

Malpelo como Patrimonio Geológico Sumergido¹

*Giovanny Alejandro Cuervo Londoño
Laura Camila Perdomo Rodríguez²*

Recibido: 5 de noviembre 2020

Aceptado: 5 de mayo 2021

Resumen

Esta investigación busca discutir desde el punto de vista científico, las razones por las cuales la isla de Malpelo debería considerarse patrimonio geológico sumergido de Colombia y de la humanidad, a partir de una revisión bibliográfica exhaustiva de diversos recursos académicos, entre estos artículos científicos, tesis y libros. Se evidencia que el origen y evolución de la isla es aún un tema de debate y discusión científica en la actualidad y que la Isla de Malpelo presenta múltiples características que la convierten en un sitio de valor universal excepcional, pues es un ejemplo destacado en términos de representación de la historia geológica de la Cuenca Panamá. Finalmente, se concluye que la coincidencia de distintos procesos geológicos únicos converge en la configuración de un paisaje submarino de belleza y trascendencia científica excepcional.

Palabras clave: Isla Malpelo, Patrimonio Geológico, Valor Universal Excepcional, dorsal oceánica de Malpelo, Cuenca Panamá, placas tectónicas Cocos y Nazca, punto caliente.

1 Este artículo presentado en torno al Diplomado de Introducción a la Oceanopolítica, es resultado del proyecto denominado El Poder Marítimo como fundamento estratégico de la Seguridad y Defensa Nacionales, del Grupo "Masa Crítica" adscrito a la Escuela Superior de Guerra "Rafael Reyes Prieto", identificado con código COL123-247 en Minciencias y categorizado en "B".

2 Estudiantes de Geología del Departamento de Geociencias de la Universidad Nacional de Colombia y miembros fundadores del Semillero Estudiantil 50%MAR de Geología Marina, Costera y Oceanografía, Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá. Contacto: en correos, gacuervol@unal.edu.co y lperdomor@unal.edu.co

1. Introducción

En 1972 en la Convención del Patrimonio Natural y Cultural de la UNESCO fue establecido el concepto de sitios con Valor Universal Excepcional (OUV) por sus siglas en inglés; lo cual hace referencia a lugares con una riqueza natural y cultural única en el mundo, otorgándoles una importancia común para toda la humanidad, haciéndolos dignos de reconocimiento y protección para futuras generaciones. Sin embargo, en 1982 es celebrada la Convención del Mar (CONVEMAR) la cual, establece las zonas marítimas de jurisdicción nacional extendiendo los límites costeros de cada país hasta 200 millas náuticas (mn).

Según Abdulla et al. (2013), la Convención Mundial del Patrimonio Natural y Cultural no ha podido ser aplicada en su totalidad para el territorio marino y debe ser replanteada para zonas marítimas que estén bajo la jurisdicción y autonomía de cada país, con el fin de que no haya contradicciones entre las dos convenciones y puedan ser aplicadas adecuadamente para la protección de dichos lugares con interés universal.

La isla oceánica Malpelo hace parte de una gran dorsal o cordillera submarina que además de su importancia biológica y ecosistémica en el mundo, guarda la historia geológica de la ruptura de la paleoplaca tectónica Farallón que, con la llegada del Punto Caliente de Galápagos, dan origen a las actuales placas de Cocos y Nazca. La evolución geológica de Malpelo involucra varios eventos geológicos y paleoceanográficos ocurridos en los últimos 15,7 millones de años, permitiendo que este santuario sea un lugar único en el mundo en términos de valor universal excepcional (OUV) establecidos por la UNESCO en 1872. Es por esto que la isla de Malpelo presenta ciertos atributos y características que la posicionan como un lugar que podría considerarse como patrimonio geológico sumergido de la humanidad.

2. Localización y Contexto Geológico

La Isla de Malpelo presenta un área no mayor a 600 m² y se ubica en las coordenadas 4°00'14"N y 81°03'24"W, a 492 km costa afuera de la Bahía de Buenaventura, en aguas profundas de soberanía colombiana. Adicionalmente, según Mayor et al. (2007), la Isla de Malpelo hace parte de un gran Corredor Marino de Conservación y uso Sostenible en el Pacífico Oriental Tropical (CMAR), conformado por el Archipiélago de Galápagos (Ecuador); las islas Gorgona y Malpelo (Colombia); la isla de Coiba (Panamá) y las islas de Cocos (Costa Rica). Por otro lado, la Dorsal de Malpelo que, es una gran estructura geológica que comprende a la isla, constituye el área sumergida y es un cuerpo alargado de hasta 300 km de longitud con un área no mayor a 70.000 km², se encuentra localizada en el segmento más noreste de la Cuenca de Panamá como se evidencia en la Figura 1, en la Placa de Nazca. Está limitada por las Zonas de Fractura de Yaquina al este y Panamá al oeste, además hace parte de las elevaciones batimétricas más prominentes de la Cuenca Panamá, dentro de las cuales destacan las Dorsales de Cocos, Coiba y Carnegie.

Adicionalmente, es un ejemplo peculiar en términos de representación de procesos tectónicos significativos en las diferentes etapas históricas de la Tierra, también es un lugar clave en términos del desarrollo de geformas y características fisiográficas únicas en el mundo. Sin embargo, los pocos estudios geológicos y geomorfológicos junto con el difícil y costoso acceso han confluído en una falta de voluntad estatal, en términos de financiación y apoyo, dificultando así su estudio y entendimiento desde el punto de vista geológico. Incluso, han sido las iniciativas internacionales y extranjeras las que más han aportado a la discusión científica de la Isla y su geo-patrimonio sumergido.

3. Ubicación Geopolítica Estratégica y Riqueza biológica

La isla oceánica de Malpelo se encuentra aproximadamente a 500 km al oeste de Colombia en el océano Pacífico oriental, esta prominente isla rocosa tiene una belleza particular, pues no es como las islas de arena y vegetación costera, por el contrario, no presenta vegetación y su cuerpo está constituido por un enorme macizo rocoso del cual apenas emerge a la superficie una pequeña parte que consta de grandes y altos acantilados que llegan a impedir el paso facilitado a los turistas o visitantes.

También representa el área emergida más occidental de Colombia, extendiendo así su soberanía sobre una amplia región del Océano Pacífico, esto la convierte en una zona estratégica para el país en términos geopolíticos y económicos. Además, por los diferentes estudios de carácter biológico que se han realizado en la isla es considerado un Santuario de Fauna y Flora, Patrimonio Natural Marino a nivel mundial. Situándola como un lugar de belleza natural excepcional y un ejemplo sobresaliente de procesos ecológicos y biológicos, en la evolución de las comunidades y ecosistemas marinos.

4. Litología Enigmática

Múltiples expediciones geológicas se han llevado a cabo en la Isla de Malpelo, por el actual Servicio Geológico Colombiano, Suarez Hoyos (1948) durante un viaje de reconocimiento a la isla, recolectaron muestras y realizaron un croquis de esta misma. En el reporte se documenta la presencia de rocas volcánicas basálticas vesiculares y amigdalares con alteración hidrotermal neutra a alcalina, meso-epitermal a epitermal y propilítica a subpropilítica, con superposición de diques de basaltos porfiríticos y afaníticos, lo cual, es común en islas oceánicas de tal naturaleza. Sin embargo, desconcierta la presencia de rocas volcánicas ácidas como dacitas, las cuales podrían ser evidencia de un rejuvenecimiento en la actividad volcánica debido a la subsidencia de la Dorsal, como ocurre actualmente en las Islas de Hawaii. Sin embargo, aún no se ha hecho un estudio para determinar esta hipótesis de rejuvenecimiento.

Por lo descrito anteriormente, resulta enigmática la presencia de una variedad tan evolucionada de rocas en la isla, pues se han descrito rocas volcánicas de

composición ácida, intermedia y básica que harían de Malpelo la única Isla con rejuvenecimiento volcánico de Colombia. Sin embargo, la falta de cartografía detallada pone en evidencia que el conocimiento litológico de la isla es aún limitado, por lo que se necesitan estudios de cartografía geológica más específicos y sistemáticos de las formaciones geológicas de la Isla Malpelo, como primer paso para entender su origen y evolución.

5. Geomorfología emergida y sumergida

Malpelo Emergida

La Isla de Malpelo presenta una riqueza geomorfológica particular aún no descifrada; la isla está principalmente rodeada de acantilados rocosos con alturas de hasta 120 m y picos de hasta 300 metros sobre el nivel del mar (msnm). Esta isla presenta en general un relieve escarpado de altas pendientes (superiores a los 45°) con geformas producto de la erosión costera como arcos, cuevas, estacas marinas y acantilado muy escarpados.

Sin embargo, en algunas regiones altas también presenta zonas con pendientes suaves de 0° a 15°, las cuales podrían sugerir la existencia de terrazas marinas en las regiones elevadas de la isla, que a su vez darían cuenta de cambios en el nivel eustático y erosión diferencial por contrastes litológicos, esto asociado a una unidad volcánica superior. A pesar de que no se han realizado estudios rigurosos que integren los parámetros geomorfológicos y topográficos de la zona emergida de la isla, con su naturaleza estructural y litológica, es posible que Malpelo guarde la única evidencia costa afuera de las regresiones y transgresiones marinas ocurridas en los últimos 11 Ma en el Pacífico colombiano.

Respecto a su hidrología, los drenajes son alimentados por agua exclusivamente meteórica y las características petrofísicas de la roca superficial (basaltos vesiculares) permite el almacenamiento de agua en los poros. Adicionalmente, en esta isla además del macizo rocoso principal, se presentan 6 cayos emergidos satélites a este y está rodeada principalmente de geomorfologías de tipo erosional de tamaño considerable.

Malpelo Sumergida

La Dorsal de Malpelo presenta una intrigante geomorfología submarina, poco documentada en el mundo, que mediante técnicas como la batimetría multi-haz, se ha logrado estudiar. La Dorsal de Malpelo es una gran estructura geológica, cuya característica más prominente es un Graben Estructural con una orientación Noreste-Suroeste, donde el bloque colgante forma una depresión lineal con una profundidad de hasta 3000 m bajo el nivel del mar (mbnm). El área emergida de la isla representa un pequeño pico, que simplemente constituye una diminuta proyección de las paredes de esta mega estructura. Dentro de los estudios más destacados respecto al tema se encuentra el de Lonsdale & Fornari (1980), donde por medio de buceos realizados con el

sumergible “Tortuga” se logró por primera vez fotografiar y tomar muestras en afloramientos submarinos de la Dorsal de Malpelo; durante este sondeo se reportaron Basaltos toleíticos, diabasas, cortezas de ferromanganeso y extensas regiones cubiertas con Chalk.

En la zona se observan principalmente dos procesos erosivos relevantes, por un lado, depósitos de caída en los escarpes del graben producto de la acción de la gravedad, por otro lado, la meteorización y erosión submarina por disolución de carbonatos, evidenciada por perfiles sísmicos e imágenes multihaz en la Figura 2, flanco sureste de la dorsal. Este tipo de geomorfología erosiva por disolución de carbonatos ya se ha reportado en la Dorsal de Carnegie, al sur de Malpelo en aguas ecuatorianas, por Michaud et al. (2018), este autor reporta unas estructuras de tipo erosivo de escala kilométrica que consisten en depresiones dispuestas en arreglos de panal “honeycomb”, estos tipos de depresiones sub-circulares están presentes en la Dorsal de Malpelo y son atribuidas a un gran evento paleoceanográfico regional de disolución de carbonato marino, detonado durante el Plioceno medio y promovido por las corrientes de fondo.

6. Naturaleza Cortical Anómala

La Dorsal de Malpelo se destaca por su naturaleza cortical engrosada, evidenciada en tomografías sísmicas realizadas junto con información gravimétrica y topográfica, estas técnicas permiten determinar la zona de discontinuidad del Moho para el área de la Dorsal, la cual alcanza profundidades de 16 a 19 km bajo sí misma, esto supone un engrosamiento anómalo comparado con el grosor natural de una corteza oceánica (7 km aproximadamente). Lo anterior es corroborado por Marcaillou et al. (2006); Sallarés (2003), quienes recalculan la profundidad del Moho mediante perfiles de reflexión sísmica multicanal de ángulo amplio, permitiendo así observar en la Figura 3 que el máximo grosor en la Dorsal Oceánica alcanza los 19 km de profundidad, este valor resulta similar al grosor del segmento norte de la Dorsal de Cocos. Adicionalmente, se evidencian dos picos de anomalías gravimétricas reportadas por Rodríguez Velásquez & Rojas Gaitán (2019), que pueden estar relacionados con el afloramiento de rocas de la corteza oceánica inferior, de composición máfica a ultramáfica, a lo largo del escarpe de falla que permite su exposición en la superficie de la Dorsal.

Para entender la magnitud de este engrosamiento cortical o profundidad del moho, es necesario comparar con otros ejemplos de cortezas oceánicas alrededor del mundo. En este sentido, Walther (2003) presenta un panorama global en términos del carácter de la corteza bajo las Dorsales de Cocos y Malpelo, comparándolas con Grandes Provincias ígneas (LIP's) y otras cortezas oceánicas engrosadas como Puntos Calientes y Plateaus Oceánicos. A partir de este ejercicio comparativo se puede concluir que, si bien la Dorsal de Malpelo presenta un engrosamiento cortical mucho mayor al de una corteza oceánica normal, existen cortezas oceánicas con grosores aún mayores, como el Plateau Oceánico de Islandia, que alcanzan hasta los 30 km de

profundidad del Moho en la corteza inferior, o por mencionar otro ejemplo, el Plateau Oceánico de Ontong Java que solo en la corteza inferior alcanza grosores de hasta 10 Km. Sin embargo, la Dorsal de Malpelo constituiría la corteza oceánica más gruesa del Pacífico colombiano, siendo así un área única en todo el territorio marítimo bajo la jurisdicción colombiana.

7. “Placa tectónica de Malpelo”

Estudios recientes sugieren que la corteza oceánica que comprende a la Dorsal de Malpelo, anteriormente denominada como Placa de Nazca, podría constituir en realidad una nueva Placa tectónica dentro de la soberanía marítima colombiana; Vargas et al. (2018) correlaciona la distribución espacial de la atenuación sísmica con la estructura termal de la Cuenca Panamá, determinando así que la región de máxima atenuación sísmica debida a un alto gradiente térmico, se encuentra en el costado sur del Rift de Costa Rica, en la Zona de Fractura de Panamá y en un menor grado, pero no despreciable, en el segmento este del Rift de Sandra. Regiones en la cuales la presencia de múltiples mecanismos focales sísmicos, coinciden perfectamente con las zonas de mayor gradiente térmico. Lo anterior puede ser evidencia de que actualmente estas regiones son tectónicamente activas, de manera que pueden pensarse como nuevos límites de placa que aún no se han reconocido formalmente.

74

Tal hipótesis es sustentada en el estudio realizado por Zhang et al. (2017), en el cual se estiman las nuevas direcciones de movimiento (azimuths) para las fallas de transformación a lo largo del límite de placas Cocos-Nazca, utilizando la base de datos de topografía de multiresolución global GeoMapApp. Este autor muestra que la distribución de los sismos y el movimiento relativo de los bloques analizados permite proponer la presencia de dos nuevas Placas tectónicas; la Placa Malpelo y Placa Coiba las cuales pueden ser visualizadas en la Figura 4, por lo que es posible que las Dorsales de Malpelo y Coiba realmente no hagan parte de la Placa Nazca y en este sentido tengan que ser revaluados los modelos de representación tectónica.

8. Cicatrices de Increíble Complejidad

La corteza oceánica que comprende a la dorsal de Malpelo y áreas aledañas guarda el registro de un gran evento volcánico producto de la fractura de la paleoplaca cretácica Farallón y su interacción con el Punto caliente de Galápagos; evidencia de esto se encuentra en la compleja trama de anomalías magnéticas del piso oceánico de la Cuenca Panamá, producto de los múltiples Rift o Centros de expansión activos y extintos actualmente. Debido al rápido desarrollo de estos Rift se crean en conjunto un patrón estructural de increíble complejidad, apreciable en la Figura 5, de tal manera que puede ser considerado un lugar extraordinario en términos de valor universal excepcional (OUV).

Dentro de los estudios más complejos y pioneros se encuentra el de Lonsdale & Klitgord (1978), en el cual se utiliza información magnética apoyada en sísmica de reflexión, durante la expedición Cocotow realizada en 1974 por la Institución Oceanográfica Scripps, que junto con algunos datos del Deep Sea Drilling Project (DSDP) presentan un análisis detallado de las series de anomalías magnéticas localizadas en el segmento noreste de la Cuenca de Panamá, este artículo reporta por primera vez la existencia del Rift de Malpelo, que particularmente presenta una expansión asimétrica y es posteriormente ralentizada hasta su extinción, este junto al Rift de Costa Rica, producen la segmentación de la proto Dorsal de Cocos, segmentada en las actuales Cocos y Malpelo durante el periodo de 14,5 a 11 Ma, esto se evidencia en las anomalías magnéticas C5, C5A Y C5B.

Adicionalmente, se observó que la corteza oceánica más antigua encontrada en la Cuenca Panamá data de 26 a 22 Ma, esto es corroborado por las anomalías C6B y C6C, las cuales se observaron al norte de la Dorsal de Coiba y al sur del escarpe de Grijalva. Esta evidencia permite concebir el hecho de que alguna vez, la parte más norte de la Cuenca Panamá estaba unida a la parte Sur de la misma, dejando así múltiples dudas sobre los mecanismos que llevaron a la configuración actual; es decir, que la placa Farallón fue fragmentada y separada por medio de la expansión de diferentes cadenas de Rift oceánicos actualmente extintos.

9. Registro Paleoceanográfico

75

La Cuenca Panamá, donde se encuentra la Dorsal de Malpelo, guarda evidencias valiosas de eventos paleoceanográficos que reconstruyen la historia del clima y las condiciones del Planeta a escala de miles de años, dichas reconstrucciones se han realizado con el estudio de los sedimentos superficiales de la Cuenca Panamá. La evidencia de esto se sustenta en los estudios realizados por Betancur & Martínez (2001); Patarroyo, G. & Martínez (2012), que mediante el análisis de foraminíferos bentónicos en dos núcleos de perforación de la Cuenca Panamá, han reconstruido las condiciones de paleo productividad y oxígeno en sedimentos de fondo oceánico para los último 40.000 años, determinando así que la cantidad de foraminíferos bentónicos en el sedimento de la cuenca refleja cambios en la productividad primaria, que a su vez está relacionado con el ultimo máximo glacial y zonas de surgencia en la Cuenca.

Adicionalmente, Patarroyo, G. & Martínez (2012) establece que las corrientes de fondo han estado presentes desde al menos 23.000 años, mientras que los fenómenos del Niño y la Niña se han producido posterior al último periodo glacial (18.000 años atrás). También se plantea una disminución de la productividad primaria durante los últimos 20.000 años. Tales evidencias paleoclimáticas junto con la preocupación actual frente al cambio climático, constituyen información invaluable para el entendimiento actual de la dinámica atmosférica y oceanográfica, permitiendo así inferir el comportamiento regular del Planeta y el nivel de incidencia de la humanidad en el calentamiento global.

10. Segunda Dorsal más antigua de la Cuenca Panamá

Respecto a la edad de la Dorsal de Malpelo, una investigación destacada respecto al tema es la realizada por O'Connor et al. (2007), dado que aporta nueva información geocronológica, la cual es contrastada con información geoquímica ya publicada, para probar si los modelos estándar de pluma mantélica se ajustan a la Provincia Volcánica de Galápagos (GVP). En este estudio se presentan 84 nuevas dataciones $40\text{Ar}/39\text{Ar}$ de muestras recolectadas alrededor de toda la GVP durante el Crucero R/V Sonne SO 144-3 en 1999, esta nueva información evidencia que las rocas volcánicas presentes en las Dorsales de Coiba y Malpelo presentan edades de 16,7 Ma y 15,7 Ma respectivamente, sugiriendo así que estas estructuras constituyen las Dorsales más antiguas de la Cuenca Panamá. Por tanto, es necesaria su conservación con el fin de preservar la historia geológica de la evolución tectónica de la región.

11. Paradigmas de la evolución tectónica de la Dorsal de Malpelo

Varios son los autores que han tratado de esclarecer la evolución tectónica de la Cuenca Panamá, que por su complejidad y abundantes eventos superpuestos dificulta la interpretación geológica. Adicionalmente, la dificultad económica y logística de realizar muestreos directos, junto con el escaso interés estatal para estudiar las áreas sumergidas colombianas, ha impedido el avance en esta discusión científica. De modo que, el geopatrimonio sumergido del Pacífico Colombiano permanece poco conocido y estudiado. Sin embargo, algunos estudios han dado grandes luces en la comprensión del origen y evolución geológica de la Dorsal de Malpelo, dentro de los cuales es importante resaltar tres hipótesis que pueden considerarse como los tres principales modelos de Evolución Tectónica para la Cuenca Panamá.

Lonsdale and Klitgord, 1978; Meschede et al., 1998; Van Andel et al., 1971 son los principales exponentes de los modelos tectónicos existentes para la Cuenca Panamá, estos modelos tienen en común el atribuir el origen de las Dorsales de Cocos, Carnegie y Malpelo al emplazamiento e intensa actividad volcánica del Punto caliente de Galápagos; es decir que estas dorsales oceánicas son en realidad extensos derrames lávicos que han interactuado con el Centro de Expansión Nazca-Cocos y el movimiento relativo de estas Placas Tectónicas, desde finales del Periodo Paleógeno hasta la actualidad. Ellos enfatizan en el hecho de que las Dorsales de Cocos y Carnegie conformaban una sola estructura volcánica que ha sido fragmentada por la actividad de diversos centros de expansión Rift, los cuales desarrollan una orientación aproximada nornoreste-sursuroeste y un desarrollo direccional en sentido sursuroeste. Esta serie de Centros de Expansión de forma inusual han presentado una expansión asimétrica, siendo mayor en el flanco Rift norte comparado con el flanco sur.

La evolución tectónica de la Cuenca Panamá sigue en discusión, dado que esta parte del Pacífico es compleja y sigue siendo un debate científico. Esta área

natural sumergida puede ser considerada invaluable por su registro histórico de la Tierra, por tanto, debería conservarse y estudiarse debido a su valor universal excepcional.

12. Identidad geoquímica y naciones hermanas

Los modelos de Evolución Tectónica para la Cuenca de Panamá han sido discutidos y evaluados por medio de la geoquímica, este tipo de estudio se ha desarrollado en la región y es quizás uno de los recursos más útiles para evaluar la consistencia y veracidad de cada uno de los modelos planteados hasta el momento. A pesar de que actualmente se tienen muy pocos estudios de esta índole en la Cuenca Panamá, los realizados en la actualidad han brindado grandes aportes al entendimiento de la naturaleza, origen y evolución de la misma.

Werner et al. (2003) realizó un destacado estudio que analiza geoquímicamente los elementos mayores e Isótopos de Sr-Nd-Pb en Rocas Volcánicas, recolectadas en las Dorsales de Carnegie, Cocos, Malpelo y Coiba, además de algunas muestras de Rift extintos. Esto junto con interpretaciones de perfiles magnéticos recolectados durante el Crucero R/V Sonne SO 144-3 en 1999, permitieron reconstruir la zonación geoquímica de la Pluma de Galápagos, con lo cual se definió cuatro Dominios Geoquímicos correspondientes a diferentes Islas: Norte (Lineamiento de Wolf-Darwin), Sur (Floreana), Este (Genoveza) y Central (Fernandina). Este estudio se realizó con el objetivo de entender la evolución e interacción durante los últimos 20 Ma, entre la Pluma y el eje del centro de expansión que divide a las Placas de Cocos y Nazca.

Dicha investigación da luces a la comprensión de la distribución reciente de la Cuenca Panamá, dado que confirma la afinidad Geoquímica entre las Dorsales de Malpelo y Coiba, con el Dominio Geoquímico Central del Hotspot de Galápagos y los segmentos central y sur de la Dorsal de Cocos. Con lo anterior, se puede inferir que Malpelo y Carnegie alguna vez formaban una sola estructura, que posteriormente fue fragmentada durante la transición de los Sistemas de Expansión Rift CNS-2 al CNS-3 durante 14,5 - 9,5 Ma, como se observa en la Figura 6. Asimismo, se puede concebir la probabilidad de que la Dorsal de Coiba representa el segmento más antiguo preservado hoy en día de la Dorsal de Cocos y por tanto de la pluma de Galápagos.

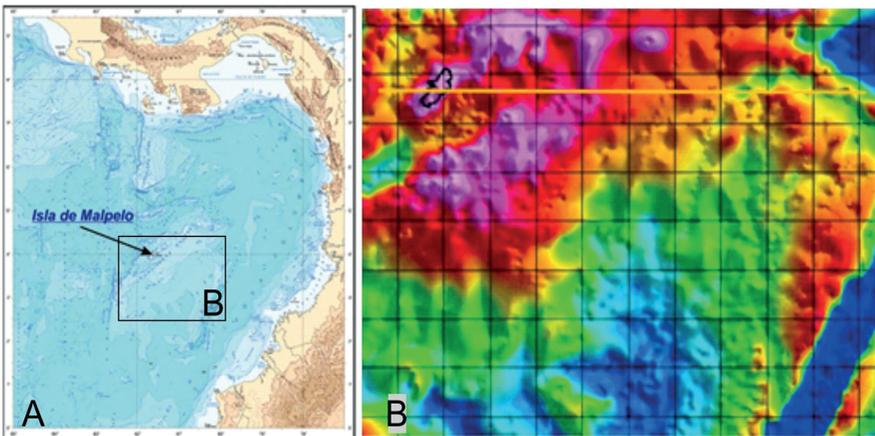
La evidencia geoquímica sobre Malpelo nos permite inferir que compartimos la misma historia geológica con países aledaños como Ecuador, Panamá y Costa Rica; con jurisdicción marítima sobre las Dorsales Carnegie, Coiba y Cocos respectivamente, que al igual que Malpelo son fragmento de una misma cronología. La cordillera submarina de Malpelo vista antes solo como un punto estratégico para la geopolítica de Colombia, también nos recuerda nuestra identidad conjunta acercándonos como naciones, dado que el registro geológico no reconoce fronteras y nos enseña que tenemos más semejanzas que diferencias.

13. Conclusiones

Tanto la Isla de Malpelo como su Dorsal presentan múltiples características que hacen de este un sitio de valor universal excepcional (OUV) tanto para Colombia como para la humanidad. Es importante porque guarda evidencia de un fenómeno excepcional en la historia geológica de la Tierra, las consecuencias del punto caliente de Galápagos y la ruptura de la paleoplaca tectónica Farallón hace 20 se han generado mosaicos formados por un complejo patrón de centros de expansión rift, evidenciados en los estudios de anomalías magnéticas en la Cuenca Panamá, generando así un paisaje sumergido de belleza natural excepcional.

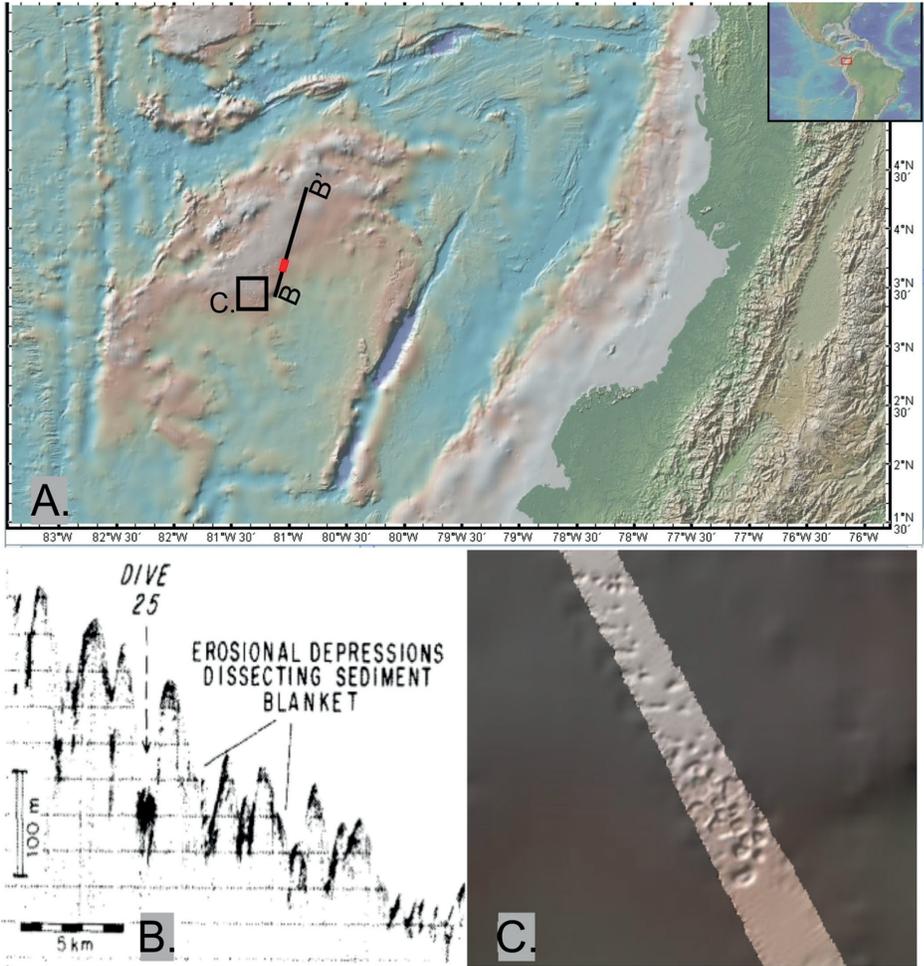
Además, es un ejemplo destacado en términos de representación de la historia geológica de la Cuenca Panamá; registrada en las geformas emergidas y sumergidas que dan cuenta de los procesos geomórficos exógenos y endógenos. A pesar de ser comúnmente considerada un Santuario de Fauna y Flora, que alberga diversas especies entre ellas el reconocido Tiburón Martillo, y un punto estratégico desde el punto de vista oceanopolítico, también es resultado de la coincidencia de distintos procesos geológicos únicos que configuran un paisaje submarino de belleza y trascendencia científica excepcional.

Figura 1. Localización y extensión geográfica.



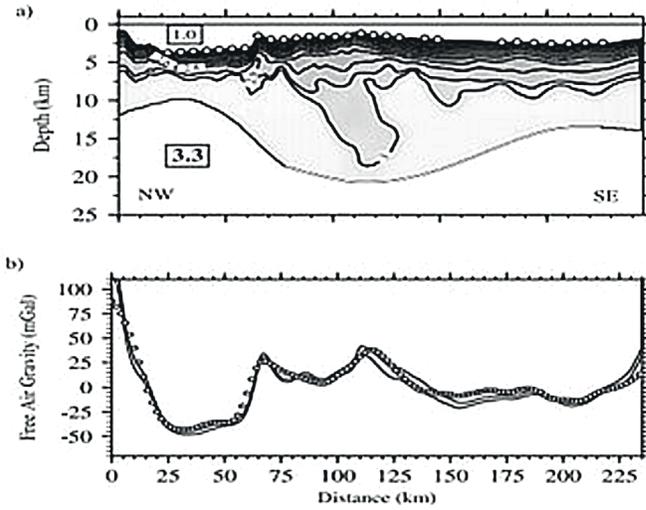
A. Ubicación de la Isla Malpelo. Modificado de Niño et al. (2019); B. Mapa batimétrico de la Dorsal de Malpelo, la Isla de Malpelo se señala con un croquis negro. Tomado de Rodríguez Velásquez & Rojas Gaitán (2019).

Figura 2. Depresiones dispuestas en arreglos de panal “honeycomb”.



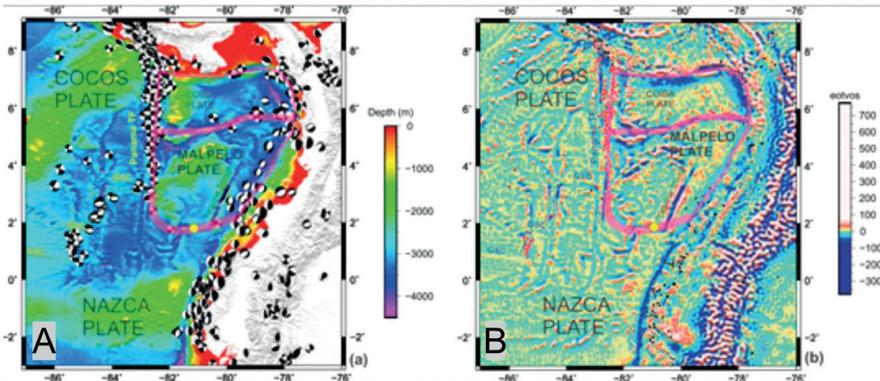
A. Mapa batimétrico para la zona de la Dorsal de Malpelo con la ubicación un perfil sísmico y una imagen multihaz; B. Subsección (línea roja) de la línea sísmica B-B' tomada de Lonsdale & Fornari (1980) donde son evidentes los escarpes serrados relacionados con depresiones por disolución de carbonatos; C. Imagen multihaz de depresiones dispuestas en arreglos de panal “honeycomb” halladas en el flanco sureste de la Dorsal de Malpelo. Tomado del National Centers for Environmental Information de la NOAA.

Figura 3. Grosor Cortical de la Dorsal de Malpelo



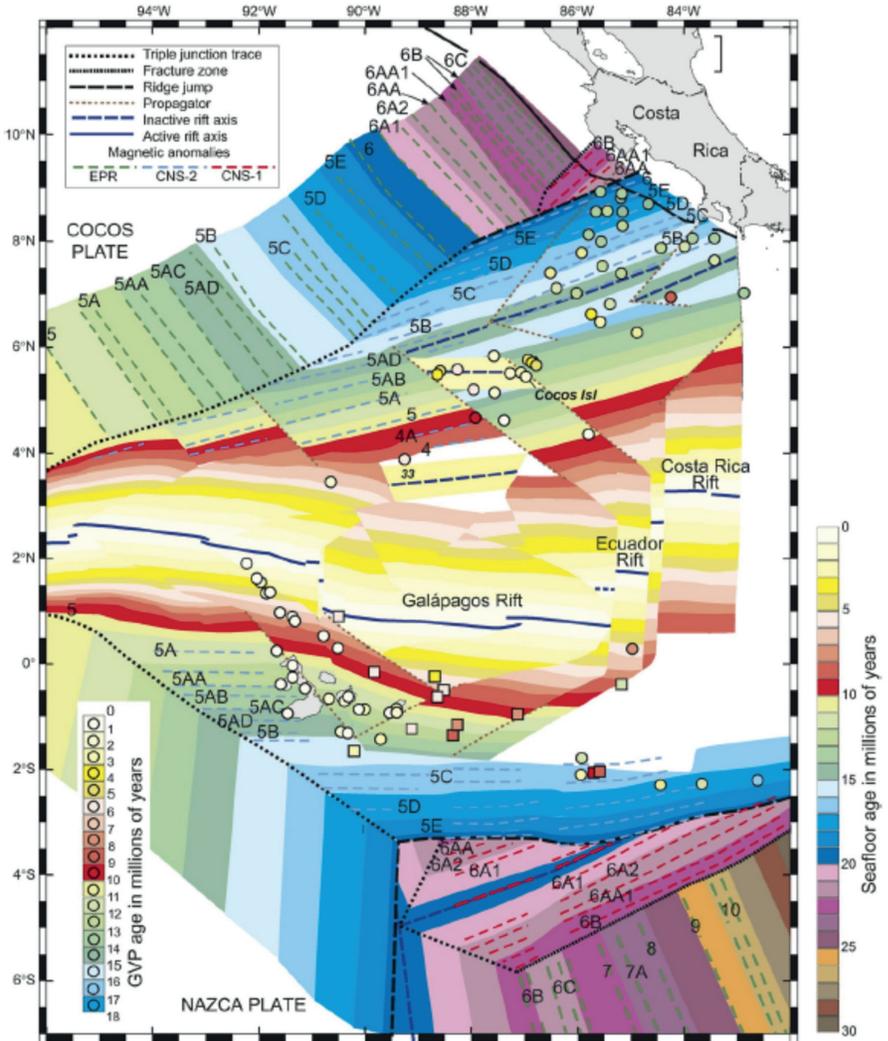
A. Perfil sísmico y B. gravimétrico de la Dorsal de Malpelo. Mostrando el grosor anómalo de la Corteza Oceánica de hasta 19 km para esta región. Tomado de Sallarés (2003)

Figura 4. Placa oceánica de Malpelo



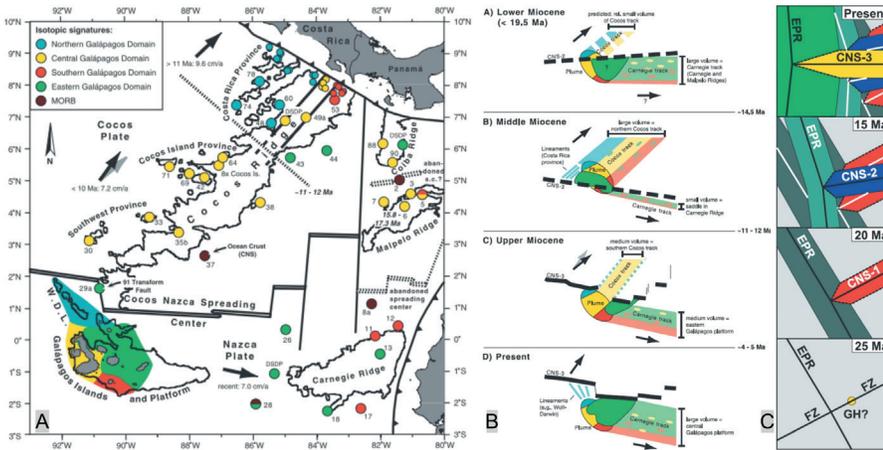
A. Mapa Batimétrico con la posición de mecanismos focales sísmicos; B. Mapa de gradiente vertical gravitacional con la distribución de epicentros de sismos (puntos rojos). Tomado de Zhang et al. (2017)

Figura 5. Anomalías magnéticas regionales y su Cronología



Distribución geográfica de las anomalías magnéticas regionales junto con sus edades geocronológicas en intervalos de 5 Ma, al oeste de la Dorsal de Malpelo, describiendo así el complejo patrón estructural encontrado en el piso oceánico de la Cuenca Panamá. Tomado de O'Connor et al. (2007)

Figura 6. Afinidad Geoquímica entre las Dorsales de Malpelo, Carnegie, Cocos y Coiba



A. Distribución de las muestras analizadas junto con su carácter geoquímico Azul (Dominio Norte), Amarillo (D. Central), Rojo (D. Sur), Verde (D. Este) y Marrón (MORB); B. Evolución de la interacción entre el Hotspot de Galápagos y los sistemas de centros de expansión CNS; C. Sucesión cronológica de los CNS-1 (Rojo), CNS-2 (Azul) y CNS-3 (Amarillo) y del Rift del Pacífico Este EPR (Tonos Verdes). Tomado de Werner et al. (2003)

Referencias

- Abdulla, A. A., Obura, D., Bertzky, B., & Shi, Y. (2013). *Marine Natural Heritage and the World Heritage List: Interpretation of World Heritage criteria in marine systems, analysis of biogeographic representation of sites, and a roadmap for addressing gaps*. www.iucn.org/publications
- Betancur, M., & Martínez, I. (2001). Productividad y Oxigenación en la Cuenca de Panamá, Pacífico Colombiano, durante el Pleistoceno tardío-Holoceno: el registro de los Foraminíferos Bentónicos. *Geología Colombiana*, 26(0), 123-151.
- Lonsdale, P., & Fornari, D. (1980). Submarine geology of Malpelo Ridge, Panama Basin. *Marine Geology*, 36(1-2), 65-83. [https://doi.org/10.1016/0025-3227\(80\)90041-9](https://doi.org/10.1016/0025-3227(80)90041-9)
- Lonsdale, P., & Klitgord, K. D. (1978). Structure and tectonic history of the eastern Panama Basin. *Bulletin of the Geological Society of America*, 89(7), 981-999. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1978\)89<981:SATHOT>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1978)89<981:SATHOT>2.0.CO;2)
- Marcaillou, B., Charvis, P., & Collot, J. Y. (2006). Structure of the Malpelo Ridge (Colombia) from seismic and gravity modelling. *Marine Geophysical Research*, 27(4), 289-300. <https://doi.org/10.1007/s11001-006-9009-y>
- Mayor, G. A., Acevedo, C. I., & Besudo, S. (2007). Capítulo 1: Generalidades. In UAESP-NN-DTSO & DIMAR-CCCP (Eds.), *Santuario de fauna y flora Malpelo: Descubrimiento en marcha* (pp. 1-15). DIMAR. <https://www.oceandocs.org/handle/1834/14702>
- Meschede, M., Barckhausen, U., & Worm, H.-U. (1998). Extinct spreading on the Cocos Ridge. *Terra Nova*, 10(4), 211-216. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3121.1998.00195.x>
- Michaud, F., Collot, J. Y., Ratzov, G., Proust, J. N., Dano, A., Lebrun, J. F., Hernández, M. J., Loayza, G., Khaoulani, A., Stoll, Y., Pouderoux, H., & De Min, L. (2018). A honeycomb seafloor morphology in carbonate sediment of the Carnegie Ridge (offshore Ecuador): Formation and potential geodynamic significance. *Geology* 46 (11), 979-982. <https://doi.org/10.1130/G45285.1>
- Niño, C. D., Bermúdez-Rivas, C., Londoño-Cruz, E., Cantera Kintz, J. R., Valencia-Giraldo, D. E., Lázarus Agudelo, J. F., Cabeza Durango, L., Vásquez Lopéz, Laura Marcela Urbano Latorre, C. P., Grisales López, C. H., Iriarte Sánchez, J. D., Caicedo Laurido, A. L., & Giraldo López, A. (2019). CAPÍTULO II. Descripción física del Santuario de Fauna y Flora Malpelo. In CCO-Dimar (Ed.), *Malpelo es Colombia, maravilla estratégica* (pp. 50-61). Editorial CCO. <https://doi.org/10.26640/9789585608658.2019>
- O'Connor, J. M., Stoffers, P., Wijbrans, J. R., & Worthington, T. J. (2007). Migration of widespread long-lived volcanism across the Galápagos Volcanic Province: Evidence for a broad hotspot melting anomaly? *Earth and Planetary Science Letters*, 263(3-4), 339-354. <https://doi.org/10.1016/j.epsl.2007.09.007>
- Patarroyo, G. & Martínez, J. (2012). Paleoproductividad y paleoxigenación del sur de la Cuenca de Panamá en el Holoceno. *Geología Colombiana*, 37(1), 2012.
- Rodríguez Velásquez, M. F., & Rojas Gaitán, K. F. (2019). *Determinación de la Dorsal, Malpelo a partir de gravimetría satelital* (Monografía). Universidad Distrital Francisco José De Caldas. <http://hdl.handle.net/11349/15099>

Ensayos sobre Estrategia Marítima

- Sallarés, V. (2003). Seismic structure of Cocos and Malpelo Volcanic Ridges and implications for hot spot-ridge interaction. *Journal of Geophysical Research*, 108(B12), 1–21. <https://doi.org/10.1029/2003jb002431>
- Suarez Hoyos, V. (1948). *Informe Preliminar sobre el Reconocimiento de la Isla de “Malpelo”* (tech. rep.). Servicio Geológico Nacional. Bogotá D.C, Servicio Geológico Nacional. <https://miig.sgc.gov.co/Paginas/Resultados.aspx?k=malpelo>
- Van Andel, T. H., Heath, G. R., Malfait, B. T., Heinrichs, D. F., & Ewing, J. I. (1971). Tectonics of the Panama basin, eastern Equatorial Pacific. *Bulletin of the Geological Society of America*, 82(6), 1489–1508. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1971\)82\[1489:TOTPBE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1971)82[1489:TOTPBE]2.0.CO;2)
- Vargas, C. A., Pulido, J. E., & Hobbs, R. W. (2018). Thermal structure of the Panama Basin by analysis of seismic attenuation. *Tectonophysics* 730 (February), 81–99. <https://doi.org/10.1016/j.tecto.2018.02.017>
- Walther, C. H. E. (2003). The crustal structure of the Cocos ridge off Costa Rica. *Journal of Geophysical Research: Solid Earth*, 108(B3), 1–21. <https://doi.org/10.1029/2001jb000888>
- Werner, R., Hoernle, K., Barckhausen, U., & Hauff, F. (2003). Geodynamic evolution of the Galápagos hot spot system (Central East Pacific) over the past 20 m.y.: Constraints from morphology, geochemistry, and magnetic anomalies. *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 4(12). <https://doi.org/10.1029/2003GC000576>
- Zhang, T., Gordon, R. G., Mishra, J. K., & Wang, C. (2017). The Malpelo Plate Hypothesis and implications for nonclosure of the Cocos-Nazca-Pacific plate motion circuit. *Geophysical Research Letters*, 44(16), 8213–8218. <https://doi.org/10.1002/2017GL073704>