cordillera de Carnegie y plataforma insular. Se pueden observar el contraste existente entre las 02 cuencas oceánicas adyacentes (Panamá y Perú).

Los perfiles latitudinales generados permiten demostrar preliminarmente que la Cordillera submarina de Carnegie es la prolongación natural de la plataforma insular ecuatoriana. Es decir, los datos batimétricos obtenidos a lo largo de la cordillera no presentan ningún corte o interrupción, especialmente en el área central denominada Montura de Carnegie (o Carnegie Saddle). Además, se pudo comprobar que la zona de transición de profundidad entre la cordillera y las cuencas oceánicas adyacentes se encuentra aproximadamente a 3.000 metros [4]. El flanco norte presenta varias elevaciones submarinas cerca de la plataforma insular, además de una zona de escarpe pronunciada ubicada en el área central, tal como se ilustra en la Fig. 5.

De acuerdo con el reporte del proyecto de perforación 1240 (ODP 1240), la influencia de la Corriente Subecuatorial pudo originar varios valles submarinos en el área [6]. De la misma forma, los perfiles longitudinales generados permiten demostrar el contraste existente entre la Cordillera de Carnegie y las cuencas oceánicas adyacentes. En el flanco norte, el veril de 3.100 metros preliminarmente representa la transición entre la cordillera y la cuenca de Panamá, mientras que la transición con la cuenca de Perú se encuentra aproximadamente a 3.000 metros [4]. Aunque la morfología del fondo oceánico en esta cuenca es relativamente plana en comparación a la cuenca de Panamá, la presencia de montañas submarinas dispersas, depresiones

circulares y valles estrechos en el flanco sur (Fig. 6), hacen difícil identificar los puntos de máximo cambio de gradiente [4].

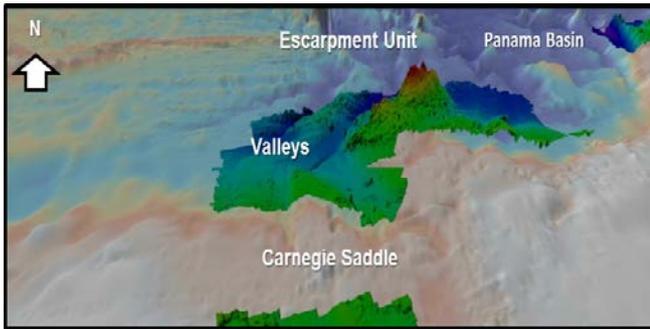


Fig. 5. Principales características geomorfológicas identificadas en el flanco norte de la Cordillera de Carnegie.

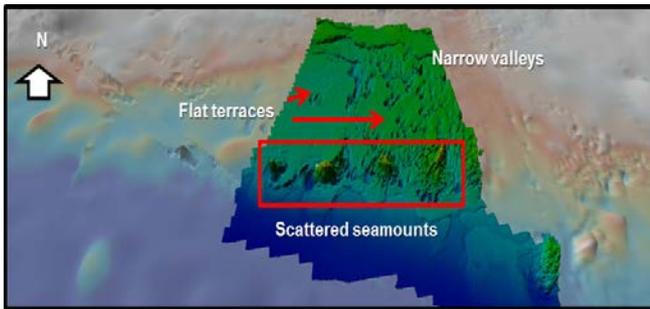


Fig. 6. Principales características geomorfológicas identificadas en el flanco sur de la Cordillera de Carnegie.

III. ANÁLISIS DE RESULTADOS

La CONVEMAR establece zonas marítimas para los Estados ribereños y Archipelágicos [1]. En el caso de las Islas Galápagos, y aplicando su Parte IV Estados Archipelágicos y 121 Régimen de Islas: los puntos extremos y más alejados de sus islas determinan sus líneas de base (aprobadas por Decreto Ejecutivo del año 1971) y sus aguas interiores; su Mar Territorial se extiende desde su sistema de líneas de base hasta una distancia de 12 millas náuticas; su Zona Contigua se extiende desde el límite de las 12 millas náuticas del Mar Territorial hasta 24 mn; y su Zona Económica Exclusiva se extiende más allá de las 200 millas náuticas desde las líneas de base [2]. Estas áreas, ilustradas en la Fig. 7, corresponden a la plataforma continental jurídica de las Islas Galápagos, mientras que la plataforma continental científica o margen continental está compuesta por la plataforma continental, el talud continental y emersión continental todas ubicadas en la misma corteza continental (en este caso, insular) [2].



Fig. 7. Plataforma continental jurídica aplicada para las Islas Galápagos, basado en lo detallado en el Artículo 121 de la CONVEMAR [7].

Para efectos del presente trabajo y debido a la disponibilidad de la información indicada anteriormente, el cálculo de los límites exteriores más allá de las 200 millas náuticas se generó a partir de puntos hipotéticos de pie de talud, identificados en la zona de la base del pie de talud en ambos flancos de la Cordillera de Carnegie (Fig. 8). Es decir, en la zona de transición de profundidad entre ella y las cuencas oceánicas de Panamá y Perú.

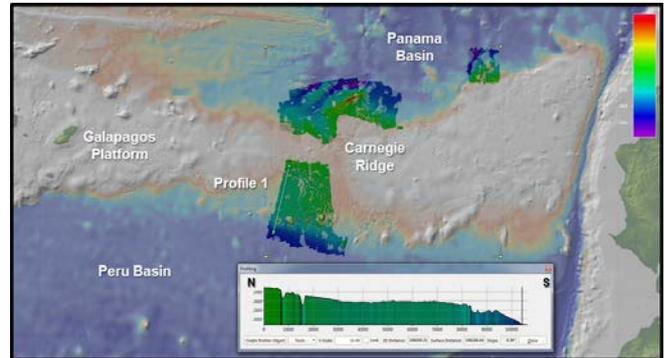
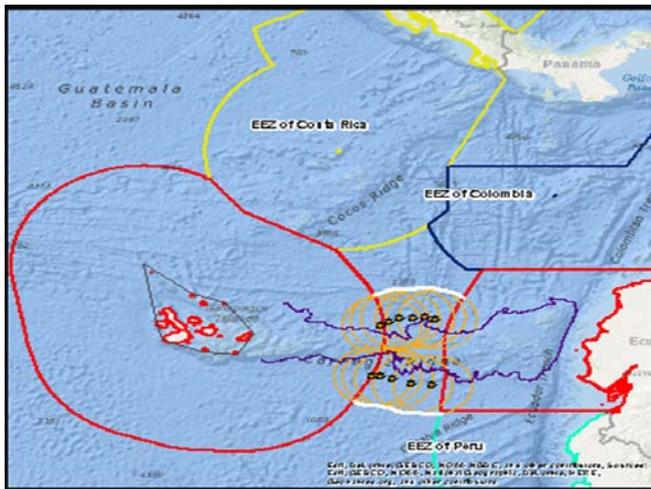
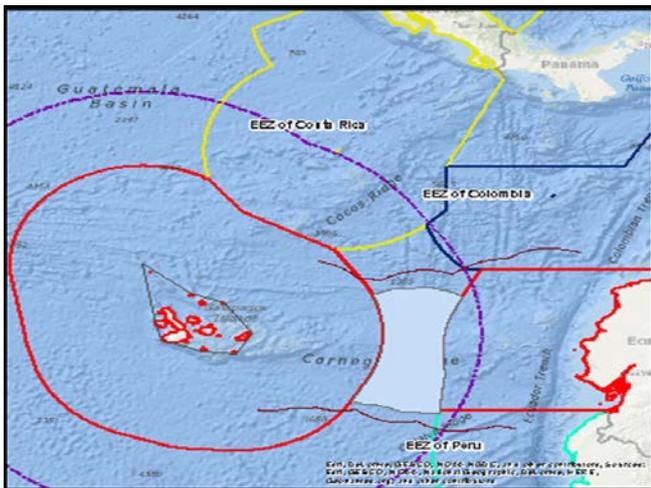


Fig. 8. Identificación de los puntos hipotéticos de pie de talud en ambos flancos de la Cordillera de Carnegie con el programa QPS Quimera.

Tal y como se detalla en el párrafo 4 del Artículo 76, los Estados ribereños pueden establecer los límites exteriores del margen continental más allá de las 200 millas náuticas mediante una línea que una puntos fijos no más de 60 mn del pie de talud continental, o situados donde el espesor de las rocas sedimentarias sea por lo menos 1% de la distancia más corta entre ese punto y el pie de talud continental [1]. En cuanto al límite del área de extensión de la plataforma continental existen dos tipos de restricciones según la geoforma, si se considera a Carnegie como cordillera submarina, su límite exterior no puede exceder las 350 mn medidas desde las líneas de base (lo cual no aplica a elevaciones submarinas); por el contrario, si se considera a la cordillera de Carnegie como una elevación submarina, el párrafo 5 del mismo artículo indica que el límite exterior no debe sobrepasar 100 mn desde la isobata de 2.500 metros [2]. En consecuencia, el proceso para determinar el área de potencial extensión se muestra en la Fig. 9(a) y Fig. 9(b).



(a)



(b)

Fig. 9. Procesamiento en el programa ArcGIS versión 10.3.1 que ilustra el proceso de extensión de plataforma continental desde las Islas Galápagos, tomando en cuenta las Zonas Económicas Exclusivas de los países vecinos (rojo: Ecuador, azul: Colombia y amarillo: Costa Rica).

La Fig. 9(a) muestra la identificación de los puntos hipotéticos de pie de talud (color naranja) y el trazado del límite exterior desde el pie de talud continental (línea color blanco); como referencia se muestra la isóbata de 2.500 m en color púrpura; la Fig. 9(b) muestra en cambio la restricción de 100 millas náuticas a partir de la isóbata de 2500 m (color vino) y la restricción de 350 millas náuticas (líneas púrpuras punteadas). Finalmente, como resultado hipotético del procesamiento, se muestra la plataforma continental extendida (polígono celeste claro), la cual, para efectos del presente estudio, tiene una superficie aproximada de 126.353,5 km².

IV. CONCLUSIONES

La presente configuración de la plataforma insular de Galápagos y la Cordillera de Carnegie podrían confirmar que ambas, junto al área de posible extensión, comparten un origen común desde la interacción del CNSC y punto caliente de Galápagos hace 23 millones de años. Los perfiles batimétricos obtenidos permiten demostrar que el área de la Montura de Carnegie es una estructura geológica continua. Por lo tanto, la morfología del fondo oceánico entre la plataforma insular de Galápagos y Cordillera submarina de

Carnegie poseen similares características. Con base a lo establecido en la CONVEMAR y en las Guías Científicas y Técnicas del Comité de Límites de la Plataforma Continental, la identificación de puntos de pie de talud permite determinar una potencial área de extensión de plataforma desde las islas Galápagos de aproximadamente 126.353,5 km². Conociendo que los puntos de máximo cambio de gradiente son difíciles de identificar con la data batimétrica disponible, es mandatorio efectuar campañas batimétricas adicionales para determinar la base del pie de talud, el cual puede ser localizado, basado en la metodología del presente trabajo, en las zonas de transición de profundidad entre la cordillera y las cuencas de Panamá y Perú, de acuerdo a la Fig. 10.

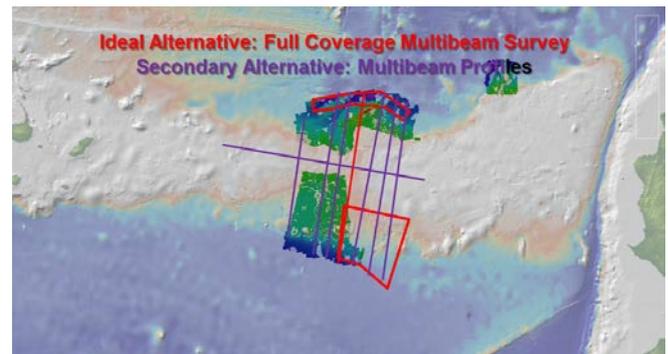


Fig. 10. Áreas donde se recomienda ejecutar campañas batimétricas adicionales, como resultado del presente trabajo.

REFERENCIAS

- [1] Organización de las Naciones Unidas, “Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar,” 1994. [En línea]. Disponible: http://www.un.org/depts/los/convention_agreements/texts/unclos/convemar_es.pdf.
- [2] Organización de las Naciones Unidas, “Directrices Científicas Y Técnicas De La Comisión De Límites De La Plataforma Continental,” 1999. [En línea]. Disponible: http://www.un.org/depts/los/clcs_new/documents/Guidelines/CLCS_11.htm.
- [3] V. Sallarès, C. Witt, F. Michaud, A. Calahorrano, S. Hidalgo y P. Samaniego, “Technical and scientific report on the natural prolongation of the Carnegie Ridge with respect to the Galapagos platform,” 2008. [En línea]. Disponible: <https://almud.cmima.csic.es/output/data/files/IDI/Valenti/Convemar/Carnegie/InformeCarnegieConvemar-Abril2008.pdf>.
- [4] N. Sánchez, “The Compilation and Analysis of Bathymetric Relevant Data, Prior the Determination of the Juridical Continental Shelf of Ecuador,” 2016. [En línea]. Disponible: <http://ccom.unh.edu/seminars/compilation-and-analysis-bathymetric-relevant-data-prior-determination-juridical>.
- [5] “National Centers for Environmental Information,” National Oceanic and Atmospheric Administration, [En línea]. Disponible: <https://www.ngdc.noaa.gov/>. [Último acceso: 2016].
- [6] I. O. D. Program, “Mapas y herramientas en formato kml: Archivos de perforaciones de océano profundo de los programas DSDP, ODP, e IODP,” Mapas y herramientas en formato kml: Archivos de perforaciones de océano profundo de los programas DSDP, ODP, e IODP, 2016. [En línea]. Disponible: <https://www.iodp.org/resources/maps-and-kml-tools>.
- [7] J. Batongbacal, “Arbitration 101: Philippines V. China,” 2013. [En línea]. Disponible: <https://amti.csis.org/arbitration-101-philippines-v-china/>.