

Fondos Marinos de Soberanía y Jurisdicción del Ecuador de acuerdo a la Convención del Mar

Patricio Goyes Arroyo*

1) Resumen

Las disposiciones sobre plataforma continental codificadas en el artículo 76 de la Convención del Mar de 1982 (CONVEMAR) son beneficiosas para Ecuador y recogen las aspiraciones del país manifestadas en la Declaración de Santiago de 1952 y en la legislación interna vigente. Se debe tener presente que a pesar de que Ecuador en el territorio continental posee una plataforma geológica angosta de 30-50 MN (millas náuticas), la CONVEMAR le garantiza al Estado derechos de soberanía exclusivos sobre los recursos del suelo y subsuelo oceánico en una plataforma jurídica de 200 MN de ancho. Más aún, debido a que en Galápagos la plataforma geológica se extiende de manera continua unas 600 millas hacia el este y sobre las 200 millas hacia el noroeste, la Convención le ofrece la oportunidad al Ecuador de que satisfaciendo ciertos requisitos señalados en las Direc-

trices Científicas y Técnicas de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLCS/11), pueda ampliar los derechos de soberanía sobre los recursos de la plataforma más allá de las 200 MN, en una superficie adicional aproximada de 310.500 km².

El presente artículo trata sobre el marco jurídico, características geológicas y tectónicas de la plataforma del Ecuador continental y de Galápagos, así como los aspectos científicos, técnicos y jurídicos relacionados con la ampliación de la plataforma continental de Galápagos más allá de las 200 millas. Del mismo modo, se describen los principales recursos minerales de interés económico que pueden encontrarse en los fondos marinos de la plataforma y se mencionan los avances de los proyectos que lleva la Secretaría Técnica de la Comisión Nacional del Derecho del Mar (CNDM) para el establecimiento de los límites exteriores de la plataforma ampliada

* Director del Instituto Oceanográfico de la Armada y Presidente de la Subcomisión Técnica de la Comisión Nacional sobre el Derecho del Mar.

a ser presentada por el Ecuador a la Comisión de Límites de la Plataforma Continental (CLCS).

2) Plataforma continental y margen continental

De acuerdo a la CONVEMAR, los fondos marinos de soberanía y jurisdicción de un Estado constituyen el suelo y subsuelo que se encuentran en la plataforma continental conforme a lo dispuesto en la Parte VI. El artículo 76.1 de la Convención señala que 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, en los casos en que el borde exterior del margen continental no llegue a esa distancia.

El margen continental constituye la prolongación sumergida del continente que se extiende hasta donde la corteza continental confluye con la corteza oceánica y comprende la plataforma, el talud y la emersión continental. Estos tres componentes son característicos de los denominados márgenes pasivos, asísmicos o convergentes como es el caso de los márgenes de Sudamérica en el Océano Atlántico. De acuer-

do con la tectónica de placas este tipo de márgenes está asociado con la formación de nueva corteza oceánica en las dorsales oceánicas (mid ocean ridge), zona que marca el límite de dos placas que se mueven en distintas direcciones.

Por otro lado, en los denominados márgenes activos, sísmicos o convergentes, el margen continental únicamente tiene plataforma y talud, no posee emersión continental. En los márgenes activos el talud termina en la fosa profunda, como es el caso de los márgenes de Sudamérica en el Pacífico Sudeste. De acuerdo con la tectónica de placas este tipo de márgenes se relaciona con la destrucción de corteza oceánica en la fosa, zona en la que convergen dos placas que se mueven en direcciones encontradas, ocasionando que la placa oceánica más densa pero más frágil sea subducida (subductada) o consumida bajo la placa continental que es menos densa pero más rígida y de mayor espesor.

Existe otro tipo de márgenes denominados transformantes. Estos constituyen el límite entre dos placas que se mueven una paralela a la otra a distintas velocidades o en direcciones opuestas, como por ejemplo la dorsal Carnegie-Cocos que se encuentra segmentada o desplazada a lo largo de la Zona de Fractura de Panamá.

Jurídicamente, de acuerdo a las disposiciones de la CONVEMAR, un Estado ribereño tiene derechos de

soberanía y jurisdicción sobre una plataforma de 200 MN independiente de si el margen continental llega o no a esa distancia. En los casos en que la plataforma se extienda de manera continua más allá de las 200 MN, un Estado puede trazar los límites exteriores de la plataforma hasta un máximo de 350 MN (Artículo 76.4).

Para el caso de las islas, la CONVEMAR codificó que ellas tienen derecho a generar plataforma continental al igual que el territorio continental (Art- 121). Las islas oceánicas no presentan similares características del margen continental. Algunas islas tienen una plataforma muy suave que a corta distancia da paso al talud e incorpora a la cordillera submarina (Cook Peter and Carleton Chris, 2000).

3) Plataforma continental del Ecuador

De acuerdo con la legislación interna, Ecuador ejerce soberanía sobre el suelo y subsuelo marino que se extienden desde las costas continentales e insulares de Galápagos hasta una distancia de 200 MN, medidas desde las líneas de base rectas que unen los puntos más extremos de la costa continental y de las islas del archipiélago de Galápagos (Figura 1). La superficie del territorio marítimo es aproximadamente 1'100.000 km². Los límites del territorio marítimo que comprende los fondos marinos del Ecuador han sido fijados

en convenios con Colombia, Perú y Costa Rica, faltando definir el límite exterior de la plataforma ampliada en Galápagos. (Goyes, 2007).

En el territorio continental del Ecuador el margen continental pertenece al tipo de márgenes activos o de subducción, caracterizados por poseer una plataforma continental muy estrecha y un talud de abrupta pendiente que termina en la fosa. La plataforma continental del Ecuador posee una pendiente pronunciada, alcanzando profundidades sobre 4.500 metros a pocas millas de distancia de la costa. El talud es más abrupto y termina en la fosa a 30-50 millas de la orilla (Figura 2). Sobre la plataforma continental se han depositado sedimentos terrígenos provenientes principalmente del transporte de los ríos Esmeraldas y Guayas, formando cuencas con potencial hidrocarbúfero. La cuenca de Progreso que comprende parte del Golfo de Guayaquil y norte de Talara, por efectos de subsidencia durante el pleistoceno inferior atrapa los sedimentos a lo largo de la plataforma continental impidiendo su transporte hacia la fosa (Witt César, Bourgeois Jacques, 2009). La presencia de la cuenca cercana a la fosa habría favorecido para que la temperatura al interior de este sector favorezca la generación de hidrocarburos. Al norte, en Esmeraldas, la plataforma es casi inexistente por la presencia de un cañón submarino que parte desde la

desembocadura hacia la fosa, atravesando el talud.

Al sur, el Golfo de Guayaquil se caracteriza por la acumulación de más de 4km de sedimento del Cuaternario y una serie de fallamientos producidos por la apertura del Golfo atribuido al desplazamiento de la Megafalla Guayaquil-Dolores megashear (Megacizalla). La megafalla parte desde el Golfo de Guayaquil, corre a lo largo de la cordillera occidental de los Andes del Ecuador y de Colombia, y termina en el Caribe. Esta Megafalla es un desprendimiento del bloque norte andino que con movimiento dextral se desplaza hacia el norte a una tasa de ~0.6-1 cm/año (Nocquet et.al., 2009 calculan un movimiento medio en Ecuador de 0.87 cm/año en una dirección N35°E), habiendo ocasionado la apertura del Golfo de Guayaquil hace aproximadamente 2 Ma. El desplazamiento en dirección NE del bloque norte de los Andes ocasiona que la Cordillera Carnegie se desplace hacia el sur.

Debido al movimiento convergente de la placa sudamericana con la placa Nazca (5.5-5.8 cm/año), esta última se dobla y es consumida bajo la placa Sudamericana a lo largo de la fosa que corre paralelo a las costas de Chile, Perú y Ecuador a una distancia ~30-80 km de la costa. La subducción ha dado origen a la cordillera de los Andes y continuamente produce movimientos sísmicos y volcanismo (Segovia M.,

Alexandra A. (2009); Manchuel K., et al. (2009); Marcaillou Boris, et al (2009); Vaca S. et al. (2009)). Parte de la corteza oceánica de la antigua Placa Farallón está siendo subducida en el Golfo de Guayaquil al sur de la Zona de Fractura de Grijalva.

La fosa del Ecuador tiene profundidades sobre 5.000 metros frente al Golfo de Guayaquil y disminuye a 2.000 metros hacia el norte por efecto de la subducción de la cordillera Carnegie (Figura 2). La fosa del Ecuador presenta paredes muy abruptas en el lado continental, tiene una anchura aproximada de 20 km en el Golfo de Guayaquil y 8 km frente a Manta. La fosa recibe los sedimentos terrestres que descargan los ríos costeros, especialmente a través de los cañones del río Esmeraldas al norte y Guayas al sur del margen. La acreción tectónica es activa en los sectores norte y sur del margen mientras que el segmento central del margen está caracterizado como un margen erosivo y por lo tanto transferencia negativa de masa (Collot, et.al., 2009). El frente de subducción de la Cordillera Carnegie abarca gran parte del litoral ecuatoriano desde Punta Galera al norte hasta la Península de Santa Elena al sur.

La cordillera Carnegie ha estado siendo subducida desde hace ~4.5 m.a. (Collot, et.al., 2009). La zona de subducción se caracteriza por fallas inversas, doblamientos y levantamientos (tablazos) de la cos-

ta ecuatoriana y norte del Perú de hasta 360m de altura sobre el nivel del mar, que habría generado en la Península de Manta una migración de la línea de costa de 40-50 km al oeste (Pedoja, Kevin et al., 2009). La subducción de la cordillera Carnegie en la fosa produce fuertes terremotos en los flancos norte y sur de la cordillera subductada. En el siglo pasado se generaron 6 grandes terremotos (uno en Esmeraldas en 1906 de magnitud 8.8 en la escala de Richter), algunos movimientos sísmicos han generado tsunamis. Aguilar R. y Castro C. (2009) registran alrededor de 6.000 sismos en el Ecuador entre 1540 y mayo 2009, la mayoría menores a 5 en magnitud.

4) Plataforma continental de Galápagos

Morfológicamente La plataforma submarina de las islas Galápagos se extiende sobre las cordilleras Colón, Cocos y Carnegie (Figura 3). Las cordilleras Cocos y Carnegie se formaron en el punto caliente de Galápagos 20-22 m.a. (Lonsdale-Klitgord, 1978).

La cordillera Carnegie se extiende hacia el Este y termina en la fosa del Ecuador. Esta cordillera submarina tiene una longitud aproximada de 1.350 km, una anchura de 300 km y se eleva 3.000 m respecto del piso oceánico circundante. La cordillera Cocos, de aproximadamente 1.000 km de longitud y 200 km de ancho,

se extiende hacia el NE y termina en la fosa centroamericana.

Estudios geofísicos utilizando moderna tecnología (Michaud et.al., 2009) demuestran que Galápagos y su plataforma fueron formados en el punto caliente de Galápagos, constituyendo elevaciones submarinas que no son parte del océano profundo. Sallarés et al. (2009), en base a análisis de la estructura y propiedades físicas de la corteza confirma que las cordilleras submarinas Carnegie, Cocos y Malpelo son producto de una misma anomalía de fusión en el punto caliente o hot spot de Galápagos (GHS), pero con variaciones en el espesor de la corteza. El monto de material depositado a cada lado del centro de expansión depende de la ubicación relativa al GHS (Meschede-Backhausen, 2001; Sallarés et al. (2009) e Hidalgo y Samaniego (2009), mediante caracterización geoquímica de las rocas basálticas de Carnegie y del fondo oceánico de la placa Nazca concluyen que los magmas de la Placa Nazca formadas en la Dorsal Carnegie-Nazca (DCN) tienen su origen en el manto superior empobrecidos en elementos incompatibles, mientras que las islas Galápagos y Carnegie están asociados con el punto caliente de Galápagos y su interacción con la DCN. Sobre la cordillera Carnegie, en general, las tasas de sedimentación son bajas (Pazmiño N., Michaud F., 2009).

Estudios preliminares realizados por la Secretaría Técnica de la

Comisión Nacional sobre el Derecho del Mar en la plataforma de Galápagos demuestran que Ecuador tiene un potencial de extender la plataforma más allá de las 200 MN en el sector de la Cordillera de Carnegie, cordillera de Colón y Cordillera de Cocos (ver Figura N° 4). Ecuador debe presentar a la CLCS los límites exteriores de la plataforma ampliada dentro de los 10 años posteriores a la adhesión del Ecuador a dicho tratado internacional. Los límites de la plataforma que determine el Ecuador tomando como base las recomendaciones de la Comisión serán definitivos y obligatorios.

Debido a que la CONVEMAR no precisó la interpretación de varios términos científicos, técnicos y jurídicos empleados en la definición de la plataforma continental, la CLCS aprobó las Directrices Científicas y Técnicas (CLCS-11) que constituyen la base de las recomendaciones de la Comisión en relación con las presentaciones que deben ser hechas por los Estados para establecer los límites exteriores de la plataforma ampliada. El objetivo de estas directrices es elucidar el alcance y el contenido de las pruebas científicas y técnicas admisibles que habrá de examinar la Comisión y esclarecer su interpretación de los términos científicos, técnicos y jurídicos que figuran en la Convención.

La preparación de los estudios científicos y técnicos para la ampliación de la plataforma de Galápagos

está bajo la responsabilidad de la Unidad Técnica de la CNDM que funciona en el Instituto Oceanográfico de la Armada (INOCAR). La Unidad Técnica de la CNDM contrató al UNCLOS Group (National Oceanographic Centre of Southampton -NOC) para evaluar el potencial del Ecuador en la ampliación de la PCG más allá de las 200 MN, tomando en cuenta información existente en las principales bibliotecas y centros mundiales de almacenamiento de datos hidrográficos, geológicos, geofísicos, así como estudios realizados por INOCAR.

El estudio de gabinete preparado por NOC estima la posibilidad de extender la plataforma en Galápagos en una superficie aproximada de 310.500 km², sujeto a una revisión en detalle de la calidad de los datos y otros aspectos que deben ser cuidadosamente analizados por la CNDM para sustentar el caso ante la CLPC y que se resumen a en los siguientes párrafos.

a) Prolongación Natural

Se ha interpretado que para presentar el caso de extensión de la PC, el Estado debe demostrar las características de la prolongación natural del territorio en el medio marino más allá de las 200 millas. Las Directrices sin embargo no indican qué tipos de datos debe presentar un Estado para satisfacer dicha prueba.

Algunos argumentos se han dado en el sentido de que se presen-

ten pruebas de carácter geológico (composición de la corteza, carácter de la corteza, anomalías magnéticas, flujo de calor, etc.); otros se inclinan por pruebas de carácter geomorfológico (información batimétrica que apoye la forma y relieve). Al momento no existen casos similares que hayan sido resueltos por la CLCS, pero se espera obtener mayores referencias cuando la Comisión se pronuncie sobre los casos de Islandia, Reino Unido, Nueva Zelandia, que presentan ambientes geotectónicos parecidos al de Galápagos.

La prolongación natural de la plataforma Galápagos sobre las Cordilleras Carnegie, Colón y Cocos más allá de las 200 millas se fundamenta en estudios multidisciplinarios conducidos por la Unidad Técnica de la CNDM (geológicos, morfológicos, geoquímicos, de la estructura cortical del manto, de la evolución geotectónica de la provincia volcánica de Galápagos, anomalías magnéticas, gravimetría y geoquímica). Es aceptado por la comunidad científica que tanto las islas Galápagos como las cordilleras submarinas de Carnegie y Cocos son el producto de la interacción volcánica ininterrumpida entre el Punto Caliente (Hot Spot) de Galápagos y el Centro de Expansión Cocos-Nazca (Cocos-Nazca Spreading Centre -CNCS) desde hace aproximadamente 30 millones de años (Figura N° 3). La Cordillera Carnegie, se extiende aproximadamente 600 millas

desde las islas hacia el continente y termina en la fosa del Ecuador.

La cordillera de cocos representa la prolongación al oeste del centro de divergencia que separa las placas Cocos y Nazca al oeste de Galápagos. Un sistema de fallas transformantes localizado en el meridiano 091° oeste separa a la cordillera del hot spot de Galápagos. La información en esta área es muy escasa. Hace falta una investigación en más profundidad para establecer el caso de prolongación natural de la plataforma de Galápagos en la cordillera de Cocos.

b) Prueba de Pertenencia

Para extender la plataforma continental más allá de las 200 millas, las Directrices (CLCS/11) sugieren la formulación de una “prueba de pertenencia”, prueba que consiste en demostrar a la Comisión que la prolongación natural del territorio continental hasta el borde exterior del margen continental se extiende más allá de las 200 millas marinas medidas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial. Si el Estado no se demuestra lo anterior a la Comisión, entonces solo puede extender la plataforma hasta las 200 MN.

El límite exterior de la plataforma ampliada se mide desde el pie del talud continental, definido por la CONVEMAR como el punto de máximo cambio de gradiente en su base. Una vez definido el pie

del talud, se traza el límite exterior aplicando cualquiera de las dos fórmulas previstas por la Convención: a) una línea trazada a una distancia de 60 millas desde el pie del talud, b) una línea trazada a una distancia en que el espesor de las rocas sedimentarias es de por lo menos el 1% de la distancia más corta desde ese punto hasta el pie del talud, o una combinación de ambas líneas.

En la plataforma continental de Galápagos se aplicaría el criterio de las 60 millas a partir del pie del talud, y se descarta el criterio del espesor de sedimentos. Esto debido a que para generar puntos que sobrepasen las 60 millas se requeriría de un espesor de sedimentos mayor a 1,11 km y los perfiles analizados demuestran que los sedimentos en ese sector tienen espesores de 350-800 m.

c) Pie del Talud

La CLPC define el talud continental como la parte exterior del margen continental que se extiende desde el borde de la plataforma hasta la parte superior de la emersión, o al lecho oceánico profundo cuando no se haya formado una emersión. Sin embargo, como se explicó anteriormente, muchos márgenes continentales como el de elevaciones o cordilleras submarinas no se ajustan a esta descripción y en tales casos se pueden usar datos geológicos y geofísicos para facilitar la determinación de la base del talud continental.

La identificación del pie del talud es fundamental para la construcción y definición del límite exterior de la Plataforma continental. Este es el trabajo más arduo que debe realizar el equipo técnico de la CNDM. El pie del talud se obtiene identificando la base del talud y encontrando el punto de máximo cambio del gradiente (generalmente se determina aplicando la segunda derivada de la superficie en la dirección del gradiente). La CLPC observa muy atentamente la información y métodos empleados para la determinación de la base del talud, por lo cual es necesario ser muy cuidadoso en la profundidad del análisis.

La base de datos batimétricos puede incluir registros de ecosonda monohaz o multihaz. INOCAR cuenta con equipos batimétricos mono haz y acaba de instalar en el buque de investigaciones ORION un equipo multihaz de última generación, mismo que servirá para densificar la batimetría en lugares donde la información es escasa o no confiable. Los datos adquiridos anteriores a 1979 por no contar con sistema de posicionamiento global satelital (GPS) no son muy confiables. En Galápagos la cobertura batimétrica multihaz post 1980 es muy escasa y esparcida, requiriéndose realizar varias campañas hidrográficas para obtener este tipo de datos. Durante la obtención, registro y almacenamiento de datos se requiere mantener un estricto control de calidad y

cumplir con los requerimientos mínimos establecidos por la Organización Hidrográfica Internacional. Los ejercicios realizados en la plataforma continental de Galápagos para determinar la base del talud y por ende el pie del talud demuestran que no siempre es posible identificar la plataforma, talud y emersión. En lugares donde la transición de cordillera a piso oceánico es clara, es posible identificar el lado oceánico de la base del talud, como es el caso del margen norte de la cordillera Carnegie, mientras que en el margen sur la morfología más gradual requiere análisis de otra manera.

d) Límite exterior

La CONVEMAR (párrafo 5, art. 76) señala que los puntos fijos que constituyen la línea del límite exterior de la PC, deberán estar situados a una distancia que no exceda de 350 millas marinas contadas desde las líneas de base a partir de las cuales se mide la anchura del mar territorial o de 100 millas marinas contadas desde la isóbata de 2.500 metros, que es una línea que une profundidades de 2.500 metros. No obstante lo dispuesto en el párrafo 5, en las crestas submarinas el límite exterior de la plataforma continental no excederá de 350 millas marinas.

Con la información disponible, se ha realizado un ejercicio para determinar el potencial de las áreas del suelo y subsuelo oceánico, más allá de las 200 millas, que podrían ser

incorporadas a la plataforma continental, siguiendo las Directrices (CLCS/11), encontrándose posibilidades en las cordilleras Carnegie, Colón y Cocos (Figura N° 4).

Para obtener una mejor definición del veril de los 2.500 metros, se requiere realizar un mapeo a detalle de las cordilleras. Por otro lado, al medirse el límite exterior de la plataforma ampliada desde las líneas de base, es posible que la Comisión haga observaciones al trazado del sistema de líneas de base rectas del Ecuador que se encuentran vigentes desde 1971. En este caso, Ecuador deberá modificar ligeramente su sistema de líneas de base, lo cual no incidirá en la superficie final de la plataforma ampliada (estudio realizado por Robert Van de Poll, FUGRO Group, 2008).

5) Recursos de la Plataforma

El Estado ribereño ejerce derechos de soberanía sobre la plataforma continental a los efectos de su exploración y de la explotación de sus recursos naturales. Los derechos son exclusivos en el sentido de que, si el Estado ribereño no explora la plataforma continental o no explota los recursos naturales de ésta, nadie podrá emprender estas actividades sin expreso consentimiento de dicho Estado.

Los recursos naturales comprenden los recursos minerales y otros recursos no vivos del lecho del

mar y su subsuelo, así como los organismos vivos pertenecientes a especies sedentarias. Entre los recursos minerales se encuentran nódulos de manganeso, sulfuros polimetálicos, corteza de ferromanganesa, fosforitas, hidrocarburos, hidratos de gas y agregados.

Los recursos minerales de los fondos marinos se encuentran tanto dentro de los espacios de soberanía nacionales (hasta un máximo de 350 millas) como en la “Zona”, nombre que la CONVEMAR le denomina al área localizada fuera de los espacios de soberanía nacionales y que pertenecen a toda la humanidad; estos recursos son administrados por la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (ISBA). Los Estados tienen interés en la explotación tanto de los fondos marinos de soberanía nacional como de aquellos que se encuentran en la Zona. Ecuador debe participar de esta actividad que empieza ya a ser realidad, es necesario adherirse a la CONVEMAR y armonizar el marco jurídico nacional con la Convención (Goyes, 1992; Goyes 1993).

Diversos tipos de minerales se encuentran en la plataforma y piso oceánico profundo (para más información ver la publicación ISBA Technical Study No 1). Lindsay Parson (2000) estimó que en las plataformas extendidas de jurisdicción de los Estados, más allá de las 200 millas, el potencial de los recursos excluyendo costos de recuperación y producción

sería de 11.934 trillones de dólares de Estados Unidos de Norte América.

A continuación se describe brevemente los principales minerales de interés económico identificados en los fondos marinos.

a) Placeres

A través de procesos de erosión las rocas en tierra son desintegradas y los ríos transportan estos sedimentos a los océanos donde son trabajados por las olas y corrientes, los minerales son clasificados de acuerdo a su peso específico y depositados en bancos o placeres en las playas y en la plataforma. Entre este tipo de minerales se encuentran las arenas y gravas, hierro, oro, platino y metales pesados como zirconio, estaño, tungsteno y rutilo.

Hace 18.000 años durante la última glaciación el nivel del mar bajó ~120 metros, los depósitos de placeres fluviales deben encontrarse en la rompiente (shelf breake) de la plataforma continental. Sin embargo estos placeres deben estar enterrados por los sedimentos por las transgresiones del mar sucedidas (Parson, Lindsay 2000). Los depósitos deben encontrarse a profundidades no mayores a 120 metros.

En las playas de Ecuador, y de una manera no industrial, se extrae grava y arena para propósitos de construcción y suministro de arenas ferrosas para la fabricación de cemento. De manera industrial, en la provincia de Santa Elena, se extrae

sal mediante evaporación del agua de mar. No se ha realizado una exploración en la plataforma en busca de placeres de otros minerales.

b) Hidrocarburos

Existen yacimientos de hidrocarburos en el área del Golfo de Guayaquil, la empresa Energy Development Corporation explota gas natural del campo Amistad, bloque 3, localizado cerca del límite marítimo con el Perú. En procura de encontrar otros yacimientos hidrocarbúferos la empresa estatal PETROECUADOR realizó sísmica 2D de exploración a lo largo de las cuencas sedimentarias del margen continental frente a las provincias de Manta y Esmeraldas. Actualmente empresas petroleras estatales de Chile y Venezuela exploran en busca de gas y petróleo en el Golfo de Guayaquil.

En el piso oceánico del norte Peruano y en la plataforma continental del Perú y Chile se han encontrado yacimientos de fosforita e hidratos de gas, típicos de ambientes de deposición tropical y subtropical. La fosforita contiene fosfato, muy importante como fertilizante en la agricultura y se depositan en zonas de surgencia (upwelling) entre latitudes 30°N y 30°S (Marine Mineral Resources, Scientific Advances and Economic Perspectives, 2004). No se ha realizado una exploración apropiada en la plataforma en busca de estos placeres.

c) Sulfuros masivos polimetálicos (SMP)

El término “masivo” se refiere al contenido metálico y no al tamaño o forma de los depósitos. Se conocen como “sulfuros masivos” a la combinación de sulfuros polimetálicos de alto contenido de cobre, hierro, zinc y plata, con minerales de Azufre.

Los SMP se encuentran localizados en los centros de divergencia, relacionados con la formación de nueva corteza. En las dorsales oceánicas la circulación generada por convección lleva al agua de mar a través de grietas en la corteza oceánica. Fluido hidrotermal se percola y transporta metales de la roca madre a la superficie del fondo marino (Hekinian et al. 1978). Los minerales son descargados a través de las chimeneas negras (black smokers) a temperaturas de 350°C y profundidades de ~2.500 metros- Los sulfuros metálicos se depositan como montículos o se acumulan en la sub-superficie como vetas.

Los SMP fueron descubiertos en varias zonas entre las islas Galápagos y Ecuador continental empleando el submarino no tripulado Alvin y dados a conocer por la NOAA (US National Oceanographic and Atmospheric Administration) en 1981. Se estimó en esa época un contenido de 25 millones de toneladas de sulfuros polimetálicos con alto contenido de Cobre y Estaño (aprox. 10% de cada uno). En estos depósitos también se

encuentran presentes minerales de plomo, molibdeno, vanadio, zinc, cadmio, plata, oro y platino. El Dr. Alexander Malahoff estimó una veta de más de 30 m de espesor, 200 m de ancho y 1.000 m de largo con un valor comercial apreciado en \$3.000 millones de dólares (Ballard Robert, Will Hively, 2000). Esas estimaciones deben ser actualizadas en base al análisis del contenido mineralógico, a la superficie del yacimiento, a las condiciones de mercado y tecnología disponible y condiciones ambientales. SMP se han localizado en el Galápagos Rift y en el Centro de Expansión de Galápagos a profundidades entre 2.700 y 2.850 m. La empresa alemana Preusag en 1981 realizó exploración de sulfuros masivos en 81°O del Galápagos Spreading Center durante la campaña GARIMAS (Galápagos Rift Massive Sulphides) en tres cruceros del R/V Sonne. En ese tiempo se consideró que los depósitos no eran suficientemente grandes y continuos para ser explotados económicamente (ISBA, 2007).

Un reporte de la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos (2001) indica que de más de 200 sitios de mineralización hidrotermal conocidos a la fecha, solamente 10 depósitos podían tener suficiente tamaño y concentración para minería en el futuro, sujeto a conocer su espesor. Nautilus Minerals, una empresa canadiense ha empezado la fase de exploración de SMP en

la plataforma continental de Nueva Guinea para extraer cobre y oro a 1550 m de profundidad.

Las fumarolas o fuentes termales del Galápagos Rift han sido estudiadas también por la diversidad de fauna asociada que utiliza la energía de las fumarolas por medio de quemosíntesis (Corlis, et al. 1979).

d) Nódulos polimetálicos de manganeso

Son concentraciones de óxido de manganeso e hierro, de diámetro variable en milímetros hasta decenas de centímetro. La formación de un nódulo lleva millones de años. Los nódulos contienen concentraciones importantes de níquel, cobalto y cobre, así como trazas de platino, molibdeno y elementos raros. Los nódulos polimetálicos yacen semi-enterrados en el piso oceánico a profundidades entre 2.500 y 5.000 metros. Se ha estimado un potencial mundial de entre 14 y 99 mil millones de toneladas de nódulos (Lindsay Parson, 2000).

La distribución de los nódulos es global, dentro y fuera de la jurisdicción de los Estados. Grandes cantidades de nódulos se detectaron en la zona Clarion-Clipperton administrada por la Autoridad Internacional de los Fondos Marinos que entregó contratos de explotación por 15 años a 6 empresas de las denominadas Primeros Inversionistas, empresas de carácter público y privado. Las áreas de contrato contienen nódulos

los en cantidades >10 libras por m² y contenido de Cu, Ni y Co >2.5% en peso. Se estima en Clipperton una concentración de 33 mil millones de toneladas de nódulos secos.

Frente al Perú y en el área de Galápagos se han descubierto nódulos de manganeso. Aunque la tecnología para extraerlos se encuentra en desarrollo (ISA 2001), su explotación será factible cuando el precio de los metales sea más alto.

e) Corteza ferro-manganesosa rica en cobalto

Se forma en proceso parecido al de los nódulos polimetálicos. En vez de depositarse como nódulos en la planicie abisal del océano profundo, se acumulan como capas de corteza de varios milímetros hasta 20 cm de espesor directamente en el sustrato de las laderas de volcanes submarinos y cordilleras, a manera de pavimento, por lo que su extracción es más difícil que la de los nódulos. La corteza crece 1-6 mm/millón años y se encuentra a profundidades entre 400 y 4.000m, aunque las cortezas más gruesas se han detectado en profundidades entre 800-2.500m (ISBA Technical Study No 2). La presencia de corteza ferromanganesosa rica en cobalto en volcanes submarinos ha despertado interés como fuente potencial de cobalto y níquel además de hierro y manganeso. Este tipo de corteza se ha encontrado en algunas islas del Pacífico como Hawaii, Polinesia Francesa y océano Índico.

Algunos expertos consideran que este tipo de minerales será explotado antes que los nódulos debido a su ocurrencia a menores profundidades y distancia a las facilidades en tierra. Otros expertos creen que serán los nódulos más fáciles de explotar porque ocurren en terrenos de más suave pendiente y no en las laderas de montañas submarinas.

Adicional a los recursos minerales, en el fondo del mar existen otros recursos que son de soberanía del Estado. Me refiero a la flora y fauna sedentaria que ha venido siendo investigada en los últimos años por las posibilidades de patentes para productos de aplicación bio-médica, farmacéutica y genética, un mercado que se encuentra en crecimiento.

6) Proyectos de la Unidad Técnica de la CNDM

La Unidad Técnica de la CNDM ejecuta varios proyectos relacionados con la extensión de la plataforma continental. Entre las principales actividades se destaca el estudio de gabinete para determinar el potencial reclamo ecuatoriano a una plataforma extendida en Galápagos que permitió establecer un plan de trabajo y actividades en forma faseada. También se ha realizado la revisión de las líneas de base, la edición e impresión del libro de geología y geofísica marina y costera del Ecuador, estudios geológicos, sedimentológicos, geoquímicos y geofí-

sicos de la plataforma de Carnegie y Colón. Paralelamente se procedió a la adquisición de equipos de tecnología de punta para el ORION como el ecosonda multihaz de aguas profundas, un ecosonda de aguas someras, un muestreador de núcleos, vehículos submarinos, magnetómetro y perfilador sísmico.

Los siguientes cuatro años la Unidad Técnica se dedicará a una campaña de adquisición de datos, depuración de registros aceptables por la CLCS. Hasta el 2016 se espera haber completado el análisis de la información y documentada la presentación del caso ecuatoriano para someterla a la Comisión.

Las perspectivas de ampliar la plataforma de Galápagos más allá de las 200 millas son alentadoras y se avanza en la preparación de la información que deberá presentarse a la Comisión una vez que Ecuador se adhiera a la Convención del Mar. La Unidad Técnica de la CNDM y el INOCAR trabajan con mucho empeño para tener la información lista. Paralelamente a la preparación de los informes se está fortaleciendo la capacitación a personal técnico y científico en áreas relacionadas a la explotación de los fondos marinos.

Bibliografía

Ballard, R. y Hively, W., *The Eternal Darkness: a personal History of Deep-sea exploration*, Princeton University Press, New Jersey, 2000.

Collot, J.-Y., Michaud, F., Sosson, M., Ratzov, G., Migeon, S., Alvarado, A., Marcaillou, B., Calahorrano A. y Pazmiño, A., *Visión General de la morfología submarina del margen convergente del Ecuador-Sur de Colombia: implicaciones sobre la transferencia de masa y la edad de la subducción de la Cordillera de Carnegie*, 2009.

Cook, P., Carleton J. y Chris, M., *Continental Shelf Limits: The scientific and Legal Interface*. Oxford University Press, NY, 2000.

Corlis, J., Dymond, J., Gordon, L., Edmond, J., Herzen von, R., Ballard, R., Green, K., Williams, D., Bainbridge, A., Crane, K. y Andel van, T., *Submarine thermal springs on the Calápagos Rift*, Science, Vol. 203, Number 4385, 1979.

Convención de las Naciones Unidas sobre el Derecho del Mar de 1982. New York, 1982.

DOALOS, *Directrices Técnicas y Científicas de la Comisión de Límites de la Plataforma Continental*. División de Asuntos Oceánicos y del Derecho del Mar, CLCS 11.

Evans, Alan. *Desktop Study for the Government of Ecuador under UNCLOS Article 76 for Continental Shelf territory beyond 200 Nautical Miles*. UCLOS Group, National Oceanography Centre, Southampton, 2008.

- Goyes, P., Estado actual de la minería oceánica y su relación con el nuevo derecho del mar, perspectivas nacionales, Academia de Guerra Naval, Tesis, 1992.
- Goyes, P., It is time for Ecuador to sign the law of the sea treaty, US Naval, War College, 1993.
- Goyes, P., Límite Marítimo Ecuador-Perú, Dirección General de Intereses Marítimos, Quito, 2007.
- Hekinian, R., Rosendahl, B., Cronan, D., Dimitriev, Y., Fodor, R., Goll, R., Hoffert, M., Humpris, Mathey, D., Natland, J., Petersen, N., Roggenthen, W., Schrader, E., Srivastava, R. y Natland, N, Hydrothermal deposits and associated basement rocks from the Galapagos Spreading Center, *Oceanological Acta*, Vol. 1, N° 4, 1978.
- ISA, Technical Study No 1, Global Non-living resources on the extended continental shelf: Prospects at eh year 2000, International Seabed Authority, Kingston Jamaica, 2001.
- ISA, Technical Study No 2, Polymetallic Massive Sulphides and Cobalt-Rich Ferromanganese Crusts: Status and Prospects. International Seabed Authority, Kingston Jamaica, 2002.
- ISA, Proposes Technologies fir Deep Seabed Mining of Polimetallic Nodules, International Seabed Authority, Kingston Jamaica, 2001.
- ISA, Marine Mineral Resources: Scientific Advances and Economic Perspectives, International Seabed Authority, Kingston Jamaica, 2004.
- ISA, Polymetallic Sulphides and Cobalt-Rich Ferromanganese Crust Deposits: Establishment of Environmental Baselines and an Associated Monitoring Program During Exploration, International Seabed Authority, Kingston Jamaica, 2007.
- Kennett, J., Marine Geology, Prentice Hall, New Jersey, 1982.
- Lonsdale, P., Structure and Tectonic History of the Eastern Panama Basin, *Geological Society of American Bulletin*, v.89, p.981-999, 1978.
- Manchuel, B. K., Pontoise, B., Béthoux, N., Régnier, M., Font, Y., Sallares, V., Días, J., Arreaga, P., Monfret, T. y Yépez H, Sismicidad e implicaciones estructurales en el área de Esmeraldas (Norte de Ecuador); a partir de los experimentos Sublime y Esmeraldas, 2009.
- Manual de capacitación sobre el trazado de límites exteriores de la plataforma continental más allá de las 200 millas y para la preparación de presentaciones de información a la Comisión de Límites de la Plataforma Continental. Naciones Unidas, 2006.

- Marcaillou, B., Spence, G., Collot, J.-Y., Wang, K. y Ribodetti, A., Segmentación térmica del margen del Norte de Ecuador y del Sur de Colombia (1-4°N; su relación con la ubicación de la zona sísmológica, 2009.
- Meschede, M. y Brackhausen, U., The relationship of the Cocos and Carnegie Ridges: age constrains from paleographic reconstruction, *Int. Journal, Earth Sciences*, p. 386-392, 2001.
- Michaud, F., Ratzov, G., Sallarès, V., Collot, J.-Y., Pazmiño A. y De la Torre, G. Métodos e instrumentación acústica para la exploración en Geofísica Marina, 2009.
- Nocquet, J.M., Mothes, P. y Alvarado A. Geodesia, geodinámica y ciclo sísmico en Ecuador, 2009.
- Parson, L., Deep wáter resources of the continental shelf: Exploration, Evaluation, and Exploitation. Seminario Plataforma Continental, Buenos Aires 2000.
- Pazmiño, N., Michaud, F., Descripción de los Sedimentos Marinos en la Cordillera Submarina de Carnegie, 2009.
- Pedoja, K., Dumont J.-F., Ortlieb L., Levantamiento Cuaternario costero del Arco de Talara (Ecuador y norte del Perú): cuantificaciones en la secuencia de terrazas marinas, 2009.
- Sallarés, V., Charvis P. y Calahorra-no, A., Naturaleza y formación de la Provincia Volcánica de Galápagos. *Geología y Geofísica Marina y Terrestre del Ecuador*, 2009.
- Selig, S., Harrison, K. y Subrahmanyam. Superpower Rivalry in the Indian Ocean: Indian and American Perspectives, Oxford University Press, 1989.
- Segovia, M. y Alvarado, A., Breve análisis de la sismicidad y del campo de esfuerzos de Ecuador, 2009.
- Secretaría Técnica CNDM. Prolongación Natural de la Plataforma de Galápagos sobre la Cordillera Carnegie. Una Aproximación Técnica Científica para determinar el límite exterior de la Plataforma Continental de Galápagos. Unidad Técnica CONVEMAR, 2010. Publicación interna reservada.
- Vaca, S., Regnier, M., Bethoux, N., Alvarez, V., Pontoise, B., Sismicidad de la región de Manta: Enjambre sísmico de Manta-2005, 2009.
- Van de Poll Robert, FUGRO Group., Ecuador Territorial Sea Baseline Review, 2008.
- Witt, C. y Bourgois, J., Relaciones entre la evolución de la cuenca del Golfo de Guayaquil-Túmbes y el escape del Bloque Nor-Andino, 2009.

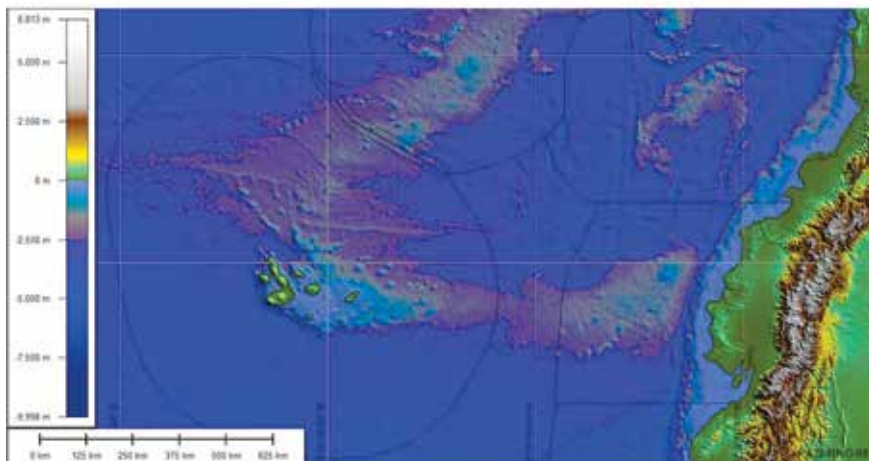


Figura 1
Plataforma continental del Ecuador de 200 MN: límites y características geomorfológicas

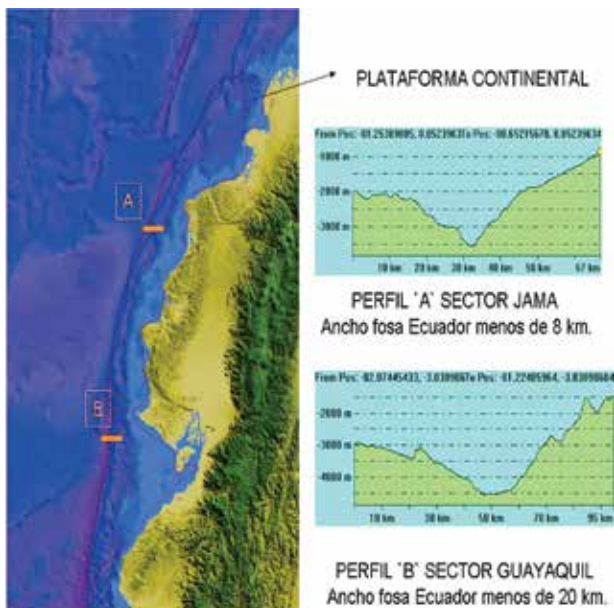


Figura 2
Plataforma continental y Fosa del Ecuador. Nótese el efecto de la cordillera Carnegie (secciones A y B) y la plataforma angosta muy cerca de la trinchera.

* Gráficos elaborados por la Unidad Técnica CONVENMAR

