

Interpretación de la Sísmica 2d del Pacífico en Cercanías de la Isla Gorgona

Nadezhda Sonia Zamora Guerra ^a _____

Director: José María Jaramillo Mejía, Ph.D. ^b _____

^anszamorag@unal.edu.co

^bjjaramillo@laefm.com

Resumen

Gorgona, isla situada en el Océano Pacífico, a 32 Km de la costa Colombiana, en las coordenadas 2°58'03.11"N, 78°10'49.11"W relativamente pequeña (8*2.5 Km) (Figura N°1) de la cual no se tiene claridad sobre su origen pues las hipótesis que se han planteado no son totalmente excluyentes entre sí. El presente trabajo se es un aporte al entendimiento de la geología de la Isla de Gorgona. Se presenta una interpretación de líneas sísmicas cercanas a la isla que soportan la hipótesis de que Gorgona no se acrecionó directamente a Colombia sino que las Islas Gorgona y Gorgonilla se acrecionaron a Sur América en una posición las Sur de su posición actual (Ecuador) y se desplazaron a donde están actualmente por medio de una falla de rumbo, transtensiva, la cual se demuestra por configuración no típica de una zona de subducción conformada por fallas normales que demuestran esfuerzos extensivos y una pocas fallas inversas que representan el esfuerzo compresivo

Palabras Calves: Gorgona, Acreción, fallas transtensivas, sísmica de reflexión, Colombia.

Abstract

Gorgona, is a Colombian island located in the Pacific Ocean, 32 Km from the coast. At the following coordinates: 2°58 ' 03.11" N, 78°10 ' 49.11" W. The Island is small (8.0 x 2.5

Km). The present work is a contribution to the understanding of the geology of the Island. I present an interpretation of seismic lines near to the island that support the hypothesis of which Gorgona was not accretioned directly to the South American plate on its current location but rather that Gorgona was accretioned to South America in a location to the South(Ecuador) and has been displaced northwards by a transtensional fault, denominated by Estrada (1995) the Buenaventura fault, this can be demonstrated by the structural fabric observed on the seismic reflection data close to the island.

Key words: Gorgona, transtensional fault, reflection seismic, Colombia

1. Introducción

Gorgona y Gorgonilla son un par de islas del Pacífico Colombiano, situados a unos 30 Km de la costa. Existen muchas preguntas a cerca de su origen y del como se relaciona geológicamente con Colombia y en general con la costa Pacífica. Para dar respuesta a estas preguntas se han planteado básicamente tres (3) hipótesis: Las islas de Gorgona y Gorgonilla se originaron en la pluma de un manto denominada Gómez y Salas y localizada en el Océano Pacífico a unos 5500 Km de donde se encuentra hoy en día y se acrecionó a Colombia hace 5 Ma, J. J. Estrada, 1995; Las islas se originaron en la pluma Gómez y Salas y se acrecionaron a Ecuador hace 15Ma y luego se desplazaron a su lugar actual a lo largo de una falla de rumbo, J. J. Estrada, 1995; Gorgona tuvo origen en el Pacífico Colombiano y hace parte del plateau Océánico del Caribe y Colombia (CCOP, por sus siglas en ingles) y se ha movido muy poco acercándose al continente a causa de la subducción de la placa de Nazca que tiene lugar allí. Cada una de estas hipótesis ha sido evaluada por los científicos

usando varios métodos como paleomagnetismo, Geoquímica y Paleontología como se explicara mas adelante.

En el presente estudio se hace uso de la sísmica 2D de reflexión para aportar más evidencias con que ayudan a esclarecer el origen de las islas de Gorgona y Gorgonilla y así comprobar alguna de las hipótesis propuestas por medio de la interpretación y análisis de las líneas sísmicas ubicadas alrededor de la isla en forma de cuadrícula como se verá cuando se hable de la metodología.

2. Objetivo general

- Profundizar en el conocimiento de cómo la isla Gorgona se acrecionó al continente por medio de la interpretación de líneas sísmicas de reflexión.

3. Objetivos específicos

- 3.1 Contribuir al esclarecimiento del origen de la isla mediante la interpretación de varias líneas sísmicas de reflexión disponibles para este estudio.

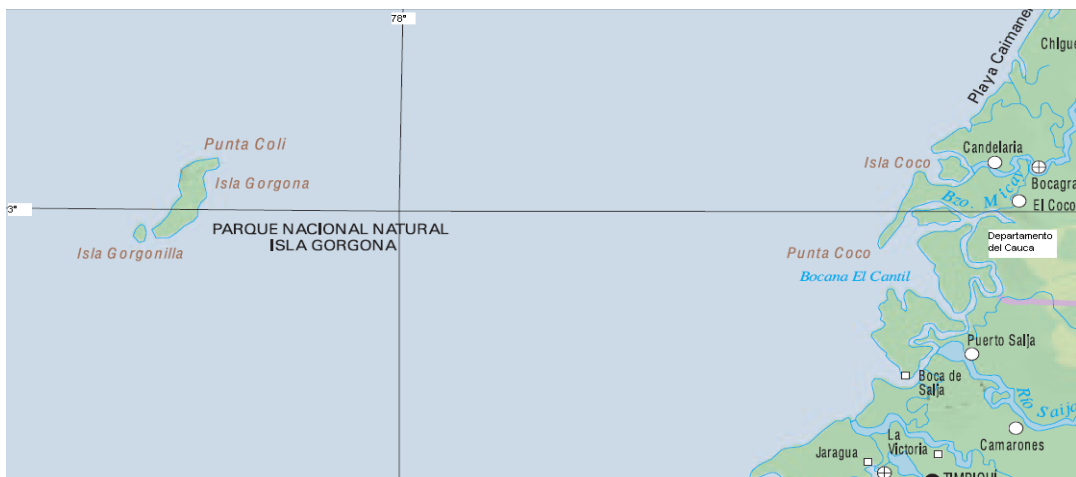


Figura N° 1. Mapa geográfico del Departamento del Cauca, donde se ubica la Isla de Gorgona.

3.2 Contribuir al conocimiento de la estratigrafía sísmica, tectónica y geología estructural de los alrededores de la isla por medio de la interpretación de algunas líneas sísmicas disponibles para este trabajo.

4. Hipótesis

La isla fue interpretada inicialmente como una extensión al sur de la serranía del Baudó por Gansser (1950) pero Etayo Serna fue el primero en reconocer a Gorgona como parte de un terreno totalmente diferente (**Etayo Serna et al 1983**). McGearry y Ben-Abraham (1989) investigaron la estructura de la plataforma continental con perfiles sísmicos de reflexión y concluyeron que esta isla es un bloque independiente sin relación con Baudó u otras rocas volcánicas básicas del NW de los Andes. Storey et al., (1991) ha sugerido que los flujos komatiíticos de la isla de Gorgona se correlacionan con las secuencias picríticas expuestas en Curazao (**Klaver, 1987**) y al suroeste de Colombia (**Spadea et al., 1989**) y que pueden haber sido fragmentos del Plateau Caribe obducidos sobre la Placa Suramericana.

Juan J. Estrada (1995) en su tesis de doctorado, usando estudios de paleomagnetismo en muestras que fueron recolectadas en flujos almohadillados bien preservados al norte de la isla, en Boca El Horno (figura N° 2) plantea dos hipótesis basado en la reconstrucción paleomagnética hecha teniendo en cuenta los resultados obtenidos (Figura N°3), intuición geológica (**Millward et al., 1984; McCourt et al., 1984; Grosser, 1989**) y modelos de trayectorias de placas tectónicas (**Pilger, 1984; Jurdy, 1984; Pardo – Casas y Molnar, 1987**), los cuales muestran que Gorgona tuvo origen aproximadamente en las coordenadas de hoy 25 - 30°S, 135°W aproximadamente a 5500 Km al Oeste de Sur América, con trayectorias calculadas tomando como edades de colisión 0, 5, 10, 15 Ma (Figura N° 4):

4.1. Acreción directa a Colombia

La isla Gorgona desde sus coordenadas de origen ya mencionadas viaja 5500 Km y colisiona con Sur América más exactamente con Colombia a los 0 Ma (se usa este dato pues no se tiene uno exacto). La trayectoria desde el origen hasta donde esta hoy se muestra en detalle en la Figura N° 4.

4.2. Gorgona se acreciona a Ecuador

Gorgona es desplazada 5500 Km desde los 25 – 30°S, 135°W actuales hasta que colisiona con Ecuador, Sur América, a los 5, 10 o 15 Ma según la trayectoria calculada para estos tiempos y después es trasladada en dirección norte a lo largo del margen continental posiblemente a lo largo de la zona de sutura de Buenaventura hasta su posición actual. La trayectoria de este último movimiento puede ser diferente dependiendo del tiempo de sutura la cual posiblemente ocurrió antes del Mioceno Temprano.

Estas dos hipótesis son apoyadas por estudios geoquímicos que indican que Gorgona hace parte de un Plateau diferente al Plateau Oceánico Caribe y Colombia pues la composición de las komatiitas de Gorgona la cual es >18 wt% MgO (**Le Bas, 2002**) y las mas comunes contienen ~30 ppm Zr, La>0.5 ppm; Ce_n/Sm_n<0.35 y Gd_n/Yb_n>1.1 (**Kerr, 2005**), los isotopos Os, Sr, Nb y Pb indican una pluma heterogénea con dominios composicionalmente e isotópicamente distintos (**Walker et al., 1999**)

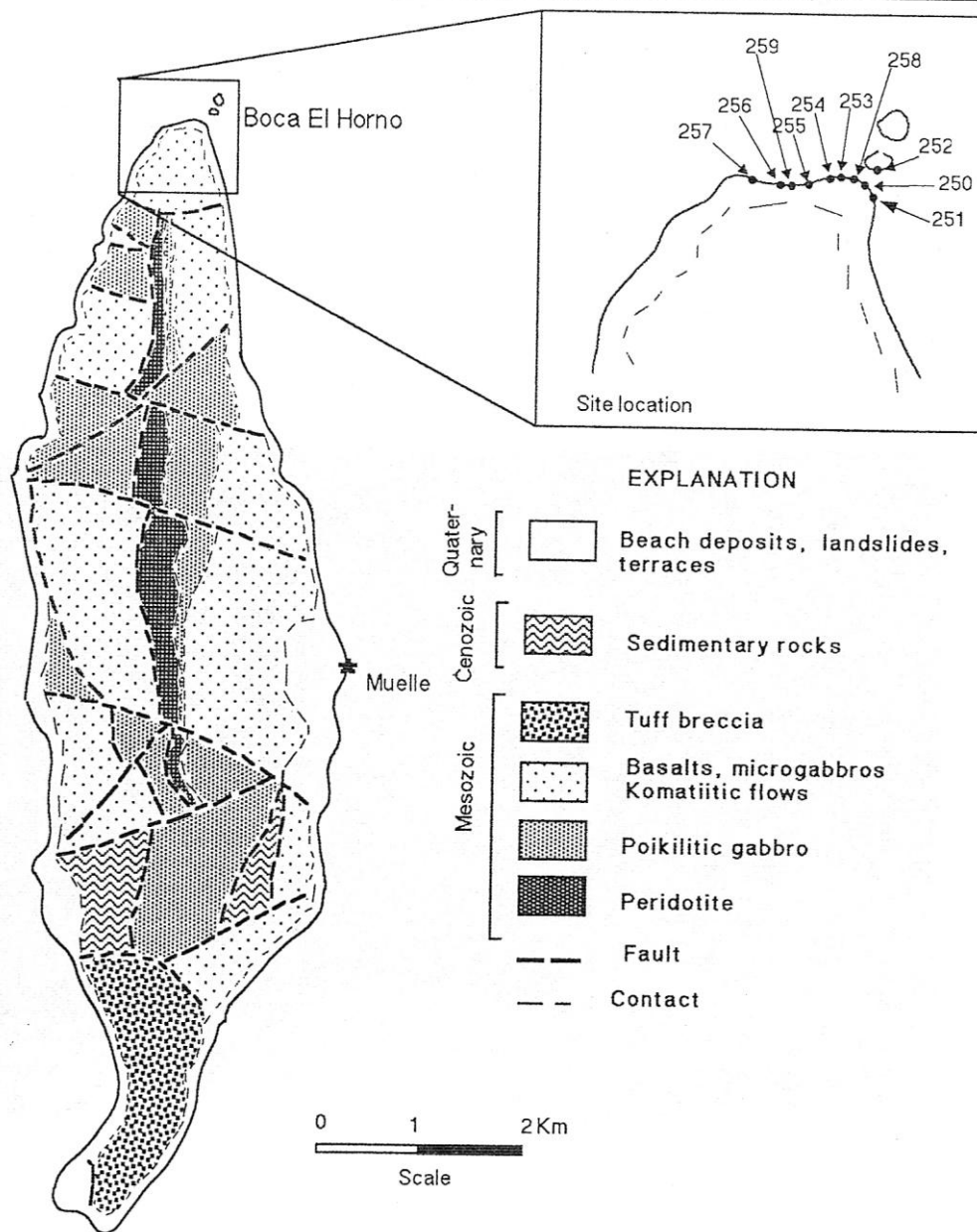


Figura N° 2. Mapa geológico de la isla de Gorgona. Tomado de Echeverría (1982). En el recuadro la ubicación de los basaltos de El Horno y la localización de las muestras usadas por Juan José Estrada para el análisis de paleomagnetismo. Tomado Juan J. Estrada (1995).

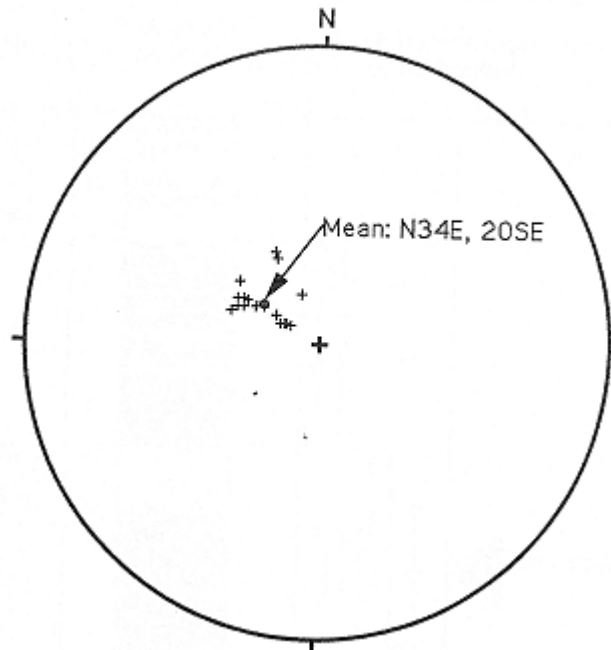


Figura N° 3. Polos de los planos normalizados de todas las muestras recolectadas en la Boca El Horno, Isla de Gorgona. Las direcciones son trazadas sobre una proyección equal-area (coordenadas geográficas) con círculos abiertos (cerrados) indicando vectores hacia arriba (hacia abajo). Tomado de la tesis de Maestría de Juan J. Estrada (1995).

Las lavas más magnesianas de Gorgona son brechas picríticas tuff y diques las cuales poseen entre 20 y 30 wt. % MgO, dunitas (MgO 31.4 – 35.4 wt. %) y werhlitas (MgO 27.6 – 29.6 wt. %). Se ha reportado un extremo agotamiento en el contenido de elementos traza incompatibles de estas rocas, por ejemplo: LREE $Ce_n/Sm_n < 0.4$; $TiO_2 < 0.4$ wt. % y $Zr < 15$ ppm (Kerr, 2005) en gabros $Ce_n/Sm_n < 0.4$, $Gd_n/Yb_n < 1.3$ y $Zr/Nb > 20$; mientras que los plateaus oceánicos y la mayoría de las lavas del Plateau Oceánico del Caribe y Colombia (CCOP) se caracterizan generalmente por un relativo rango restringido de composiciones basálticas (6 – 10 wt. % MgO), porciones de elementos incompatibles condriticos y

moderados valores de agotamiento de ϵ_{Nd} . Sin embargo en Gorgona solamente los basaltos enriquecidos y unas pocas rocas intrusivas tienen composiciones comparables con el resto del CCOP (Figura N°5) que han sido interpretados como alteración secundaria (**Kerr, 2005**), pero aun así son en su mayoría muy diferentes las composiciones de las rocas provenientes de Gorgona y de CCOP.

Y como ya se ha visto los resultados de paleomagnetismo indican que la latitud de origen de Gorgona de $\sim 26^{\circ}S$ (**Estrada, 1995; MacDonald et al., 1997**) lo cual es inconsistente con Gorgona siendo formada durante la fase inicial de derretimiento del Hot – spot de Galápagos, o incluso de otro Hot – Spot ecuatorial, además hay datos de las secuencias del Plateau oceánico acrecionado en la costa de Ecuador y Colombia que indican que este se derivó de cerca del ecuador.

Además de la geoquímica se tienen datos del momento en que la acreción del CCOP sucedió que fue en el Cretácico Tardío mientras que la de Gorgona ocurrió en el Eoceno Tardío, además las edades Ar – Ar disponibles para las rocas de la isla es de 88.9 ± 1.2 Ma y Re – Os de 89.2 ± 5.2 para las komatiitas comparada con la de los basaltos del oeste Colombiano es de ~ 90 Ma (**Sinton et al., 1998; Kerr, 2005**). La diferencia de edades es insignificante en si misma, pero ayuda a apoyar a la idea de que Gorgona pertenece a un Plateau oceánico separado, más exactamente en el Hot spot de Salas y Gómez (**Kerr y Tarney, 2005**).

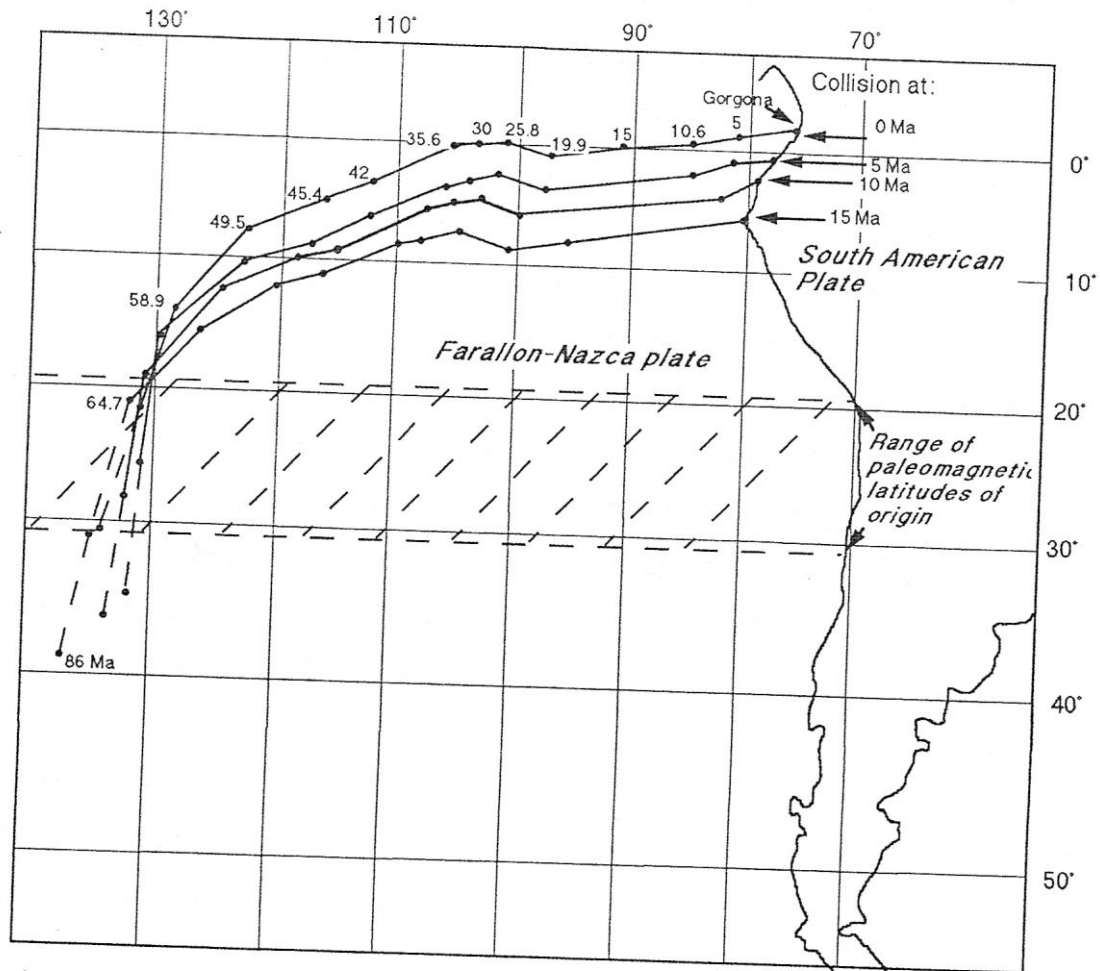


Figura N° 4. Trayectorias tectónicas y latitudes de origen de Gorgona trazadas en una grilla geográfica de hoy (basado en Pardo y Molnar, 1987, rotación de los polos de las placas Farallón – Nazca). Esta reconstrucción y resultados paleomagnéticos son muy cercanos. Los métodos usados exponen para las latitudes de origen de Gorgona, probablemente 25 a 35°S. Tomado de la tesis de Maestría de Juan J. Estrada (1995)

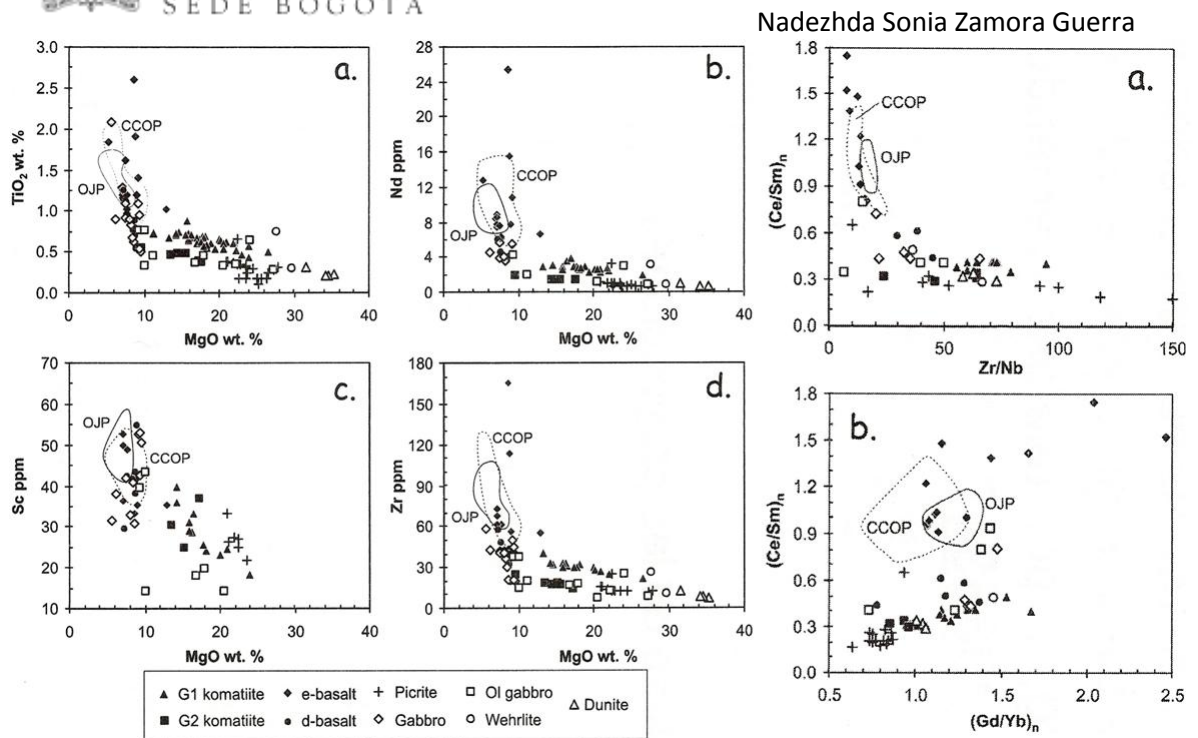


Figura N° 5. Diagramas de variación de elementos traza (vs. wt. % MgO) y de proporciones 1:1 para rocas de Gorgona. También se muestran datos representativos del Plateau de Ontong Java (OJP) y del Plateau Océánico Caribe – Colombiano (CCOP) Tomado de A.C. Kerr, 2005.

4.3 Gorgona como parte del Plateau oceánico del Caribe

Lina Serrano et al. En su reciente trabajo sobre Gorgona y el Plateau Caribe describe a Gorgona como la parte menos deformada y la última parte acrecionada de este Plateau mas precisamente a la Gran Provincia Ígnea del Caribe (CLIP siglas en inglés) (Figura N°7).

Se basa en nuevas dataciones $^{40}\text{Ar} - ^{39}\text{Ar}$. Un basalto intercalado con las komatiitas (GOR 20) dio una edad de 91.5 ± 1.6 Ma; basalto olivínico cubierto por komatiitas (GOR 15) viene de un Plateau de 75.3 ± 1.2 Ma; otro basalto intercalado con komatiitas resulto un

Plateau de 69.5 ± 1.6 Ma (GOR 8) y finalmente para microgabros (GOR 15 – 2) se obtuvo un Plateau de 69.5 Ma.

Mientras que las edades más viejas son comparables con el inicio del magnetismo del Caribe, las más jóvenes son similares a las obtenidas de la Serranía de Baudó (**Kerr et al., 1997**) y a aquellas muestras tomadas in situ del Plateau del Caribe en el Ridge Beata (~**81 – 74 Ma, Sinton et al., 2000; Revelion et al., 2000**)

Los nuevos datos muestran un agotamiento progresivo de elementos incompatibles. Los valores de La/Yb_N decrecen desde las muestras más antiguas (GOR 20, 1.45 y 2.56 respectivamente) hasta las más jóvenes (GOR 15 y 8, 0.92 – 0.94; 0.95 - 1.02). $Tb/Yb_n > 1$ en todas las muestras. Lo que concuerda con lo encontrado en el CLIP y con el modelo de origen de ambas que se relaciona con placas tectónicas, por ejemplo levantamiento de la astenosfera en una ventana, más que por un ad hoc, heterogéneo, una pluma húmeda del manto de la cual su presente posición es desconocida (Figura N°6).

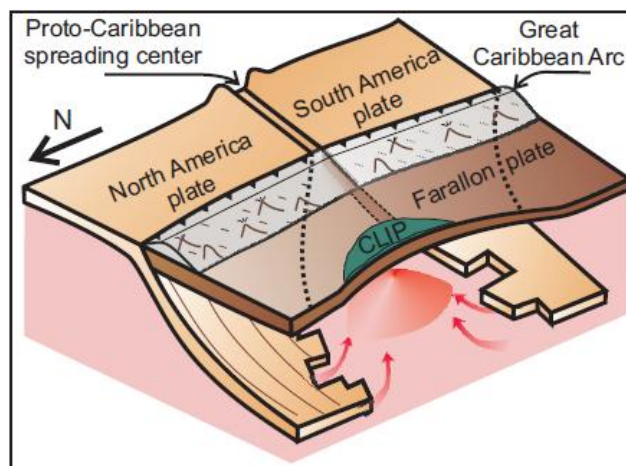


Figura N° 6. Modelo conceptual para la formación del CLIP en la ventana del Caribe del Cretácico Tardío. Tomado del trabajo de Lina Serrano et al.

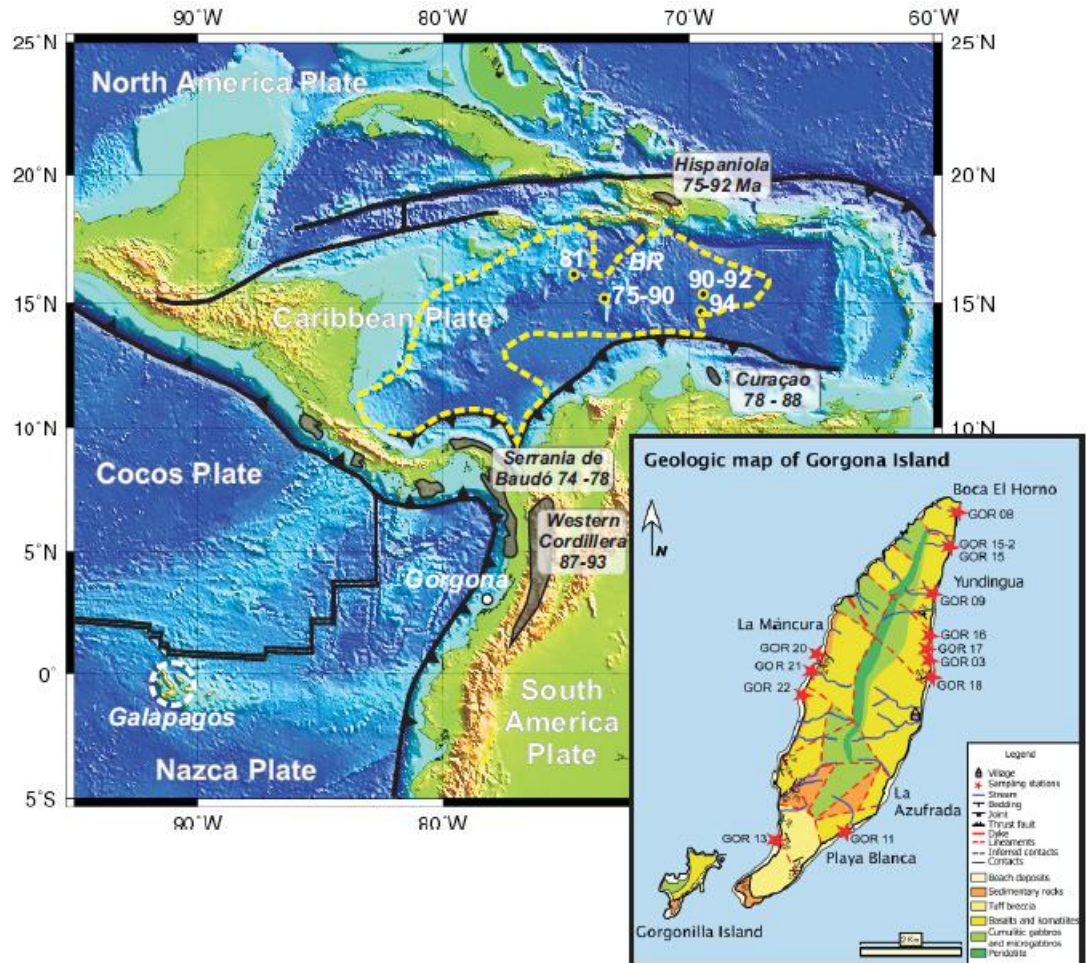


Figura N° 7. Geodinámica de la región Caribe mostrando la localización de la Gran Provincia Ígnea del Caribe y rocas máficas y ultramáficas datadas. El CLIP es formado por una corteza espesa e irregular del mar Caribe (línea punteada amarilla, **Mauffret y Leroy, 1997**) dataciones de DSDP y ridge Beata (con edades en blanco) y por terreno máfico y ultramáfico en la Hispanola, América Central y el Norte de Sur América (en gris claro, con edades en negro). Insertado esta el mapa geológico y la localización de los ejemplos dados en el texto. Tomado del trabajo de Lina Serrano et al.

5. Geología Gorgona

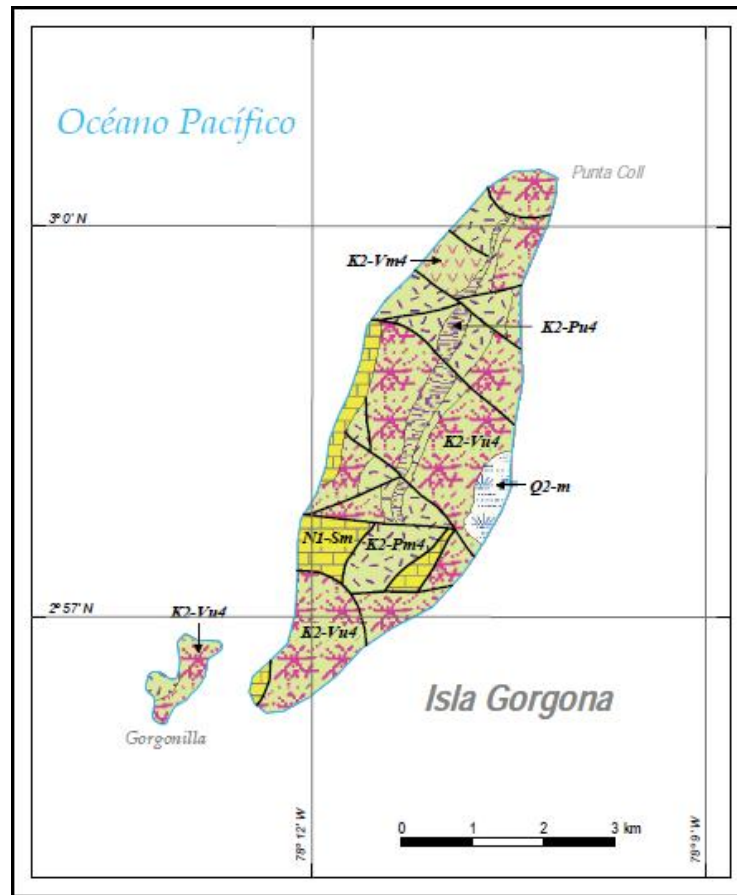


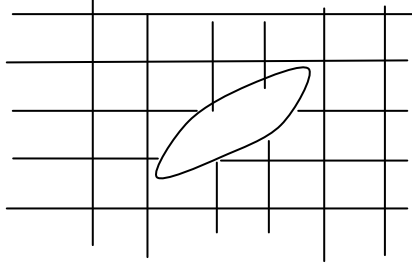
Figura N° 8. Mapa Geológico de Gorgona, tomado de la plancha 5-13 del Atlas Geológico de Colombia de Ingeominas. 2007.

Q2-m: Depósitos de gravas y arenas acumulados en playas y de lodos ricos en materia orgánica asociados al desarrollo de manglares.
N1-Sm: Calizas intercaladas con arenitas calcáreas y arcillolitas limosas
K2-Pu4: Harzburgitas, iherzolitas, dunitas y websteritas en interbandeamientos cumulíticos con gabronoritas. Las dunitas se encuentran serpentinizadas.
K2-Pm4: Gabros que varían de olivínicos a cuarzo gabros a través de noritas y gabros hornbléndicos.
K2-Vu4: Basaltos toleíticos, komatiitas y brechas picríticas

Tabla N° 1. Convenciones del mapa geológico de Gorgona (Figura N°8). Tomadas de la plancha 5-13 del Atlas Geológico de Colombia de Ingeominas. 2007.

6. Metodología

6.1 Seleccionar las líneas sísmicas cercanas a la isla de Gorgona, (Figura N° 11 y 12)



6.2 Las líneas sísmicas se interpretan señalando los marcadores más notorios iniciando por el basamento y continuando hacia la superficie, separando secuencias estratigráficas separadas por discordancias.

6.3 Se analizan los resultados obtenidos y finalmente se presentan las conclusiones a cerca de la tectónica y geología estructural que envuelve a la isla, incluyendo el conocimiento de la estratigrafía sísmica del área.

7. Resultados Interpretación de la Líneas Sísmicas

Las líneas muestran la amplia plataforma continental la cual se caracteriza por ser muy somera (0 – 100 m de profundidad) y tener gran cantidad de estructuras geológicas, como son fallas normales de gran longitud lo que muestra su carácter extensivo, además se ven estructuras relacionadas a procesos de erosión y otras estructurales también por efecto de la tectónica. En cada una de las líneas se ve como a causa de estas fallas se crean espacios de acomodación para los sedimentos, por lo tanto es allí donde estos son de gran espesor pues en donde la estructura no es afectada el espesor de los sedimentos es de unas decenas de metros (Figura N° 14).

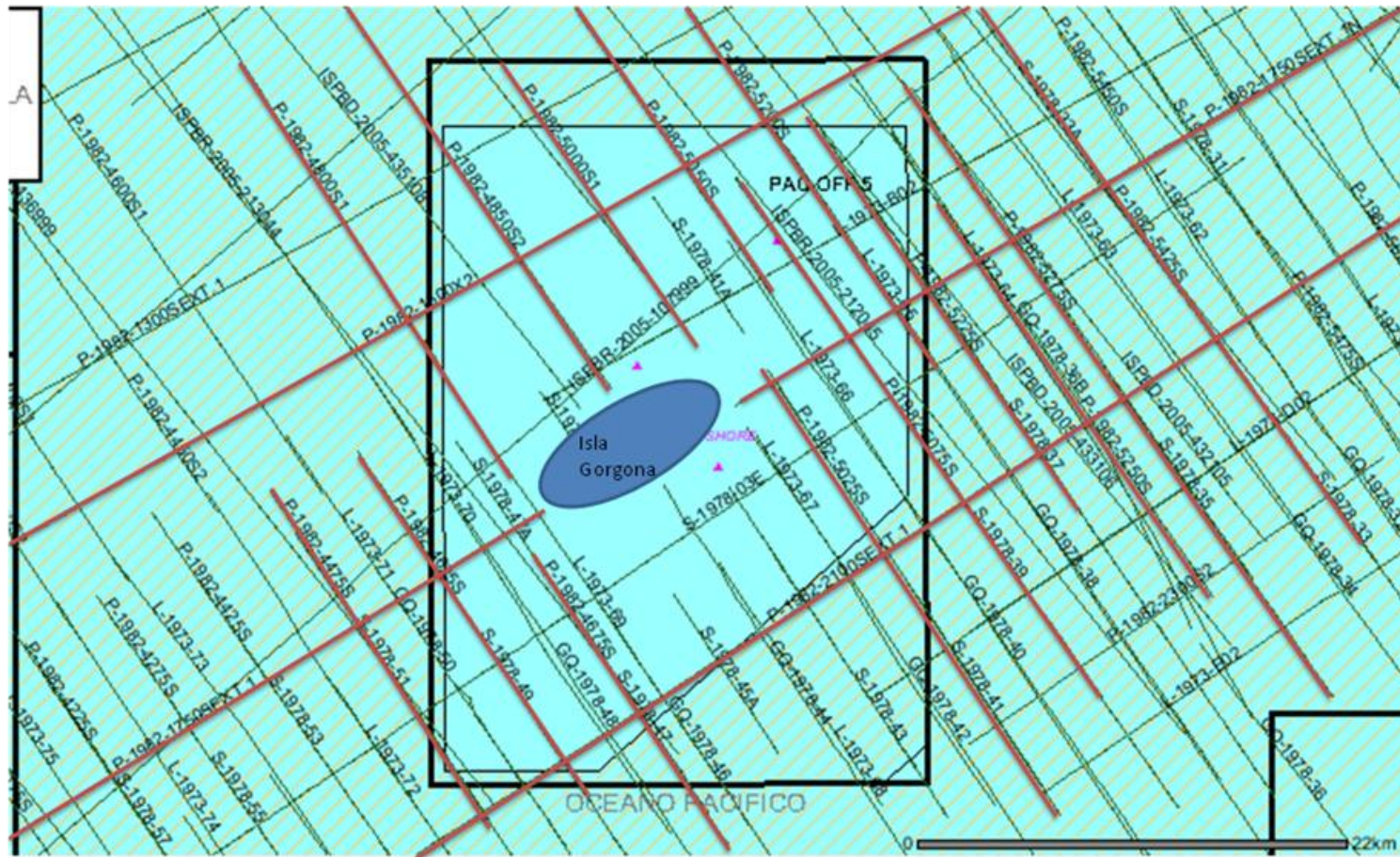


Figura N°11. Ubicación de las líneas sísmicas disponibles para este trabajo (trazadas en color rojo). Tomado de Exploration and Production Information Service (EPIS)

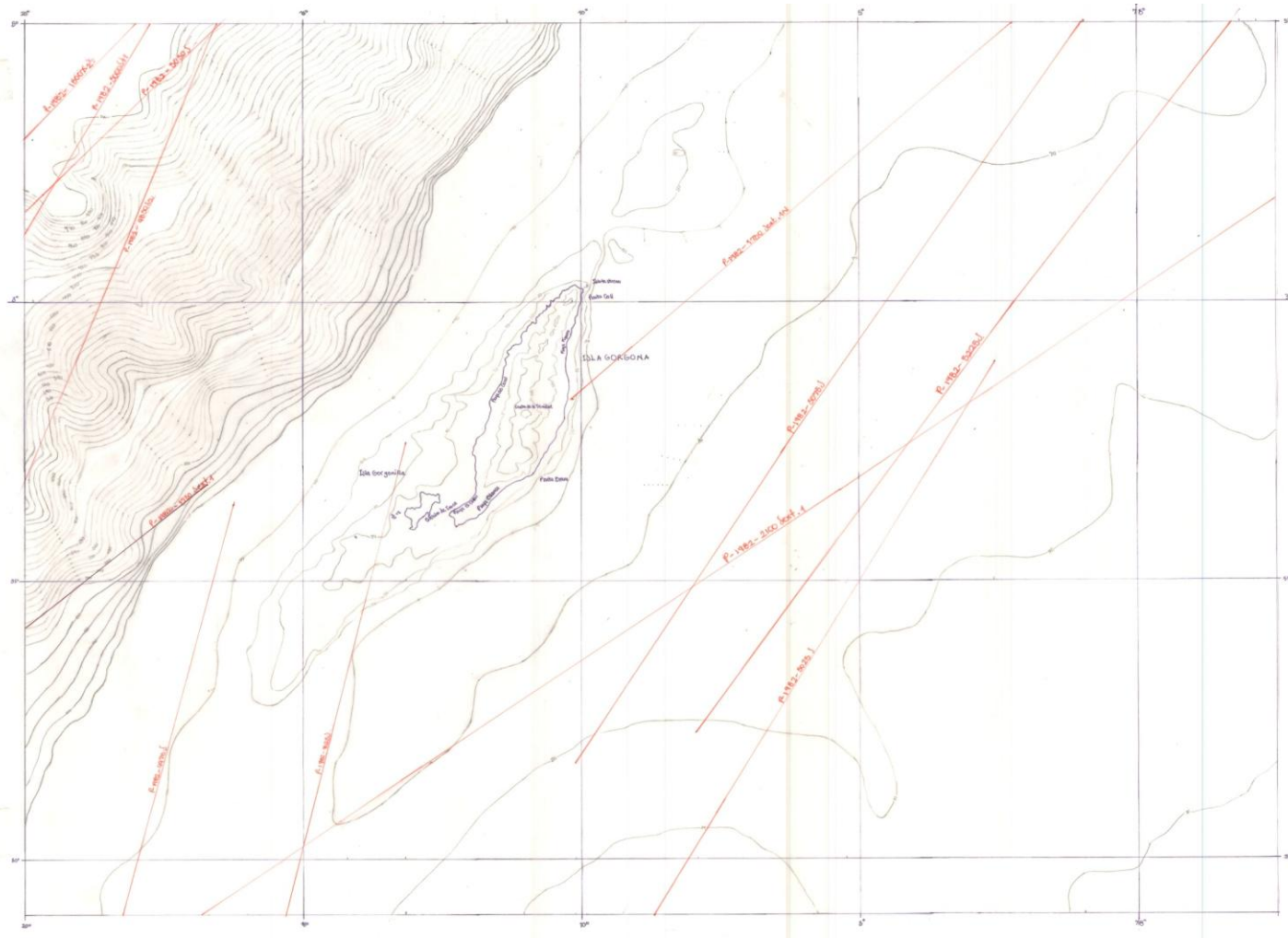


Figura N°12. Carta Náutica de Gorgona con la ubicación de las líneas usadas más cercanas a la isla, usadas para este trabajo.

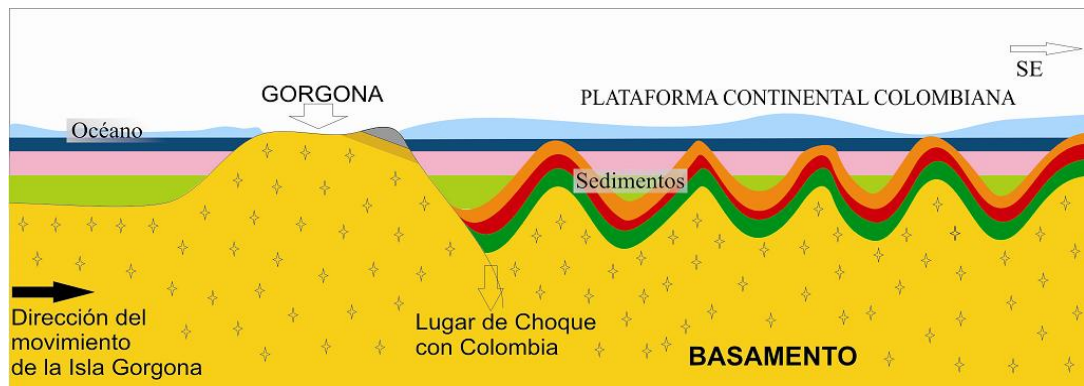


Figura N° 13. Esquema que muestra como deben verse los estratos en caso de que Gorgona se hubiera acrecionado directamente con Colombia (Hipótesis del numeral 4.1).

En las líneas al sur de la isla no se muestran estructuras de choque por motivo de la colisión de Gorgona con el Plateau del Caribe como se ejemplifica en la figura N° 13 sino todo lo contrario como lo muestra la figura N°14 y N°15, 16 y 17 por lo tanto se puede decir que la isla no se acrecionó directamente con Colombia que es la primera hipótesis establecida en este texto, pero tampoco no hay claridad si se traslado a Colombia desde Ecuador por medio de la zona de sutura de Buenaventura o se originó en el CLIP, pues no muestran caracteres tectónicos que indiquen una hipótesis o la otra.

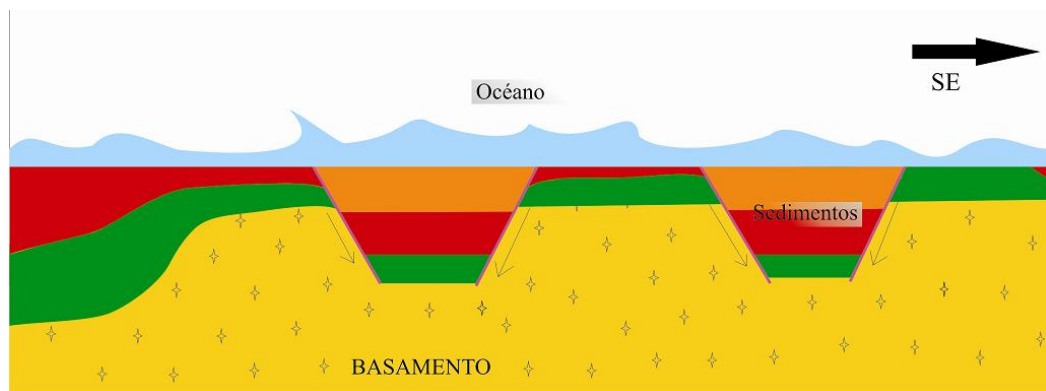


Figura N° 14. Esquema de cómo se ve la geología del área de Gorgona en las líneas sísmicas consultadas para este trabajo.

Hacia el norte se ve como la plataforma desaparece y da paso al talud y finalmente a la meseta abisal la cual tiene profundidades de hasta 5000 m, se caracteriza por fallas normales y un espesor de en los sedimentos lo que significa que se ha creado también espacio e acomodación para estos, por el mapa batimétrico del Pacífico se ve como la zona de subducción crea la fosa Colombiana y a partir de esta la depresión Yaquina en donde se encuentran las mas grandes profundidades (>4800m), mas hacia el oeste vemos la cordillera de Malpelo y ahí la fosa Guanapi y la zona de Fractura de Panamá, la cual es seña de que es por allí que pasa una falla de varios kilómetros (Figura N° 19 y 20).

8. Discusión Resultados y Recomendaciones

Por medio de las líneas se puede comprobar la segunda hipótesis ya que al ser trasladada la isla de Gorgona por una falla de transtensión vemos las grandes fallas de tipo normal que representan los mayores esfuerzos y unas menos importantes de tipo inverso (esfuerzos menores) como se ve en las figuras 15, 16 y 17 y lo que se puede explicar por medio de la elipse de esfuerzos que se observa en la figura N° 18 la cual muestra con facilidad como los esfuerzos dados por una falla de rumbo dan fallas normales de gran extensión y en los alrededores de la isla mientras que en las zonas mas cercanas de estas tenemos fallas de tipo inverso.

Además se puede decir que al comprobar la primera hipótesis la sísmica indica que esta no fue posible pues como ya lo ha señalado antes porque no se ven pliegues resultados de una colisión.

Se recomienda hacer un estudio amplio e interdisciplinario en las áreas de geología en la zona es decir tomar datos de pozo, núcleos de perforación, sísmica, geoquímica, paleontología tanto de la isla de Gorgona como del Occidente Colombiano y de las otras

posibles áreas de origen (Serranía del Baudó, CCOP, CLIP, etc.), pues así se tendrá información actual, mejor contextualizada y cuadros comparativos que den mejor claridad del como y donde se formó Gorgona.

9. Conclusiones

Las líneas sísmicas muestran que en la localidad cercana a las islas de Gorgona y Gorgonilla existe un patrón de fallas normales e inversas que no es típico de una zona de acreción asociada a una zona de subducción simples donde los esfuerzos son fundamentalmente compresivos, por lo contrario en las líneas sísmicas se observas zonas de fallas normales típicas de una zona de extensión, esta aparente paradoja se puede resolver satisfactoriamente si introducimos una falla, propuesta inicialmente por Estrada , 1995, como la falla de Buenaventura y le asignamos a dicha falla un carácter trastensivo. Este proceso dio lugar al espacio de acomodación que fue aprovechado para ser rellenado por los sedimentos dando como resultado una secuencia estratigráfica más gruesa en estos lugares que en donde no es afectada la secuencia, que con el tiempo han sido erosionados produciendo relieve en la superficie del lecho marino y en algunos lugares perdida de la secuencia. Este arreglo soporta la segunda hipótesis de J. J. Estrada la cual las islas de Gorgona y Gorgonilla se acrecionan a Ecuador y se desplazan por medio de una falla de rumbo al lugar en el que se ubica hoy

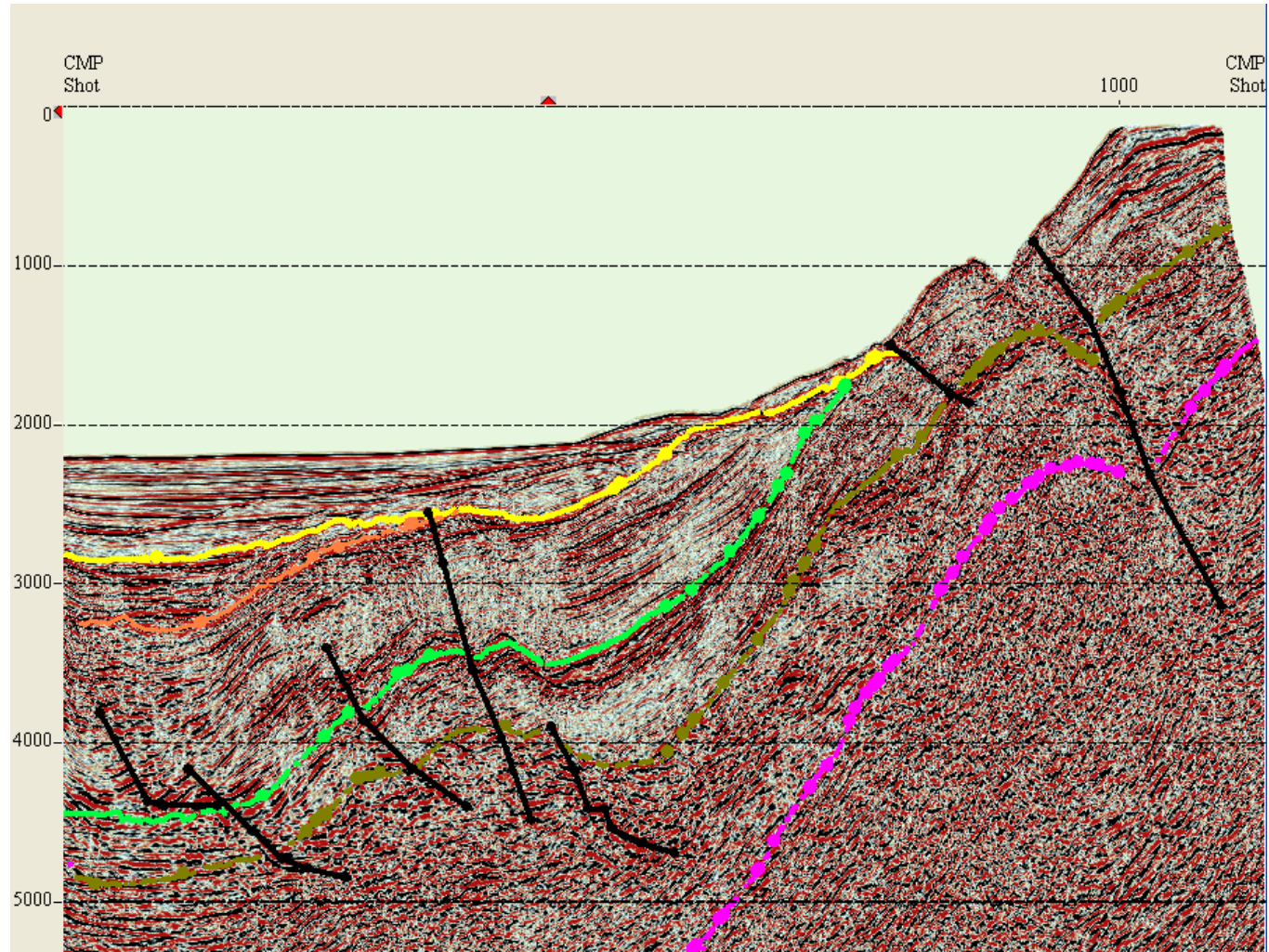


Figura N° 15. Interpretación de la Línea: Pacifico 1982-5200Sur mostrando la deformación de los sedimentos costa afuera y las fallas normales

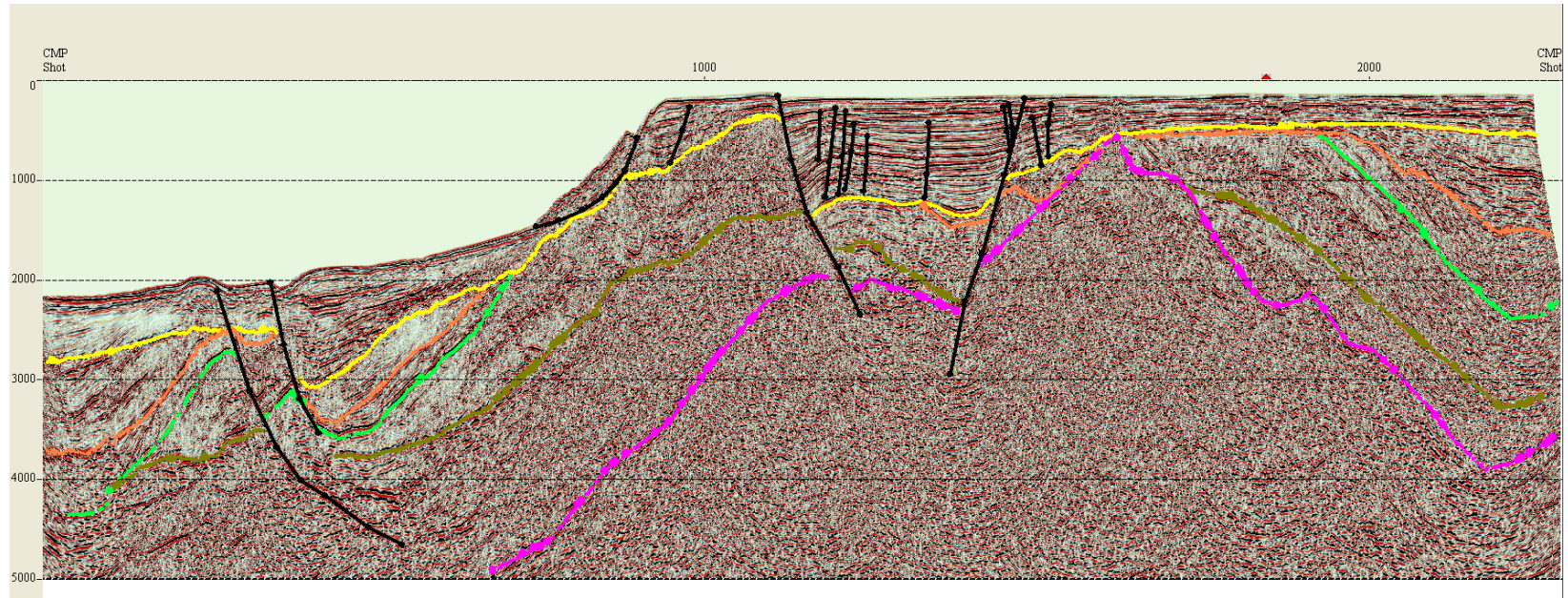


Figura N° 16. Interpretación de la Línea: Pacifico 1982-5250Sur mostrando la deformación de los sedimentos tanto costa afuera como en la plataforma a casusa de las fallas normales, que también crean espacios de acomodación aprovechados por los sedimentos.

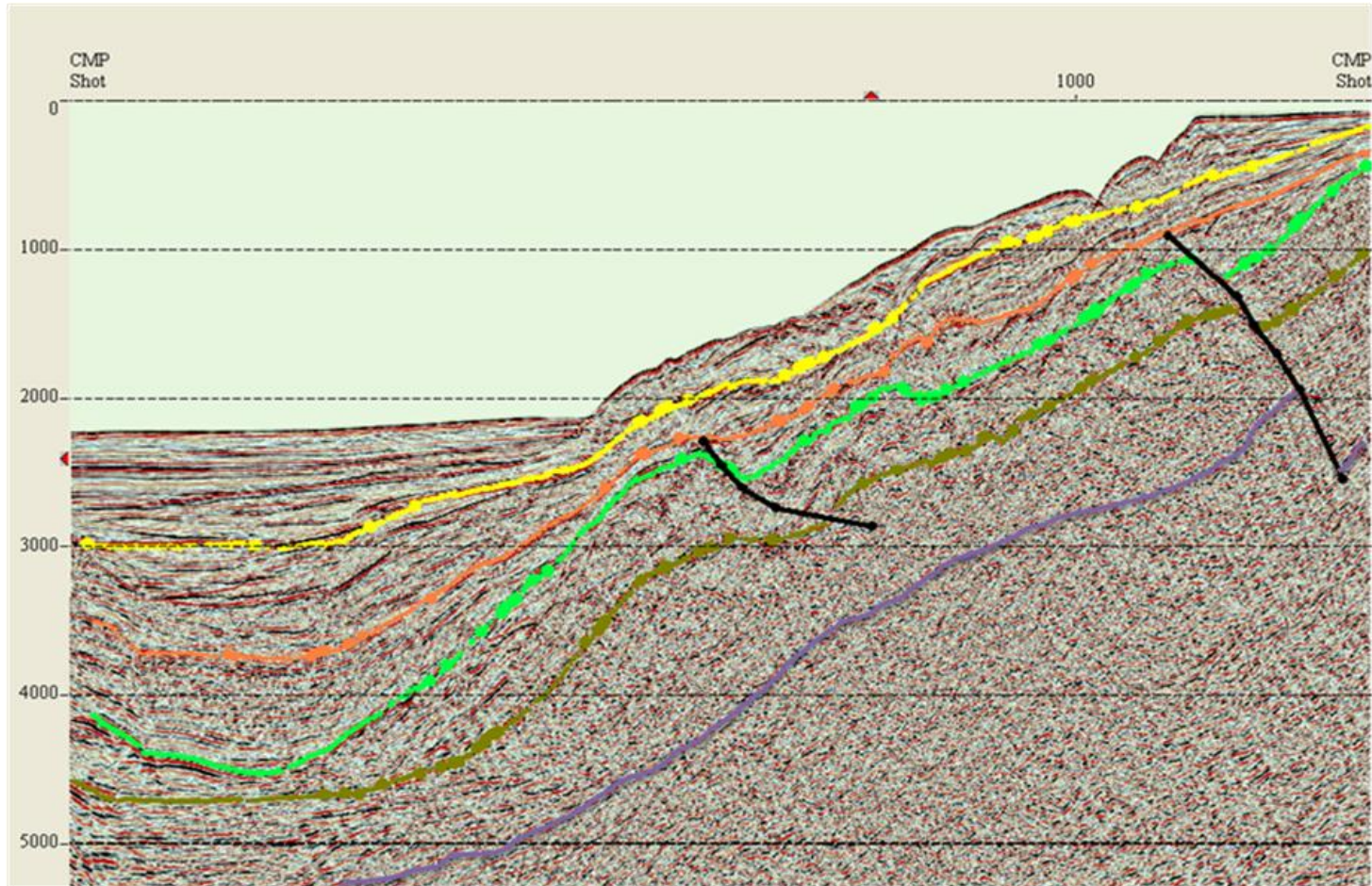


Figura N° 17. Interpretación de la Línea: Pacifico 1982-5200Sur mostrando la deformación de los sedimentos tanto costa afuera como en la plataforma a casusa de las fallas normales.

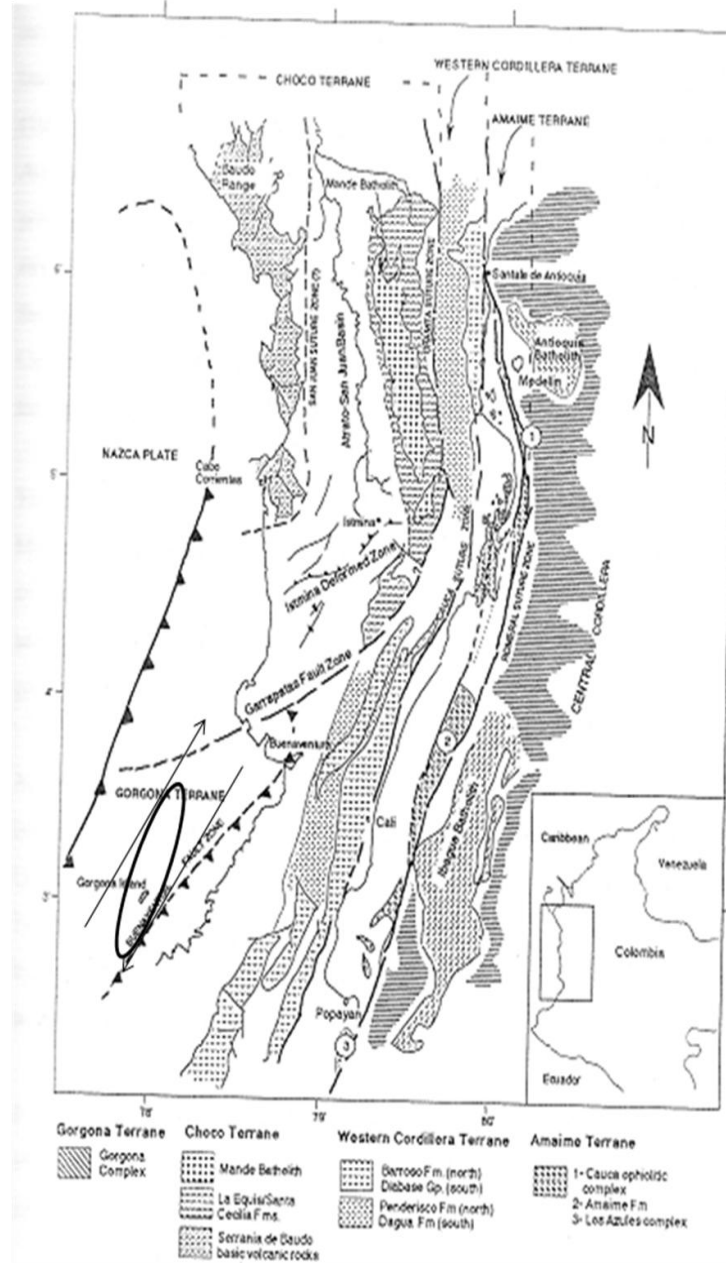


Figura N°18. Esquema del mapa geológico del Oeste de Colombia mostrando los principales terrenos de acreción y la elipse de esfuerzos que presenta la causa del arreglo de la figura N°13 y el porque en las líneas sísmicas se ven claramente fallas tanto normales como inversas. Basado en un mapa geológico de Colombia, escala 1:200.000 (Geotec, 1988).

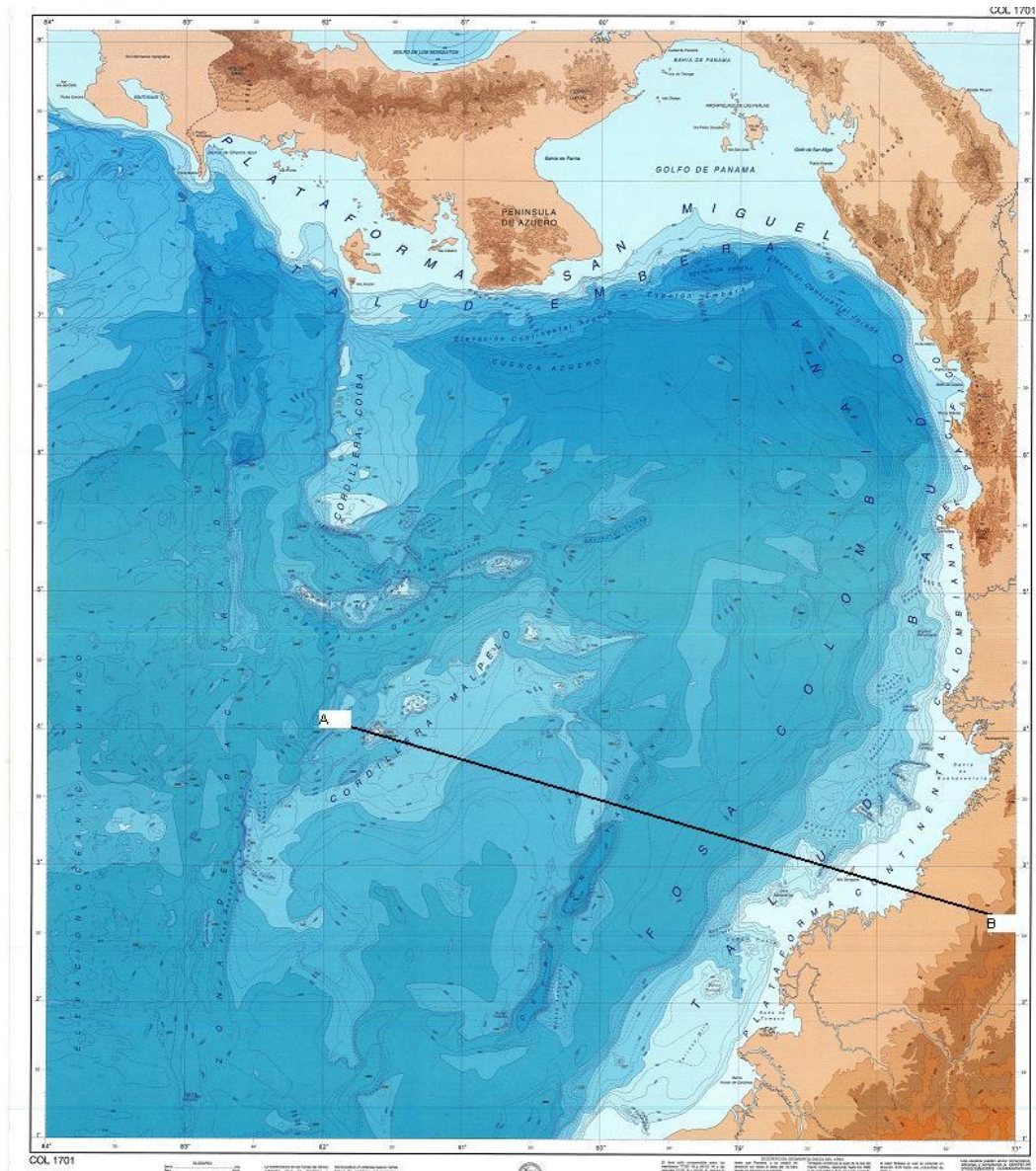


Figura N° 19. Mapa Batimétrico del Pacífico con un corte NW – SE en donde se muestra la morfología de los alrededores de la isla.

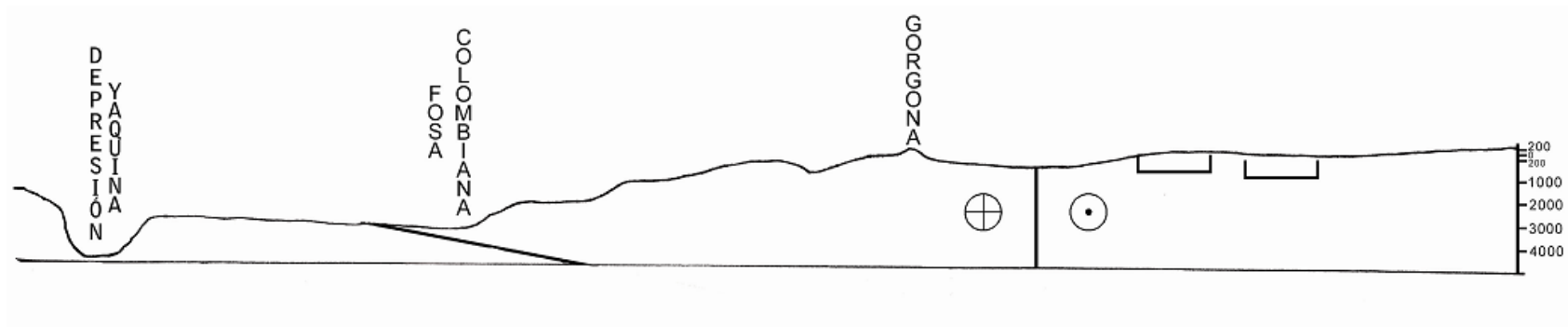


Figura N° 20. Perfil esquemático donde se muestra la geomorfología de la plataforma y costa afuera en las cercanías de Gorgona. Teniendo en cuenta la escala del mapa batimétrico 1:1000000, la escala vertical esta exagerada por motivos de visualización.

10. Agradecimientos

Le agradezco primero que todo Dios por darme todo lo que necesito para salir adelante en mi carrera y con este trabajo. A toda mi familia, mi mama Sonia, mi papá Germán, mis hermanos Esteban y Nicolás, mi abuelita Leonor, mis tías, tíos, primos, abuelos por su apoyo y amor incondicional a cada paso que di y por su gran ayuda en cada momento de esta gran carrera. A mi novio Fernando Suarez, por su apoyo, ayuda, fuerza, paciencia, estar ahí cuando lo necesitaba y darme el empujoncito que siempre se necesita en ciertos momentos de la vida. A todos y cada uno de mis amigos por estar ahí conmigo a mi lado siempre alentándome a seguir adelante. Gracias al profesor José María Jaramillo por su paciencia, ayuda, apoyo, interés, conocimientos y gran aporte a mi carrera que hicieron de este trabajo de grado algo muy interesante y con futuro. A Oscar Vásquez por su gran ayuda con las líneas sísmicas y por todos los conocimientos que ha compartido conmigo. A la Geóloga Clemencia Gómez asesora de subdirección en la Agencia Nacional de Hidrocarburos por toda su colaboración en la logística necesaria para este trabajo. Y finalmente a todos los profesores y compañeros que me llenaron de sus conocimientos y compartieron conmigo todo el paso por la carrera de Geología en la que para mi es la mejor universidad, la Universidad Nacional de Colombia. A todos muchas muchas gracias pues son una parte muy importante en mi vida y en mi sueño que hoy coge ms vuelo.

11. Bibliografía

GANSSER, A., 1950. Geological and Petrographical notes on Gorgona Island in relation to northwestern South America: Schweizerische Mineralogische und Petrographische Mitteilungen, v. 30, p. 219 – 236.

ESTRADA, J. J. (1995): Paleomagnetism and Accretion Events in the Northern Andes (Tesis) – 172 p., Graduate School of the State University of New York. Binghamton, Estados Unidos.

ETAYO – SERNA, F. Y OTROS 24 AUTORES. Mapa de Terrenos Geológicos de Colombia: Instituto Colombiano de Geología y Minería (INGEOMINAS), Bogotá, Publicación Especial, v. 14, p. 1 – 235.

GROSSER, J. E., 1989: Geotectonic evolution of the Western Cordillera of Colombia: New aspects from geochemical data on volcanic rocks, *Journal of South America Earth Science*, v. 3, p. 359 – 369.

LE BAS, M. J., 2000: IUGS reclassification of the high – Mg and picritic volcanic rocks. *Journal of Petrology*, v. 41, p. 1467 – 1470.

KERR, A. C., MARRINER, G. F., TARNEY, J., NIVIA, A., SAUNDERS, A. D., THIRLWALL, M. F., SINTON, C. W., 1997: Cretaceous basaltic terranes in western Colombia: elemental, chronological and Sr – Nd constraints on petrogenesis. *Journal of Petrology*, v. 38, p. 677 – 702.

KERR, A. C., TARNEY, J., NIVIA, A., MARRINER, G. F., and SAUNDERS, A. D. (1998): The internal structure of oceanic plateaus: inferences from obducted Cretaceous terranes in western Colombia and the Caribbean, - *Tectonophysics*, v. 292, p. 173 – 188, Reino Unido.

KERR, A. C. (2005): La Isla de Gorgona, Colombia: a petrological enigma?, - *Lithos*, v. 84, p. 77 – 101, Reino Unido.

KERR, A. C., TARNEY, J., 2005: Tectonic evolution of the Caribbean and northwestern South America: the case for accretion of two Late Cretaceous oceanic plateaus. *Geology*, v. 33, p. 269 – 272.

KLAVER, G. TH., 1987: The Curazao Lavas Formation: An Ophiolitic Analogue of the anomalously thick layer 2B of the mid Cretaceous oceanic plateaus in the western Pacific and Central Caribbean (Ph. D. Tesis); Amsterdam, University of Amsterdam, 168 p.

MACDONALD, W. D., ESRTRADA, J. J., HUMBERTO, G., 1997: Paleoplate affiliations of volcanic accretionary terranes of the northern Andes. Abstract with programs – Geological Society of America, v. 29, p. 245

MACGEARY, S., Y BEN AVRAHAM, Z., 1989: The Accretion of Gorgona Island, Colombia: multichannel seismic evidence. In Howel, D. G., ed. *Tectonostratigraphic Terranes of the Circum – Pacific Region*, Circum – Pacific Council for Energy and Mineral Resources, Earth Science Series, v. 1, p. 543 – 554.

MAUFFRET, A., LEROY, S., 1997: Seismic stratigraphy and structures of the Caribbean igneous province. *Tectonophysics*, v. 283, p. 61 – 104.

McCOURT, W. J., ASPDEN, J. A., Y BROOK, N., 1984: New Geological and Geochemical data from the Colombian Andes Continental growth by multiple accretion, Geological Society of London, *Journal*, v. 141, p. 831 – 841.

MILLWARD, D., MARRINER, G. F., Y SAUNDERS, A. D., 1984: Cretaceous tholeiitic volcanic rocks from the Western Cordillera of Colombia, Geological Society of London, *Journal*, v. 141, p. 847 – 860.

PARDO – CASAS, F., Y MOLNAR, P., 1987: Relative Motion of the Nazca (Farallon), South America plates since Late Cretaceous time, *Tectonics*, v. 6, p. 233 – 248.

PILGER, R. H., 1984: Cenozoic Plate Kinematics subduction and magmatism: South American Andes, Geological Society of London, v. 141, p. 793 – 802.

REVELLION, S., HALLOT, E., ARNDT, N. T., CHAUVEL, C., Y DUNCAN, R. A., 2000: A Complex history for the Caribbean Plateau: Petrology, geochemistry, y geomorphology of the Beat ridge, South Hispaniola. Journal of Geology, v. 108, p. 641 - 666

SERRANO, L., FERRARI, L., LOPEZ – MARTINEZ, M., PETRONE, C. M., JARAMILLO, C.: New $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology and age controlled geochemical evolution of Gorgona Island: Was the Caribbean Large Igneous Providence really formed by a mantel plume? (Trabajo). -14 p. Universidad Autónoma de México; Juriquilla, México.

STOREY, M., MAHONEY J. J., KROENKE, L.W., SANDERS, A. D., 1991: Arc Oceanic Plateaus sites of Komatiites Formations?: Geology, v. 19, p. 376 – 379.

SPADEA, P., ESPINOSA, A., Y ORREGO, A., 1989: High MgO extrusive rocks from the Romeral Zone ophiolitas in the southwestern Colombian Andes: Chemical Geology, v. 77, p. 303 – 321.

SINTON, C. W., DUNCAN, R. A., STOREY, M., LEWIS, J., ESTRADA, J. J., 1998: An oceanic flood basalt providence within the Caribbean plate. Earth and Planetary Science Letters, v. 155, p. 221 – 235.

SINTON, C. W., SIGURDSSON, H. Y DUNCAN, R. A., 2000: A complex history for the Caribbean Plateau: Petrology, geochemistry, y geomorphology of the Beat ridge, South Hispaniola. Journal of Geology, v. 108, p. 641 - 666

WALKER, R. J., STOREY, M., KERR, A. C., TARNEY, J., ARNDT, N. T., 1999:

Implications of ^{187}Os isotopic heterogeneities in a mantle plume: evidence from Gorgona island and Curazao. *Geochimical et Cosmochimica Acta* 63, p. 713 – 728.