
Morphological description of the continental shelf of Ecuador and comparative analysis with the juridical plataform applying UNCLOS, by using Geographic Information Systems.



Descripción morfológica de la plataforma continental del Ecuador y análisis comparativo con la plataforma jurídica aplicando la CONVEMAR, mediante el uso de sistemas de información geográfica.

Martillo, Carlos; Pazmiño, Andrés; Chunga, Kervin; Resl, Richard

Carlos Martillo cmartill@espol.edu.ec
ESPOL, Ecuador

Andrés Pazmiño
Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada,
Ecuador

Kervin Chunga kervin.chunga@utm.edu.ec
Universidad Técnica de Manabí, Ecuador

Richard Resl richard.resl@team.unigis.net
UNIGIS, Ecuador

ACTA OCEANOGRÁFICA DEL PACÍFICO

Instituto Oceanográfico y Antártico de la Armada, Ecuador

ISSN: 1390-129X

ISSN-e: 2806-5522

Periodicity: Semestral

vol. 2, no. 2, 2020

acta.oceanografica@inocar.mil

Received: 09 June 2019

Accepted: 24 January 2020

URL: <http://portal.amelica.org/ameli/journal/648/6482950008/>

Abstract: This study supplies useful morpho structural data for the whole Ecuadorian shelf: the Galapagos Island shelf is the result of ascending magmatic processes among the Galapagos Hotspot and the Galapagos Spreading Center, while Ecuadorian continental shelf is located in an active convergent boundary between the Nazca plate and the South American plate to southern continental site and the North Andean Block crustal segments to the northern continental site. Using Geographic Information Systems (GIS) and Digital Terrain Models (DTM), we have been characterized morphologically the spreading out of the oceanic crust, and then, its relationship with the Galapagos spreading center and define the natural shelf in concordance to the Article 76 of the UNCLOS. Morphological analyses in the whole continental Ecuadorian territory evidence a natural shelf to 54 MN of length, allow it maximum enlargement in the Guayaquil Gulf with length of 95 MN with an area of 38.000 Km.; furthermore the Insular shelf is long-drawn-out through the high bathymetrical Carnegie, Colon and Cocos ridges reach about 627.820 Km. in the area studied. The Ecuadorian lawful shelves delineated from baselines, an addition, it reach about 237.038 Km. in the Ecuadorian territory that include the carry-over natural shelf, the Ecuadorian tectonic trench and the eastern parts of the high Carnegie, with an area of ca. 855.104 Km. for the Igneous Galapagos Province, includes part of the natural shelf and the Cocos, Colon and Carnegie ridge. An integration of contrasting research areas as the natural shelf with lawful shelf, it would allow the extension for Ecuadorian shelf in about 426.322 km..

Keywords: Ecuadorian continental shelf, Active Margine, Carnegie Ridge, UNCLOS, Morphology of Galapagos Plataform.

Resumen: El presente estudio realiza un análisis morfo estructural de las plataformas que están en el Territorio marítimo ecuatoriano: (1) La Plataforma de las islas Galápagos que es producto de la interacción entre el Punto Caliente de Galápagos y el Centro de Divergencia de Galápagos, y (2) La

Plataforma Continental del Ecuador localizada en un margen activo convergente entre la placa oceánica de Nazca y los segmentos continental de la placa sudamericana y del Bloque Norandino. Mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y Modelos Digitales de Terreno (MDT), se caracterizó morfológicamente la proyección de la plataforma continental hacia el segmento marino, para luego realizar una confrontación entre el área que incluye la plataforma geológica con el área que se genera a partir de la aplicación del Art. 76 de la CONVEMAR, en donde se define la plataforma jurídica. El análisis morfológico determinó que el Ecuador, tiene una plataforma geológica en su territorio continental con un ancho promedio de 54 MN (Millas náuticas), teniendo su máxima extensión en el Golfo de Guayaquil con 95 MN. El área total en el segmento continental es de 38.000 km.. La plataforma insular que se extiende direccionalmente a través de las cordilleras submarinas de Carnegie, Colón y Cocos, abarca un área de 627.820 Km..

Al generar las plataformas jurídicas a partir de 237.38 Km. las líneas de base que tiene el Ecuador, éstas abarcan un área de Km. en el territorio continental comprendiendo la plataforma geológica, la fosa Ecuador y el sector oriental de la Cordillera de Carnegie; y de 855.104 Km. en el territorio insular, incluyendo gran parte de la plataforma geológica insular, y algunos sectores de las cuencas oceánicas de Perú y Panamá. Al contrastar las áreas entre las plataformas geológicas con las plataformas jurídicas, se obtiene que el Ecuador se beneficiaría con la plataforma jurídica con un área de 426.322 Km..

Palabras clave: Plataforma continental del Ecuador, Margen activo, Cordillera de Carnegie, CONVEMAR, Morfología Plataforma de Galápagos.

Introducción

La Plataforma continental comprende la prolongación natural submarina hasta el borde superior del talud continental; sin embargo la Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar (CONVEMAR) indica que la plataforma continental comprende el margen continental que está conformado por el lecho y el subsuelo de la plataforma, el talud y la emersión continental (Art. 76); esta se constituye en la Plataforma continental Jurídica.

En Ecuador, las máximas profundidades a las que se encuentra la plataforma continental varían entre 100 y 300 metros bajo el nivel del mar; mientras que la topografía del talud presenta diferentes subdivisiones: Superior, medio y bajo; no obstante, en algunos sectores, las subdivisiones pueden ser menores o mayores (Figura 6-8). Por otra parte el fondo abisal alcanzan máximas profundidades entre 3.000 y 3.500 metros, bajo el nivel medio del mar; alcanzando valores máximos de 4.500 metros en la fosa oceánica continúa al Golfo de Guayaquil.

La extensión promedio de la plataforma, en el borde occidental del continente sudamericano, está generalmente comprendida entre 40 y 50 Km, desde el borde exterior del margen continental hasta la línea de costa. En el Golfo de Guayaquil, la plataforma continental se extiende hasta aproximadamente 100 Km. Esta

zona, junto a la plataforma continental de Trujillo – Pacasmayo (Perú) con una extensión de cerca 120 Km, es considerada como las más amplias de la región.

Los resultados de varios estudios multidisciplinarios y una selección de datos morfológicos, batimétricos y topográficos procesados mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) permitió visualizar de una manera muy clara y precisa los límites de la prolongación natural de los territorios continental e insular del Ecuador, hasta el borde exterior del margen continental, para luego confrontarlos con la plataforma jurídica, contemplada por la CONVEMAR en su Art. 761.

Tectónica activa y sus efectos sobre la Plataforma continental e Insular

El territorio ecuatoriano ocupa en su totalidad una posición particular desde el punto de vista de la tectónica de placas por cuanto comprende:

(1) El punto caliente de las Galápagos, (2) centro de divergencia que separa las placas de Cocos y Nazca, y (3) una zona de subducción a través de la cual la placa oceánica de Nazca subduce debajo del margen continental constituido de la placa Sudamericana y del Bloque Norandino.

La actividad del centro de divergencia determina, en parte, los movimientos relativos de las placas de Cocos y Nazca. La actividad de la dorsal genera una corteza oceánica de edad inferior a 23 Ma (millones de años) mucho más joven que la corteza oceánica predecesora de edad superior a 35 Ma (Hey, 1977); el centro de divergencia Galápagos genera corteza oceánica de un espesor medio de ~7 Km, mientras que el punto caliente de las Galápagos genera corteza oceánica de mayor espesor entre 18 y 22 Km (Hey, 1977; Gustcher *et al.*, 1999; Tobaada, 2000).

El punto caliente de las Galápagos ha formado una serie de altos relieves morfo-batimétricos sobre el fondo oceánico con trayectoria hacia los márgenes costeros del Pacífico Oriental (ej. altos de Carnegie, Cocos, Colón y Malpelo) cuya arquitectura es principalmente controlada por la posición relativa dorsal-punto caliente y por los vectores de convergencia de las placas oceánicas (Sallares *et al.*, 2008). Gran parte de estos relieves están siendo subducidos a lo largo de la fosa de Ecuador-Colombia y la Fosa Centro Americana.

La subducción de la Cordillera de Carnegie resulta en una importante modificación de la geología del Ecuador a partir del Plioceno superior – Pleistoceno inferior (5-2 Ma) (Lonsdale, 1978). Por ejemplo, la subducción de la Cordillera de Carnegie levanta el margen continental central de Ecuador y es probablemente la principal causa de las formaciones de las cadenas colinares costeras, que alcanzan una altitud máxima cercana a los 850 m.s.n.m.

Estimación morfo-estructural de la prolongación natural de la Plataforma Insular.

Las islas Galápagos se encuentran localizadas sobre la placa Nazca alrededor de 250 Km al sur de la dorsal de Galápagos. Las islas muestran un área inferior a 45.000 Km. e islas representan una de las regiones volcánicas más activas del mundo. Debido al movimiento ascendente de material magmático y su posterior expansión alrededor de la provincia ígnea de Galápagos constituida principalmente por material basáltico, es conocido como la plataforma de las islas Galápagos, la que se extiende en dirección oeste alcanzando los 1.000 Km de longitud (alto o cordillera Carnegie). La edad del volcanismo de la provincia de

Galápagos aumenta al este, a medida que la placa de Nazca se acerca al margen continental de Ecuador.

Las islas occidentales, coincidentes con el punto caliente de las Galápagos, tienen una morfología de volcanes grandes de tipo escudo, caracterizados principalmente por calderas profundas. Los volcanes del este son caracterizados por laderas suaves con elevaciones pequeñas. El volcanismo en estas zonas es el resultado de la acción del punto caliente, en cambio las islas noroeste de Wolf y Darwin, Pinta, Marchena y Genovesa se consideran como el resultado de la interacción Del punto caliente y de la dorsal Galápagos

(Gallardo & Tourkeridis, 2008).

Un análisis del modelo digital de terreno del fondo marino, generado a través de SIG (Figura1), permite observar la continuidad morfológica existente entre las islas Galápagos y las cordilleras de Carnegie, Colón y Cocos.

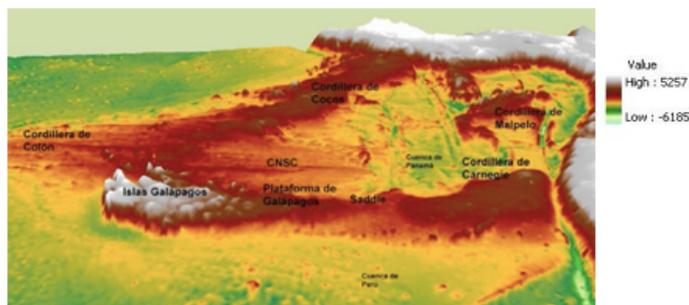


FIGURA 1

Modelo Digital del Terreno (MDT) de la Provincia Volcánica de Galápagos. Las cordilleras de Carnegie, Malpelo, Cocos, Colón, Plataforma de Galápagos e Islas Galápagos se originan por la interacción entre el punto caliente de Galápagos (GHS) y la dorsal de Cocos- Nazca (CNSC) (Sallares, 2008).

Adicionalmente, se puede visualizar que la continuidad morfológica entre la plataforma de Galápagos y la Cordillera de Carnegie, constituye el límite entre las cuencas oceánicas de Panamá al norte y de Perú, al sur. Sin embargo, es evidente que en la parte central de la Cordillera de Carnegie, existe una depresión morfológica denominada “Saddle” (i.e. silla de montar; Figura 2). Según el modelo geodinámico, la variación de la posición relativa entre el punto caliente y las dorsales de las Galápagos resulta en un mayor o menor aporte de material volcánico y por ende en una batimetría variable en las cordilleras submarinas y de las islas Galápagos (Sallares, 2008). Según ese modelo, la disminución de corteza existente en el Saddle (Figura 3) es consecuencia del salto del centro de divergencia al sur del punto caliente; generando mayor aporte magmático a la cordillera de Cocos.

En el perfil de la Figura 3, se puede apreciar la diferencia de altura entre la cordillera de Carnegie y la Plataforma de Galápagos, como consecuencia del diferente aporte del material volcánico hacia estas, y debido al fenómeno de “isostasia”, que con el tiempo, por efecto de la gravedad, la masa se asienta (Witt *et al.*, 2008).

En consecuencia, Ecuador por el lado de las islas Galápagos, y en dirección de las cordilleras de Carnegie, Colón y Cocos, tiene una plataforma natural muy amplia, pero al oeste y al sur de las islas la plataforma continental es abrupta. La

plataforma natural de las islas Galápagos abarca un área aproximada de 627.820 Km².

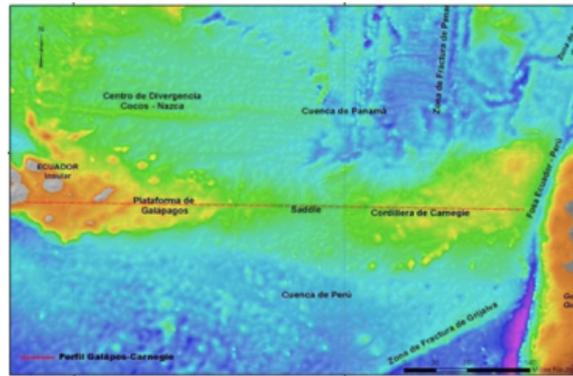


FIGURA 2

Ubicación del perfil batimétrico Galápagos-Carnegie (línea roja punteada). La Plataforma Insular de Galápagos junto a la Cordillera de Carnegie se encuentra actualmente al sur del Centro de Divergencia Cocos-Nazca (CNSC) y al este del Punto Caliente de Galápagos (GHS). La Plataforma Insular de Galápagos se extiende sobre Carnegie, aproximadamente 1000 Km, hasta la fosa, pasando por una depresión central llamada “Saddle”.

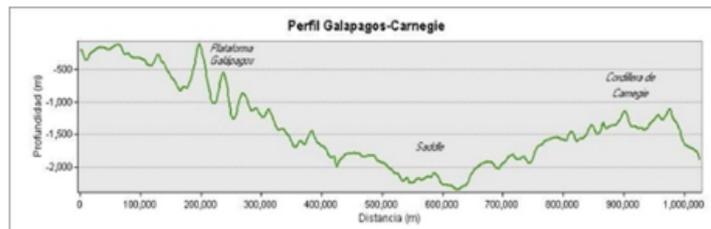


FIGURA 3

Perfil longitudinal de la Plataforma Insular de Galápagos a lo largo de la Cordillera de Carnegie. Al oeste del perfil se ubica la Plataforma Insular de Galápagos, al este la Cordillera de Carnegie y en la parte central una depresión morfológica (Saddle). El Saddle es producto de la menor aportación de material magmático cuando se produjo el salto del centro de divergencia Cocos Nazca al sur del punto caliente de Galápagos (Sallares, 2008).

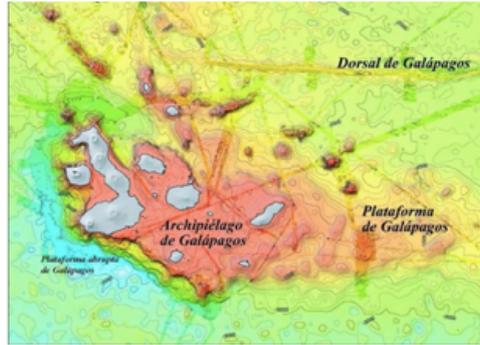


FIGURA 4

MDT donde se muestra la diferencia de pendientes que existen alrededor de las islas Galápagos. Al este de las islas la pendiente es muy suave y corresponde a la Plataforma Insular del Ecuador ; al oeste y al sur de las islas la pendiente es muy abrupta, por lo que naturalmente el Ecuador Insular tiene plataforma continental sólo hacia el este y norte de las islas Galápagos (Imagen de: Batimetría y Relieve Continental e Insular. INOCAR-IRD, 2006.

Estimación morfo-estructural de la prolongación natural de la Plataforma del territorio continental.

Ecuador tiene una plataforma continental geológica muy angosta frente a sus costas continentales, debido a que se encuentra en la zona de convergencia de las placas tectónicas.

Por medio de análisis espacial de modelos raster², se estudió la plataforma continental, identificando que se encuentra entre la línea de costa y el borde del talud continental (entre los 0 msnm y los -1000 msnm), abarcando un área aproximada de 38000 Km..

La plataforma tiene un ancho variable de 20 Km en las zonas de costa saliente, tales como Punta Galeras y Punta Santa Elena; 50 Km en las zonas de entrantes de la costa como Esmeraldas, Jama, Monteverde; teniendo su máxima extensión en el sector del Golfo de Guayaquil donde alcanza los 100 Km (54 MN).

Para describir morfológicamente con mayor detalle la plataforma, se realizaron cuatro perfiles batimétricos: 1) Al norte de la ciudad de Esmeraldas, 2) En el sector de la población de Jama, 3) En el sector de Manglaralto y 4) En el Golfo de Guayaquil, al norte del Archipiélago de Jambelí (Figura 5).

En el perfil 1 (Figura 6), frente a Esmeraldas, se puede apreciar que la plataforma continental es muy angosta y que prácticamente tiene un ancho de aproximadamente de 10 Km.

El perfil 2 (Figura 7), que se encuentra frente al sector de Jama, muestra una plataforma de pendiente con una extensión de 40 Km. En este perfil el talud tiene una pendiente regular de aproximadamente 11.6%, y alcanza el fondo abisal a una distancia de 80 Km de la línea de costa.

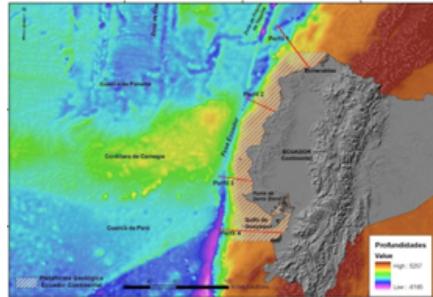


FIGURA 5

Amplitud de la Plataforma Continental del Ecuador. Se puede apreciar que en el territorio continental la plataforma submarina es relativamente angosta. Desde Esmeraldas hasta la Punta de Santa Elena, el ancho varía entre 20 Km y 50 Km, y en el sector del Golfo de Guayaquil llega hasta los 100 Km. Se muestra la ubicación de cuatro perfiles batimétricos (Líneas color rojo) realizados en este trabajo.

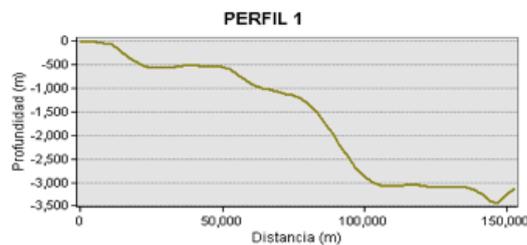


FIGURA 6

Perfil batimétrico en el sector de Esmeraldas. Se puede observar que la Plataforma continental es muy angosta y que su plataforma y talud son muy irregulares, llegando al fondo abisal a 100 Km de la línea de costa.

En el perfil 3 (Figura 8), ubicado al norte de la Punta de Santa Elena, en el sector de Manglaralto, la plataforma continental tiene una extensión de aproximadamente 55 Km, y es relativamente regular. El talud continental, en este sector, alcanza el fondo abisal a los 100 km desde la línea de costa.

El perfil 4 (Figura 9), localizado en el sector del Golfo de Guayaquil, al norte del Archipiélago de Jambelí, muestra una plataforma regular de 100 km de amplitud, y un talud irregular que encuentra el fondo abisal a 175 km, de la línea de costa. Este es el sector continental de Ecuador con la mayor extensión de plataforma submarina.

Tomando la definición del margen continental dada por la CONVEMAR (Párr. 3 Art. 76)³, que considera el talud como parte de la plataforma continental, el Ecuador tiene un margen continental que se extiende, regularmente, hasta los 100 Km (54 MN), alcanzando su máxima extensión en el Golfo de Guayaquil con 175 Km (95 MN).

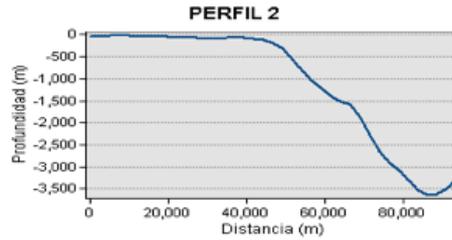


FIGURA 7

Perfil batimétrico frente a la provincia de Manabí, sector de Jama. Se puede observar que la Plataforma continental en este sector alcanza una anchura de 40 Km hasta el borde del talud, llegando al fondo abisal a 80 Km de la línea de costa.

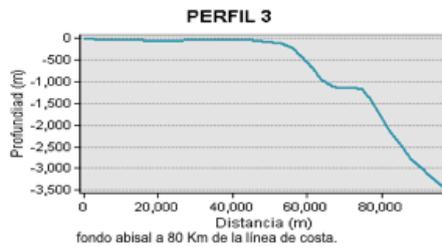


FIGURA 8

Perfil batimétrico localizado al norte de la Punta de Santa Elena. Se puede observar que la Plataforma continental en este sector alcanza una anchura de 40 km, la pendiente del talud es del 15%. En este sector la plataforma alcanza el fondo abisal a 80 km de la línea de costa, muy similar al perfil 2.

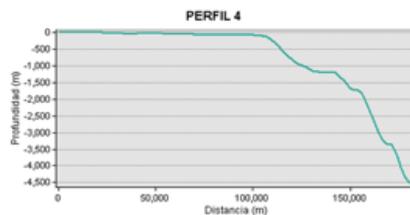


FIGURA 9

Perfil batimétrico en el Golfo de Guayaquil. Se puede observar que la Plataforma continental en este sector alcanza un ancho de 100 km, con una pendiente de talud de 5%, llegando al fondo abisal a 175 km de la línea de costa.

Plataforma Continental del Ecuador de acuerdo a la CONVEMAR.

La definición jurídica de Plataforma continental, expuesta por la CONVEMAR en el Art. 76, manifiesta que esta comprende el lecho y 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 MN contadas desde sus Líneas de Base (LB).

El margen continental se encuentra definido, también por la CONVEMAR, como la masa continental submarina formada por la plataforma, el talud y la emersión continental.

De acuerdo a estas definiciones la Plataforma continental jurídica abarca todo el territorio submarino contiguo a un estado ribereño hasta una distancia de 200 MN medidas desde su línea de base, independientemente del ancho natural de la plataforma geológica.

En el territorio continental el Sistema de Líneas de Base (SLB), coincide con el límite externo de la plataforma geológica; por lo cual la plataforma jurídica abarca el suelo y subsuelo de la plataforma natural, la Fosa Ecuador-Perú, gran parte de la Cordillera de Carnegie, parte de la Cuenca de Panamá y parte de la Cuenca de Perú, abarcando un área de 237.038 Km., donde el país tiene derechos de soberanía para la exploración y explotación de sus recursos naturales allí existentes, tal como lo indica el Art. 774 de la CONVEMAR (Figura 10).

En el territorio insular el SLB rodea las islas Galápagos, por lo cual la Plataforma continental jurídica abarca la plataforma geológica que se encuentra entre las islas Galápagos y parte de la que se extiende a través de las Cordilleras de Carnegie, Colón y Cocos. La plataforma jurídica también abarca partes de las cuencas de Perú y Panamá (Figura 11).

El área total que abarca la plataforma jurídica del territorio insular ecuatoriano es de 855.104 Km..

Si se realiza una comparación entre el área de plataforma geológica (38.000 Km.) con el área de la plataforma jurídica (237.038 Km.) del territorio continental, se destaca que el Ecuador se beneficia con una extensión adicional de plataforma de 199.038 Km..

Ejecutando el mismo ejercicio en el territorio insular, al contrastar el área entre la plataforma geológica (627.820 Km.) con el área de plataforma jurídica (855.104 Km.), se muestra que Ecuador se favorece con un área de 227.284 Km., sin considerar la posibilidad de extensión de Plataforma más allá de las 200 MN que tiene Ecuador a través de las Cordilleras de Carnegie y Colón.

La plataforma continental jurídica, definida por la CONVEMAR, le permite al Ecuador tener derechos de soberanía para la exploración y explotación de sus recursos naturales en un área 426.322 Km. adicionales a los que geológicamente tendría (Tabla 1).

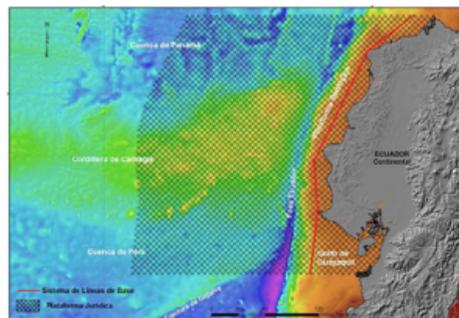


FIGURA 10

Se puede observar que jurídicamente, de acuerdo al Art. 76 de la CONVEMAR, en el sector continental, Ecuador tiene derecho a una plataforma que comprende el suelo y subsuelo de la plataforma natural, la Fosa Ecuador-Perú, la Cordillera de Carnegie, parte de la Cuenca de Panamá y parte de la Cuenca de Perú, con una superficie aproximada de 237.038 Km².

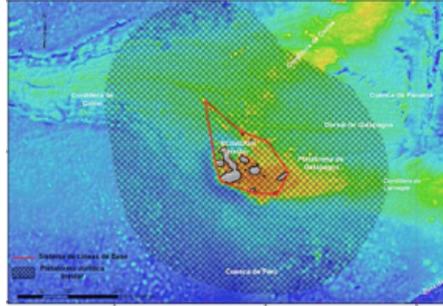


FIGURA 11

Plataforma Insular del Ecuador aplicando el Art. 76 de la CONVEMAR. Se puede observar que comprende el suelo y subsuelo de la Plataforma de Galápagos, el extremo suroccidental de la Cordillera de Cocos, el extremo Oriental de la Cordillera de Colón y parte del extremo norte de la Cuenca de Perú.

TABLA 1

Comparación de superficies entre las plataformas submarinas y naturales y jurídicas del Ecuador.

	Natural (Km ²)	Jurídica (Km ²)	Diferencia (Km ²)
Plataforma Continental	38.000	237.038	199.038
Plataforma Insular	627.820	855.104	227.284
Totales	665.820	1.092.142	426.322

Conclusiones

Ecuador, desde el punto de vista geológico, tiene dos tipos de plataformas continentales: Una en el territorio insular (islas Galápagos) cuyo origen es producto de la interacción entre el Punto Caliente de Galápagos con el Centro de Divergencia del mismo nombre, y el segundo en el territorio continental que se encuentra en el margen convergente entre las placas de Nazca y Sudamericana.

La plataforma continental geológica de las islas Galápagos se extiende direccionalmente a través de las cordilleras submarinas de Carnegie, Colón y Cocos, es decir en sentido este, noroeste y noreste respectivamente, abarcando un área aproximada de 627.820 Km.. Al oeste y sur de las islas Galápagos, prácticamente no existe plataforma submarina, pues en esos sectores se presenta una profunda pendiente abrupta.

La plataforma del territorio continental es muy angosta y presenta un ancho promedio de 54 MN, siendo el Golfo de Guayaquil el sector con mayor extensión con 95 MN. El área aproximada que abarca la plataforma submarina natural en el continente es 38.000 Km..

Aplicando el concepto jurídico de Plataforma continental dado por la CONVEMAR en el Art. 76 - el mismo que abarca la plataforma geológica, el talud y la emersión o hasta una extensión de 200 MN contadas desde las líneas de base- Ecuador tendría un aumento del área de su plataforma continental geológica:

En el territorio Insular la plataforma tendría una extensión de 855.104 Km., ganando un área de 426.322 Km., abarcando partes de las cuencas de Perú y Panamá, y gran parte de la plataforma continental geológica (pues se puede extender la plataforma más allá de las 200 MN, a través de los sectores del Saddle de la Cordillera de Carnegie y a través de la Cordillera de Cocos).

En el territorio continental la plataforma continental tendría una extensión de 237.038 Km., incrementando su extensión en 199.038 Km., abarcando la plataforma geológica del territorio continental, la Fosa Ecuador, el sector oriental de la Cordillera de Carnegie y parte de las cuencas de Panamá y Perú.

Referencias

- Breman, J. 2002. Marine Geography, GIS for the Oceans and Seas. ESRI. E.E.U.U.
- Bustamante, M.; Maldonado, H. 2002. Delimitación de espacios marítimos. México. Comisión de Límites de la Plataforma Continental. (1999). CLCS 11.
- Comisión Nacional sobre el Derecho del Mar. 2002. El Derecho del Mar, Convención de las Naciones Unidas. Ecuador.
- Ego F., Sebrier, M., Lavenu, A., Yepes, H., and Eguez, A. 1996. Quaternary state of stress in the Northern Andes and the restraining bend model for the Ecuadorian Andes. *Tectonophysics* 259: 101-116.
- Gallardo G., Toulkeridis T. 2008. Volcanic caves and other speleological attractions. Centro de Geología, Vulcanología y Geodinámica. USF-Q: 54.
- Graindorge D., Calahorrano A., Charvis J.p., Collot Y., Bethoux N. 2004. Deep structures of the Ecuador convergent margin and the Carnegie Ridge, possible consequence on great earthquake recurrence interval. *Geophysical research letters*, Vol. 31, L04603, doi:10.1029/2003GL018803.
- Gutscher, M. A., J. Malavieille, S. E. Lallemand, & J. Y. Collot. 1999. Tectonic segmentation of the North Andean margin: Impact of the Carnegie Ridge collision, *Earth Planet. Sci. Lett.* 168, 255–270, 1999.
- Harpp K., Wanless V., Otto R., Hoernle & K., Werner R. 2005. The Cocos and Carnegie Aseismic Ridges: a Trace Element Record of Long-term Plume– Spreading Center Interaction. *Journal of Petrology*, vol. 46, N. 1: 109-133.
- Hey, R. 1977. Tectonic evolution of the Cocos– Nazca spreading center. *Geological Society of America Bulletin* :88, 1404– 1420.
- Kanamori, H., and K. C. McNally. 1982. Variable rupture mode of the subduction zone along the Ecuador-Colombia coast, *Bull. Seismol. Soc. Am.* 72, 1241–1253.
- Lonsdale, P. 1978. Ecuadorian Subduction System, *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull.*, 62 (12): 2454– 2477.
- Martillo, C. 2010). Los Sistemas de Información Geográfica para la generación de los Límites Marítimos del Ecuador; aplicando la Ley del Mar de las Naciones Unidas (CONVEMAR) de espacios marítimos. Tesis de Maestría UNIGIS- USFQ.
- Pazmiño, N. 2005. Sediment distribution and depositional processes on the Carnegie Ridge. Tesis de Maestría. E.E.U.U.
- Pennington, W.D. 1981. Subduction of the eastern Panama Basin and seismotectonics of northwestern South America: *Journal of Geophysical Research*, v. 86: 10753-10770.
- Sallares, V. 2008. *The geodynamic evolution of the Galápagos Volcanic Province and the origin of the Carnegie Ridge. Informe Geológico para la UTCNDM.*
- Spikings R. A., Winkler, W., Seward, D., & Handler, R. 2001. Along-strike variations in the thermal and tectonic response of the continental Ecuadorian Andes to the collision with heterogeneous oceanic crust. *Earth and Planetary Science Letters* 186: 57- 73.

- Taboada A., 2001. Geodynamics of the northern Andes: Subductions and intracontinental deformation (Colombia), *Tectonics*, 19: 787-813.
- Witt, C. 2008. Geology and morphology of the Oceanic Floor along de Carnegie Ridge. Informe Geológico para la UTCNDM.