



UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA
UNAN-MANAGUA

**Facultad de Ciencias e Ingeniería
Departamento de Tecnología
Carrera Ingeniería Geológica**

**SEMINARIO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR AL TÍTULO DE INGENIERO
GEÓLOGO**

**CARACTERIZACIÓN GEO-ESTRUCTURAL DE LA ZONA PUNTA BRITO Y
SUS ALREDEDORES - TOLA, RIVAS A ESCALA 1:20,000.**

Realizado Por:

Br. Luis Amado Rodríguez Martínez.

Br. Luis Octavio Pérez Pérez.

Tutor:

MSc. Gema Velásquez Espinoza.

Asesor:

MSc. Francisco Espinoza.

Managua, abril del 2019.

DEDICATORIA

A Dios, Todopoderoso por ser la luz que nunca falla en mi camino.

A mis padres: José Antonio Pérez y Asunción del Carmen Pérez Aguilar por ser la fuente de apoyo incondicional en todos los pasos de mi Vida.

A mi segunda Madre Margarita del Carmen Pérez, por su amor incondicional y estar en todo momento a mi lado.

A mi pequeño Eduardo mi inspiración para salir adelante.

A la memoria de mi querida, amada e inolvidable Mimi Carmen Peña (q.e.p.d) que gracias a ella y sus múltiples enseñanzas soy la persona que se forjo mediante su amor y consejos.

A la casa que vence las sombras, por despejarme de toda oscuridad y llenarme de Conocimientos todos los pensamientos, ideas y acciones que pude desarrollar y efectuar mi persona como profesional: UNAN – MANAGUA.

Luis Octavio Pérez Pérez.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy.

A mis hermanas (os) por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A la memoria de mi hermana Mirna Alicia Tercero Martínez (q.e.p.d), por ser el pilar más importante y por demostrarme siempre su cariño y apoyo incondicional.

A todas las personas que me han brindado su apoyo y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Luis Amado Rodríguez Martínez.

Agradecimiento

Agradecemos primero a Dios, fuente de luz, amor y sabiduría.

A nuestras familias; padres, hermanos y tíos por su apoyo moral y habernos dado las herramientas para lograr las metas que nos hemos propuesto hasta el día de hoy.

A nuestra tutora, profesora Gema Velázquez y nuestro asesor profesor, Francisco Espinoza por todas sus dedicaciones, opiniones, correcciones a lo largo y desarrollo de nuestro trabajo; por sus conocimientos transmitidos durante toda la carrera, que nos enseñaron a entender y valorar algunos de los aspectos que conforman la geología. A ellos todo nuestro agradecimiento y respeto.

A todos los profesores que con sus enseñanzas nos llevaron a un buen desenvolvimiento en todos los aspectos geológicos.

A mis grandes Amigos Yokasta Olivas, Darwin Gómez y Gerardo Martínez, por ser incondicionales y ayudarme siempre en los momentos más necesitados.

Y finalmente a todas las personas no nombradas en párrafos anteriores que con su ayuda y apoyo nos ayudaron a cumplir con esta asignación.

¡Infinitas Gracias!!!

Aval

RESUMEN

La región del Pacífico de Nicaragua ha sido formada por potentes depósitos marinos profundos, lo que se conoce como cuenca Sandino, la cual cubre el área de la plataforma del Pacífico y se extiende costa adentro hasta la Depresión Nicaragüense, donde se localiza el arco volcánico activo; estos depósitos han sido estudiados regionalmente por Hodgson & Darce, (2000). El relleno sedimentario de esta espesa secuencia es de más de 10 kilómetros de sedimentos progradantes, que van desde depósitos pelágicos y turbidíticos, depositados durante el Cretácico Superior-Paleógeno (Miembro Sapoá, Formación Rivas y Brito) y sedimentos someros depositados durante el Terciario – Neógeno (Formación Masachapa, El Fraile y el Salto). Estas investigaciones fueron realizadas regionalmente abarcando el área del Pacífico de Nicaragua.

La geología identificada en Punta de Brito, es fundamentalmente referida a la sucesión de sedimentos volcanoclasticos y carbonatos detríticos, la cual está compuesta por areniscas silíceas, calcáreas y conglomerados que están en contacto con un depósito muy rico en carbonato de calcio y caliza de precipitación orgánica Darce M (1992), en la parte superficial del área de estudio se encuentran los depósitos aluviales de edad Cuaternaria.

Estructuralmente, el área presenta fallas de tipo normal con diferentes esfuerzos tectónicos que afectaron el área de estudio con dirección preferencial NE-SW, posiblemente por acción de estos esfuerzos den continuidad a los materiales aluvionales con presencia de fracturas paralelas frecuentemente basculadas hacia el mismo sentido y desplazamientos que oscilan entre 5–8 cm,. La geomorfología definida en el área de estudio es fundamentalmente controlada por procesos endógenos y exógenos. El área ha sido dividida en tres unidades geomorfológicas: Unidad Escarpe de Cordilleras Montañosas, Unidad de Cavernas y Unidad de Planicie Aluvial.

CONTENIDO

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	13
1.1. Antecedentes	14
1.2. Justificación.....	15
1.3. Planteamiento del problema.....	15
1.4. Objetivos	16
1.5. Ubicación del área de estudio	16
1.5.1. Vías de acceso.....	17
CAPITULO II. MARCO GEOTECTONICO.....	19
2.1 Tectónica de America Central.	19
2.2. Geología Regional de Nicaragua	21
A. Mesozoico	22
a) Cretácico Inferior.....	22
b) Cretácico Superior Al Cenozoico (Paleógeno Eoceno)	22
B. Cenozoico.....	23
a) Paleógeno Oligoceno Al Neógeno Plioceno	23
b) Cuaternario	24
CAPITULO III-METODOLOGIA.....	25
3.1 Etapa I: Trabajo de Gabinete	25
a. Recopilación bibliográfica	25
b. Generación y Obtención de Mapa base.....	25
3.2. Etapa II: Trabajo de Campo	27
3.3. Etapa III: Análisis e Interpretación de los Datos de Campo.....	27
a. Análisis Estructural.....	27
b. Análisis Geomorfológico	28
c. Informe Final	28
CAPITULO IV- RESULTADOS.....	29
4.1. Geología Local Punta de Brito.....	29
4.1.2. Depósitos Cuaternario Aluvial	31
4.1.3. Formación Brito.....	32

4.2. Geología Estructural.....	46
4.2.1. Zona de Fracturas El Icacal	48
4.2.2. Zona de Falla Islas Peñas Cagadas	53
4.2.3 Zona de Falla Punta Brito	56
4.2.4. Analisis Estructural.....	77
CAPITULO V-CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	78
CAPITULO VI-BIBLIOGRAFÍA.....	80
ANEXO	83

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Foto N°1: Panorámica de los diferentes materiales geológicos del área El Icacal	30
Foto N°2: Panorámica del río Brito.....	31
Foto N°3: Arenas finas muy bien clasificadas, este depósito es constantemente modificado esto se aprecia en la desembocadura del río Brito conocido como Boca Brito.....	32
Foto N°4: Cerro El Icacal constituido por caliza.	34
Foto N°5: Afloramiento de calizas El Icacal en forma de bloque, el cual se encuentra en contacto con materiales arenosos y conglomerados.....	35
Foto N°6: Heterogeneidad entre las calizas El Icacal del área de estudio con las calizas de Sapoá conocido como calera Sapoá en la comunidad del mismo nombre al SE de San Juan del Sur.	36
Foto N°7: Conglomerado retransportado del depósito primario el cual se encuentra al NW de este sitio a 500 m del sitio de estudio.	37
Foto N°8: Panorámica de Punta El Naranja sitio donde el material geológico corresponde a una roca sedimentaria clástica.	38
Foto N°9: Foto A.- se observa el conglomerado con cantos redondeados además con una gran agrupación de clastos agrupados. Foto B.- se aprecia un conglomerado con clastos con cantos de diferentes composición	39

Foto N°10: Afloramiento de conglomerado de grandes dimensiones que emerge de un sin número de conglomerado de menores dimensiones que están por encima y extremos.....	40
Foto N°11: A: variación granulométrica de clastos redondeados con bloque anguloso de gran tamaño. B: Bolones rectangulares sumergidos mar adentro. C panorámica Punta Brito Punta naranjo apreciando la diferencia litológica.....	41
Foto N°12: Areniscas de Brito, se trata de un deposito masivo homogéneo compacto, con presencia de fracturas y diaclasas, además de presentar un buzamiento de 10° en dirección W y SW..	42
Foto N°13: Apreciación de la inclinación de las areniscas de Brito. fotografía tomada en las riveras de la Boca de Brito.....	43
Foto N°14: Afloramiento de arenisca meteorizada superficialmente, con un espesor de 2.5 m. afectada por una serie de diaclasas, con un buzamiento de 10° en dirección SW.	44
Foto N°15: Potencia máxima observable de las areniscas de Brito alcanzando hasta 50 metros, se observa inclinación del cuerpo buzante hacia el SW, además de una zona de inestabilidad producto de los materiales, meteorizados.	44
Foto N°16: Fracturas paralelas en forma de estructuras en domino correspondiente a la zona de falla El Icacal.....	49
Foto N°17: Fracturas paralelas con terminación simple fotografía A. Medición de ancho de fractura n° 5 con relación a n° 4 fotografía B.	50
Foto N°18: Panorámica de las fracturas El Icacal n°7,8 y 9. En donde se observa la geometría de las fracturas verticales.....	50
Foto N°19: Geometría en forma de sigmoide y falla lítrica afectando rocas sedimentarias del Icacal.....	51
Foto N°20: Fracturas verticales, estructuras conjugadas y R y P, falla de tipo normal desplazando lentes de calcitas y areniscas 10 cm desplazamiento.....	543
Foto N°21: Fracturas con terminación simple y paralelas entre si con una dirección de buzamiento opuesto.	54

Foto N°22: Falla Brito 1 se trata de una falla normal rellena por material clástico y rico en calcio desplazando rocas areniscas los indicadores de desplazamiento se trata de capas con erosión diferencial,.....	56
Foto N°23: Geometría simple de fallas normales y fractura paralela a las fallas con terminación simple estas estructuras.	57
Foto N°24: Fractura Brito 2 reflejando su continuación sobre el afloramiento en corte y sobre la costa en planta.	58
Foto N°25: Estructuras conjugadas a 50 metros de falla Brito 2, estas estructuras son comunes de encontrar a lo largo de la costa de Brito.....	58
Foto N°26: Presencia de sigmoides y fracturas a afloramiento rocosa de areniscas en planta sobre la costas de Brito y Naranjo.....	59
Foto N°27: Falla Brito 3, falla de tipo normal con 5 cm de desplazamiento.	60
Foto N°28: Falla Brito 4, falla de tipo normal desplazando capas de areniscas con erosión diferencial con 10 cm de desplace.	621
Foto N°29: Continuidad de falla Brito 4 donde el plano de falla se extiende hasta mar adentro.....	62
Foto N°30: Fallas Brito 5 corresponde a 2 fallas normales paralelas.....	63
Foto N°31: Falla Brito 6 falla normal desplazando 18 cm una capa de areniscas calcarea.....	64
Foto N°32: Relación del paralelismo de las estructuras tanto de falla y fractura...65	
Foto N°33: Falla Brito 7 medición de rumbo aparente.....	65
Foto N°34: Falla Brito 7-1: falla de tipo normal desplazando 8 cm a una arenisca pura.	66
Foto N°35: Falla Brito 7-2 de tipo normal	67
Foto N°36: Falla Brito 7-3 con rumbo de N90°E buzando 30° al SW, indicador cinemático cara de arenisca con erosión diferencial el cual presenta una discontinuidad	68
Foto N°37: Zona de fracturas con ancho de 50 cm en forma de flor.....	69
Foto N°38: Graben Punta Brito 1 corresponde a dos fallas normales izquierda. Fotografía derecha refleja una panorámica del afloramiento donde a simple vista pareciera no existir dicho graben.	70

Foto N°39: Panorámica del Graben Punta Brito 2.....	72
Foto N°40: Detalle del Graben Punta Brito 2.....	71
Foto N° 41: Falla normal localizada a 2 metros del graben Punta Brito 2	73
Foto N°42: Fallas formando un sistema escalonado.	72
Foto N°43: Falla Boca de Brito tipo normal desplazando 50 cm a las areniscas meteorizadas.....	73
Foto N°44: Desplazamiento falla Boca Brito	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coordenadas del área de Estudio	17
Tabla 2: Datos direccionales estructurales (Rumbos) El Icacal.....	52
Tabla 3: Datos direccionales estructurales (Rumbos) Peñas cagadas.	55
Tabla 4: Datos direccionales estructurales (Rumbos) de Brito.....	74

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de Ubicación del área de Estudio.....	19
Figura 2: Mapa Geotectónico de America Central.....	20
Figura 3: Mapa Geológico del Área de Estudio	46
Figura 4: Roseta de Fractura Zona El Icacal.....	52
Figura 5: Roseta de Fractura Isla Peñas Cagadas.....	55
Figura 6: Roseta de Fractura Punta Brito.....	75
Figura 7: Mapa Estructural del Área de Estudio	76
Figura 8: Mapa Topográfico del Área de Estudio	87
Figura 9: Mapa de Elevaciones del Área de Estudio	88
Figura 10: Mapa de Muestreo del Área de Estudio	89

I. CAPÍTULO. INTRODUCCIÓN.

Los procesos geo-estructurales en Nicaragua han sido objeto de interés en los últimos años, debido a las condiciones geológicas relacionadas a la zona de subducción formada por la Placa Cocos y la Placa Caribe, lo cual ha dado origen al Graben nicaragüense y a la cordillera Volcánica de los Maribios, que se extiende paralela a la Costa del Pacífico y está compuesta por volcanes activos, estructuras volcánicas residuales, lagunas cratéricas, los cuales presentan movimientos extensionales y compresionales que dan origen a nuevos eventos tectónicos como fallas y fracturas (Dengo, G., 1983).

La geología del área de estudio está compuesta por cuatro unidades geológicas como son: Unidad Cuaternario Aluvial (Qal), Unidad Calizas el Icacal (Teb-Cal), Unidad Conglomerados Punta el Naranjo (Teb-Con), Unidad Areniscas de Brito (Teb-a), las cuales se encuentran entrelazadas entre sí, ya que estas unidades se encuentran dentro de la formación Brito. El presente trabajo comprende y documenta los esfuerzos tectónicos que ocurren en las rocas areniscas que afloran en las riberas del río Brito y sus alrededores y buscar complementar la caracterización geo-estructural de la zona.

Este documento constituye el estudio de seminario de Graduación para optar al título de Ingeniero Geólogo, de la Facultad de Ciencias e Ingenierías de la UNAN-Managua. El que contiene el estudio geo-estructural realizado en Punta Brito y sus alrededores. El cual está ubicado en el Municipio de Tola, Departamento de Rivas. El área de estudio, está localizado en la región del Pacífico de Nicaragua, en una zona montañosa y de planicie aluvial en la parte Pacífica.

La investigación consistió principalmente de una caracterización geo-estructural a escala 1:20,000 en la zona de Brito y sus alrededores, cubriendo un área total de 10 km², donde se tomó como base mapas ya existentes que carecen de representación de estructuras geológicas tales como: fallas y fracturas a detalle.

Mediante el presente estudio se pretende contribuir a tener una visualización clara de la distribución geo-estructural de la zona Punta de Brito y sus alrededores, por ende, este estudio puede ser la pauta para la realización de trabajos a más detalle.

1.1. ANTECEDENTES

En el área de Punta de Brito y sus alrededores, diferentes autores han contribuido al conocimiento geológico de la zona a escala regional, entre los trabajos más relevantes figuran:

Kuang J., Williams R., 1971. Realizaron el mapa geológico del área de Rivas, Tola, Punta Brito, Nancimi a una escala de 1: 50,000. Donde refleja que en la zona de Punta Brito en el área de estudio se encuentra la Formación Brito en contacto con materiales aluviales de edad cuaternaria. Además, establecen que en la zona de estudio se encuentra una sola estructura tectónica correspondiente a una fractura con dirección NW-SE.

Hodgson G., 1982. Realizó un estudio litoestratigráfico de correlación de unidad sedimentaria del área central conocida como la Formación Matiguas equivalente a la Formación Brito. Ya que ambas formaciones presentan similitud litológica, posición estratigráfica y están subyaciendo al grupo Matagalpa. La gran abundancia de fósiles refleja un ambiente de sedimentación lacustre antigua.

Duarte M., 1995. En su estudio sobre la Le asigna a la formación Brito una edad de Eoceno Superior (Tpeb), aunque esta nomenclatura no es empleada en la actualidad ya que es más conocida la que es establecida en 1971 por Kuang J., Williams R., (1971) como (Teb).

Darce M., 1992. Realizo un estudio sobre la Cuenca Sandino, el cual plantea que el área de estudio se encuentra conformada por sedimentos progradantes que van desde depósitos pelágicos y turbidíticos depositados durante el Cretácico Superior-Pálegeno, hasta sedimentos someros depositados durante en Neógeno.

Group HK Nicaragua Canal Development Investment Co., Limited (HKND) 2014. Propone una ruta canalera por el río Brito y Punta Brito y define las rocas de la costa del Pacífico y del lecho del río Brito como Esquistos areniscos, Esquisto y Caliza. Mientras que las rocas del fondo del río en la parte de Rivas son Margas,

Pizarra, Toba Andesita y Conglomerados. En sus descripciones sobre la geología del área canalera en especial la relacionada a esta investigación omite la presencia o ausencia de estructuras tectónicas que afectan el área.

1.2. JUSTIFICACIÓN

La geología estructural es uno de los factores importantes para comprender los procesos de deformación de las rocas, las cuales se manifiestan de manera general mediante fallas y fracturas. Las fallas constituyen la deformación frágil más frecuente en geología, por tanto, al igual que en el caso de los pliegues, se trata de uno de los elementos más representativos en geología estructural. El descubrimiento de nuevas estructuras nos permite determinar la orientación de los ejes principales de esfuerzos y así llegar a la determinación de los desplazamientos diferenciales existentes en el área de estudio.

Al elaborar el presente estudio damos a conocer de forma detallada la caracterización geotectónica presentes en el área de Punta de Brito y sus alrededores, ya que la información que se conoce hasta la actualidad se encuentra a escala regional y brinda poca información sobre él.

1.3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La caracterización Geo-estructural es fundamental para la realización de estudios a detalle de cualquier sitio de interés, ya que es una de las principales fuentes de información para la interpretación del contexto geotectónico que afecta el área de estudio.

Considerando la falta de información sobre estudios geo-estructurales a detalle, se realizó un estudio a detalle del área Punta Brito y sus alrededores, la cual permite conocer algunas estructuras geológicas que no se encuentran representadas en los mapas geológicos existentes, así como unidades geológicas con sus respectivas descripciones. Los sitios que se evaluaron en este estudio fueron: Punta Brito, Peñas Cagadas y El Icacal, cubriendo un área total de investigación de 10 Km².

1.4. OBJETIVOS.

1.4.1. Objetivo General

- Realizar una caracterización geo-estructural en la zona de Punta Brito y sus alrededores.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar el mapa geológico y estructural del área a escala 1:20.000.
- Establecer la dirección preferencial de los diferentes esfuerzos tectónicos que afectan el área de estudio.
- Efectuar un análisis Geo-estructural del área.

1.5. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El área de estudio pertenece al Municipio de Tola, Departamento de Rivas. El Municipio de Tola limita al Norte con el municipio de Belén, al Sur con el Océano Pacífico, al Este con los Municipios de Rivas y San Juan del Sur y al Oeste con el Océano Pacífico y con el Municipio de Santa Teresa.

Punta de Brito y sus alrededores se ubican al SW de la Ciudad de Rivas e igual del Municipio de Tola a orillas del océano Pacífico. La cabecera municipal está ubicada a 124 kilómetros de la Ciudad de Managua.

El área estudiada correspondiente a 10 km², delimitado por las coordenadas UTM, DATUM: WGS-84, Hoja topográfica de Rivas, 3050-III en Escala 1: 50,000, editado por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), 2006. Las coordenadas de los vértices del polígono se muestran en la Tabla 1, mientras que en la Figura 1, se aprecia la zona de estudio.

Vértice del Área	Coordenadas UTM WGS 84 Hoja Topográfica Rivas 3050-III	
	Este	Norte
1	609119	1255181
2	614721	1255183
3	614755	1253362
4	609124	1253345

Tabla 1: Coordenadas del área de Estudio

1.5.1. Vías De Acceso.

Las vías de acceso son vía marítima la cual se puede utilizar diferentes playas para dirigirse a Punta Brito desde costas de Gigante, San Juan del Sur, Las Salinas, El Astillero. Vías terrestres desde la ciudad de Managua es mediante la carretera Panamericana Sur o la Carretera Managua-Masaya-Nandaime, las cuales están recarpeteada con asfalto, se llega hasta la ciudad de Rivas hasta el empalme la vuelta de los mangos y se gira en dirección SW carretera adoquinada Tola- Las Salinas, hasta llegar al Municipio de Tola hasta el kilómetro 123, en donde el área de estudio se encuentra a 16 km al SW del Municipio de Tola.

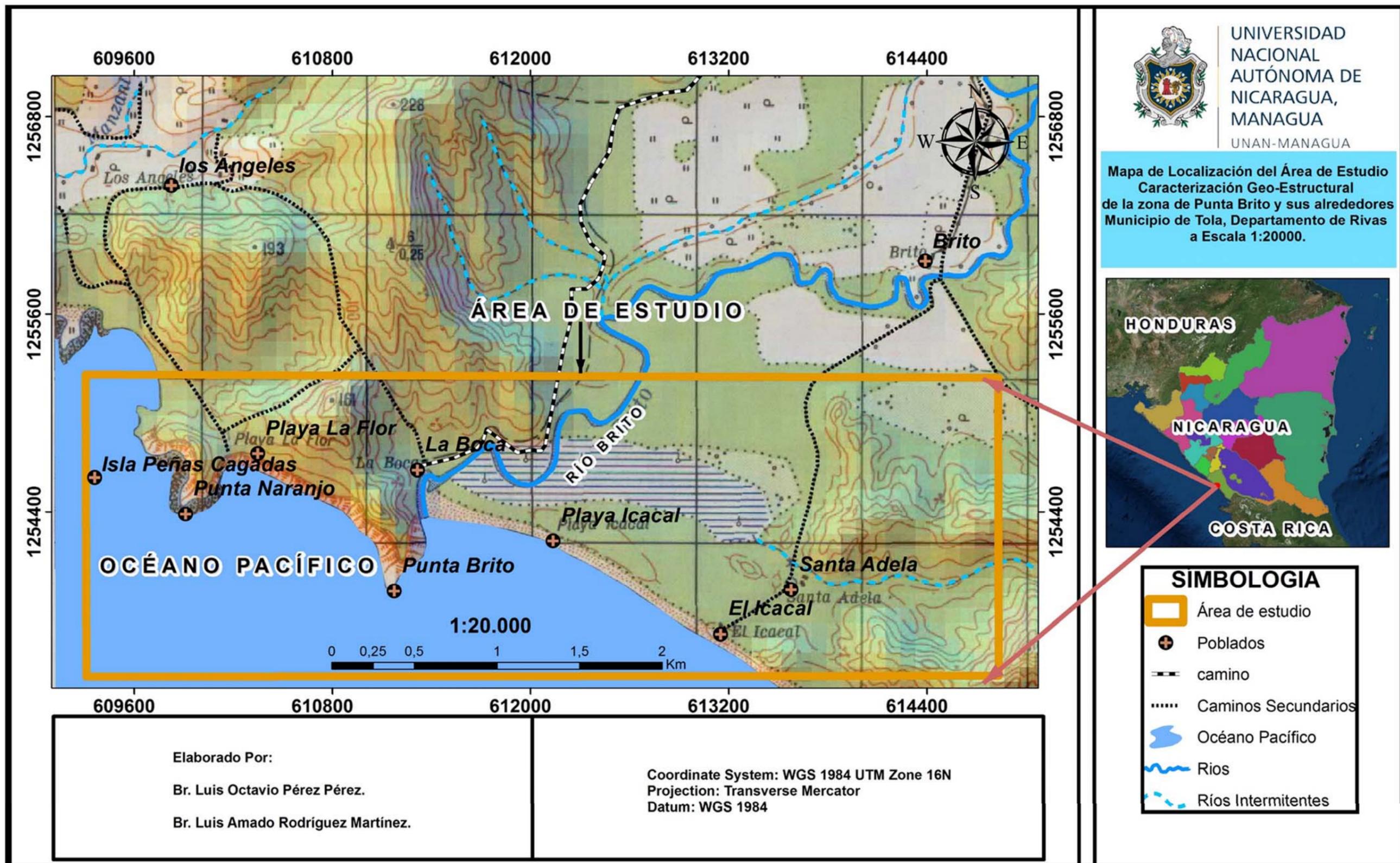


Figura 1. Mapa de Ubicación del Área de Estudio. Escala 1:20.000.

II. CAPITULO. MARCO GEOTECTÓNICO

2.1. Tectónica de América Central.

La interacción entre las placas tectónicas de Norte, Caribe y Sur América produce un complicado patrón tectónico en América Central. Centroamérica es una región, cuya corteza principalmente continental y parte oceánica en menor proporción, es especialmente inestable porque se encuentra en subducción con la placa Caribe (Frischbutter, 2002).

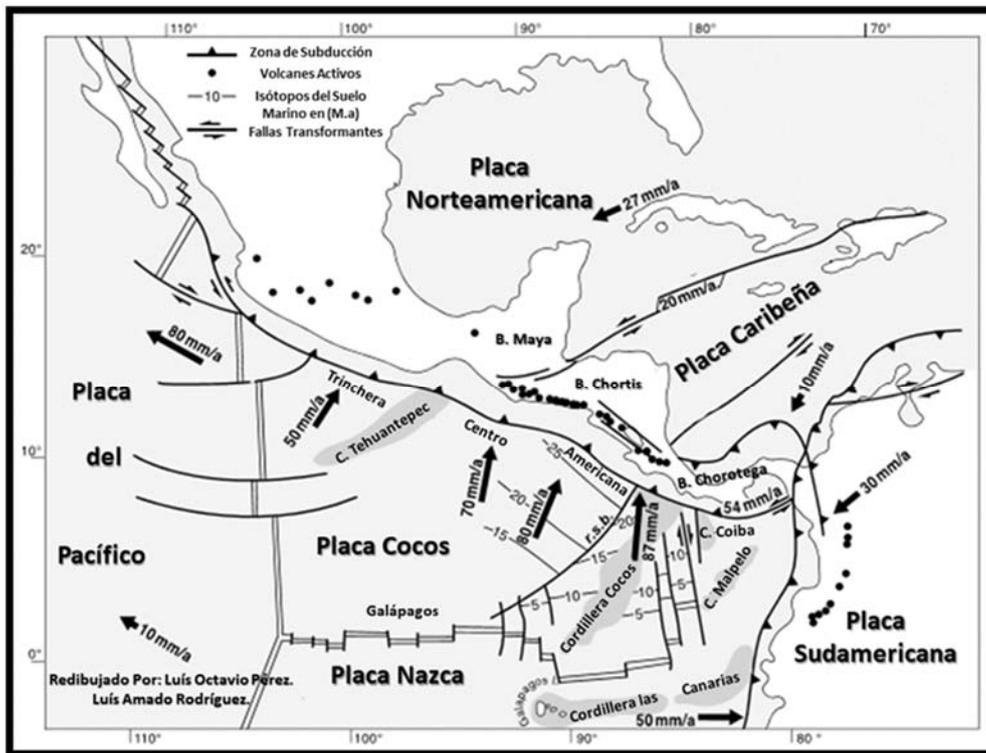


Figura 2. Mapa Geotectónico de América Central. Basado en Case et al., (1994), Dannelly (1994), et al., (1990) y Meschede & Frisch, (1998).

El borde occidental de la placa Caribe es muy activo, por la subducción con la placa de Cocos, cuyos márgenes son complejos cinturones tectónicos activos

caracterizados por una intensa actividad sísmica que han estado evolucionando desde el Eoceno.

La placa de Cocos se caracteriza por subducir en segmentos debajo de la placa Caribe de acuerdo con Carr, (1976). Al tener este comportamiento la placa de Cocos, esta cambia de ángulo de subducción en cada uno de sus segmentos, (Burkart, B & Self, S., 1985; DeMets, 2010), han determinado que la placa de Cocos subduce a razón ± 85 mm en promedio por año, frente a las costas de Honduras y Nicaragua.

Centroamérica está dividida en tres bloques tectónicos: Bloque Chortis, Bloque Chorotega y Bloque Maya. Se diferencian entre sí por el tipo de basamento geológico de cada uno (Dengo, 1983) que a continuación se describen:

- ✚ Bloque Maya: el bloque está limitado por la Zona de Fractura de Motagua-Polochic, abarca el Norte de Guatemala, Belice, la Península de Yucatán y al Oeste de México hasta el istmo de Tehuantepec (Dengo, 1983). El basamento del Bloque Maya es de naturaleza continental, constituido por rocas ígneas y metamórficas que se encuentran cubiertas por rocas sedimentarias del Paleozoico, (Dengo, 1983).

- ✚ Bloque Chortis: geográficamente, este bloque incluye la parte Norte de Guatemala, El Salvador, Honduras y la parte Noroeste de Nicaragua, (Dengo, 1983). El bloque Chortis, limita al Norte con la falla Polochic-Motagua y en el Sureste por la falla del escarpe de Hess (Frischbutter, 2002). El basamento de este bloque es de naturaleza continental, formado por rocas metamórficas de edad Paleozoico a Pre-Terciario e intruido por numerosos plutones de diferentes edades (Dengo, 1983).

- ✚ Bloque Chorotega: este bloque comprende la parte Sur de Nicaragua y se extiende hasta la parte central de Panamá. El basamento de este bloque es de naturaleza oceánica y está constituido por basaltos masivos en almohadillas, gabros, peridotitas y peridotitas serpentinizadas. Abundantes

sedimentos sobreyacen al basamento oceánico del bloque Chorotega, se destacan en estos depósitos con abundantes restos de fósiles (Dengo, 1983).

El límite entre el Bloque Chortis y el Bloque Chorotega no está claramente definido. Se ha propuesto que la división entre ambos bloques puede ser el sistema de fallas que se extiende desde la Península de Santa Elena hasta el Escarpe de Hess al Sur de la frontera entre Nicaragua y Costa Rica (Dengo, 1983).

Desde el punto de Vista geotectónico, el elemento más relevante de Centroamérica es la Depresión Nicaragüense, de rumbo NW-SE. Según McBirney and Williams, 1965, la Depresión de Nicaragua comenzó su formación a finales del Cenozoico, a partir de esfuerzos de tensión local producidos por la compresión regional creada entre las placas de Cocos y Caribe.

En cambio, la formación de la cadena Volcánica Cuaternaria comienza a finales del Plioceno, extendiéndose desde Guatemala hasta Costa Rica a lo largo del eje de la Depresión Nicaragüense, en dirección NW-SE (McBirney, A & Williams, H., 1965).

2.2. Geología Regional de Nicaragua.

La geología regional de Nicaragua presenta edades del Mesozoico Inferior al Cenozoico. Dentro de estas eras ocurrieron muchos eventos de origen geológicos como el establecimiento de la subducción de la placa de Cocos debajo de la placa Caribe. Estos eventos marcaron la formación de potentes capas de rocas volcánicas, metamórficas y sedimentarias distribuidas en todo el territorio con secuencias estratigráficas de diferentes épocas y edades. A continuación, se describen de una manera generalizada cada uno de estos depósitos tomando en cuenta su edad, de la más antigua a la más joven.

A. Mesozoico

a) Cretácico Inferior:

En el cretácico Inferior se distinguen depósitos metamórficos, conocidos como Esquistos Verdes con diferentes grados de metamorfismo. Entre estas rocas

tenemos filitas, esquistos sericiticos y micacitas filíticas (Del Giudice, 1960). En la región de Siuna, se encuentran rocas sedimentarias de este período como: areniscas, limonita y caliza (Mills, R.A. & Hugh, K.E., 1974).

Estos depósitos de rocas afloran en el norte del país en la región del departamento de Nueva Segovia, parte del departamento de Jinotega y la frontera con Honduras, también, en la región de Siuna, (RAAS, Atlántico Sur). Los depósitos metamórficos presentan una edad del Cenozoico, en su Período Cretácico Inferior de ± 125 Ma (Del Giudice, 1960; Dengo, 1983 y Garayar, 1971).

b) Cretácico Superior Al Cenozoico (Paleógeno Eoceno):

En este período Cretácico Superior al período Paleógeno Eoceno se depositaron grandes espesores de rocas sedimentarias de origen pelágico y turbidíticos. La secuencia estratigráfica fue interrumpida varias veces con la deposición de materiales volcánicos e intrusiones ígneas. Así mismo, hubo levantamiento, hundimiento, invasión y retirada del mar (Zoppis Bracci, L & Del Giudice, D., 1958).

Estos depósitos se encuentran en la franja costera del Pacífico, desde Corinto hasta la frontera Sur con Costa Rica, al Oeste desde la Plataforma continental del Pacífico, al Este hasta la Cordillera de Mateare (Zoppis Bracci, L & Del Giudice, D., 1958).

En estos depósitos, se han identificado cinco formaciones y un grupo: Formación Rivas, Formación Masachapa, Formación El Fraile, Formación El Salto y Grupo Tamarindo, cuyas edades varían de ± 72.1 a ± 26 Ma, (Zoppis Bracci, L & Del Giudice, D., 1958; Paz Rivera, 1964).

Según Darce, (1992), el área de estudio se encuentra dentro de los depósitos del Cretácico Superior al periodo Paleógeno Eoceno, con una clasificación de rocas sedimentarias de origen pelágico y turbidíticos.

B. Cenozoico

a) Paleógeno Oligoceno Al Neógeno Plioceno:

Los depósitos de rocas del Cenozoico se formaron producto de intensas actividades volcánicas, dejando gran volumen y predominio de rocas volcánicas. Estos depósitos afloran al Oeste con la Depresión Nicaragüense, al Sur con el río indio y al Este, con las áreas bajas de la Costa Atlántica. McBirney & Williams (1965), clasificaron este depósito en dos grandes grupos: Grupo Matagalpa y Grupo Coyol.

Grupo Matagalpa: formado en la parte basal por sedimentos volcánicos, brechas laháricas lavas basálticas y en menor cantidad, rocas andesíticas; la parte media está constituida por tobas e ignimbritas riolíticas, y la parte superior por lavas intermedias andesíticas a lavas félsicas, dacíticas y rocas piroclásticas. Se ha calculado que los depósitos rocosos de este grupo tienen una edad comprendida entre Oligoceno-Mioceno (± 23.03 a 7.25 Ma).

Grupo Coyol, formado por pequeñas capas de lavas máficas e ignimbritas andesíticas a dacíticas. La edad de este grupo se ha estimado entre Mioceno-Plioceno (± 7.25 a 2.6 Ma). Ehrenborg (1996), propone una nueva estratigrafía para el Grupo Coyol y Matagalpa, en base a las facies distales de la fuente de emisión volcánica. Bajo este criterio los depósitos del Grupo Coyol se clasificaron de la siguiente manera: Domo Ríolítico, Escudo Estratiforme, Unidad Volcánica de Escudo-Estratiforme y Escudo Ignimbrítico.

Así mismo Ehrenborg (1996), también describen una litología heterogénea de basaltos a basaltos andesíticos. Las rocas más comunes presentes en este grupo son: basalto, andesita, dacita, toba, ignimbritas, flujos piroclásticos dacíticos a riolíticos, brechas y aglomerados. A su vez, estos materiales son instruidos por domos riolíticos.

b) Cuaternario

Los depósitos de rocas Cuaternarias se encuentran paralelas a la faja costera del Pacífico de Nicaragua. Están contenidos principalmente dentro de la Depresión Nicaragüense, la que a la vez contiene la cadena Volcánica Cuaternaria Nicaragüense y los lagos de Nicaragua (Paz Rivera, 1964; McBirney, A & William, H., 1965).

La litología que caracteriza esta unidad son depósitos aluvionales intercalados con material piroclástico proveniente de la Cadena Volcánica Cuaternaria. Los depósitos piroclásticos se han agrupado en dos grupos: Grupo las Sierras y Grupo Managua, cada uno con sus subdivisiones (Kuang, 1971).

III. CAPITULO – METODOLOGÍA

La metodología que se utilizó para realizar este trabajo investigativo se dividió en tres etapas diferentes, que se describen a continuación:

3.1. Etapa I: Trabajo de Gabinete

En esta etapa se recopiló y generó toda la información posible del área y se prepararon las condiciones para proceder a la etapa de campo. Las actividades llevadas a cabo durante el trabajo de gabinete fueron:

a) *Recopilación bibliográfica.*

Se recopiló toda la información existente, tal como; documentos escritos (artículos científicos, estudios, informes, tesis), sobre la geología de la zona.

Se realizaron visitas a los centros de documentación de instituciones relacionadas con el tema de estudio; Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), Instituto de Geología y Geofísica (CEDOC-IGG/CIGEO-UNAN-Managua), Ministerio de Energía y Minas (MEM).

b) Generación y obtención del mapa base.

Después de obtener la información preliminar, se procedió a la elaboración del mapa base de curvas de nivel, haciendo uso del sistema de información geográfica (SIG) utilizando el software ArcGis 10.5., para el suavizado de las curvas de nivel que fueron obtenidas mediante imágenes satelitales de Google Earth.

▪ *Mapa de Curvas de nivel*

Se digitalizó el mapa topográfico del área estudiada a escala 1:20,000 con una diferencia de 10 metros entre cada curva de nivel, para manifestar una perspectiva de la zona. En la **figura 9**, se muestran las diferentes características topográficas de la superficie de estudio reflejando las diferentes curvas de altura y geometría la cual reflejan la morfología de la zona.

A pesar de la escala de trabajo esta no permitió definir o asociar estructuras geológicas ya que las diversas curvas de nivel no reflejan ningún tipo de estructura. El mapa representa una topografía irregular en la parte NW y SE del área de estudio comprendida entre los rangos de altura de 100 a 150 metros y la zona con menor altura tiene rangos entre 0 y 30 metros mostrando una morfología de un pequeño valle.

El análisis de las curvas de nivel refleja unas cotas con geometría muy simétrica rectangular aislada en la zona de El Icacal la cual posiblemente se asocie a una falla, además de que cierto segmento del río Brito presenta drenaje rectangular asociado a fallamiento y procesos erosivos y modificación de cursos de la red hídrica.

▪ *Mapa de Relieve.*

El mapa de elevaciones a escala **1:20,000**, representa las elevaciones topográficas que definen el área de estudio, permitiendo la delimitación de partes planas, inclinadas o escarpadas. Para su representación se utilizó una secuencia de colores

que varía de menor a mayor intensidad, definiendo áreas geomorfológicas bien definidas con máximas y mínimas elevaciones.

La parte de mayor elevación se encuentra al Norte de la Playa La Flor alcanzando elevaciones máximas de 150 m.s.n.m. Esta unidad geomorfológica corresponde a una morfología de Montañas con una pendiente de 30°. Mientras que la zona con menor altura entre 0 y 30 metros corresponden a un pequeño Valle y se localiza a lo largo de La Boca del río Brito hasta El Icacal con una extensión de 2900 m en dirección NE-SE del área de estudio. En la zona de Playa La Flor se logra identificar un lineamiento geológico que es asociado a una zona escarpada, teniendo una pendiente de 90 grados. En la parte SE-NE del área se logran diferenciar pequeñas montañas que están comprendidas en cotas que van de 60 a 120 metros, **Figura 10.**

3.2. Etapa II: Trabajo de Campo

En esta fase, se visitó el área de estudio, utilizando como guía el mapa base previamente elaborado. Dicho levantamiento consistió en realizar las siguientes actividades:

- Reconocimiento geológico de campo.
- Localización de los principales afloramientos rocosos.
- Toma de fotografía, donde realizaron las mediciones estructurales en: fallas y fracturas de los afloramientos mejores expuestos.
- Las mediciones realizadas fueron: rumbo, buzamiento y desplazamiento de las estructuras.

3.3. Etapa III: Análisis e interpretación de los Datos de Campo.

Las actividades llevadas a cabo durante esta etapa fueron:

- A. Análisis Estructural: este análisis consistió en la realización de la identificación de las principales estructuras geológicas y su reconocimiento para luego realizar el mapa de las diferentes estructuras tectónicas de la zona

de estudio y mediante las mediciones de la geometría de las rocas y sus deformaciones, poder comprender la dinámica de los diferentes esfuerzos que actuaron en el sitio de investigación.

Mapa Topográfico.

Después de obtener la información preliminar, se procedió a la elaboración del mapa base de curvas de nivel, haciendo uso del sistema de información geográfica (SIG) utilizando el software ArcGis 10.5., para el suavizado de las curvas de nivel que fueron obtenidas mediante imágenes satelitales de Google Earth. Los análisis del comportamiento de las curvas de nivel tienen gran importancia para la identificación de la morfología y estructuras en el terreno.

Mapa de Relieve de Sombra.

El Mapa de modelo sombra permitió ver las características del terreno en tres dimensiones, facilitó trazar las estructuras tales como: Fallas, Fracturas, Grabenes, Estructuras conjugadas y Sigmoides.

El análisis estructural conto con la recolección de la mayor cantidad de datos posibles en campo, como los indicadores cinemáticos relacionados a fallas y fracturas, con el fin de determinar la existencia de dominios estructurales.

Lo anterior permitió el análisis estadístico de los datos estructurales a través de la roseta de fracturas.

Las rosetas de fracturas es un diagrama que facilitó determinar la dirección de los rumbos preferenciales de las estructuras que se encuentren en esta zona. Mediante este análisis se realizó la interpretación de los eventos tectónicos existentes en el área de estudio.

B. Análisis Geomorfológico

La clasificación geomorfológica se realizó a partir de su origen geológico y las características cuantitativas (morfometría). Todos estos aspectos siguen la propuesta de la metodología de Lugo, (1988) sobre métodos cartográficos.

C. Informe final.

Una vez finalizados los análisis, se procedió a integrar los resultados en el Sistema de Información Geográfica (SIG) ArcGis 10.5, con el cual se digitalizarán las principales estructuras y litológicas comprobadas en campo. La elaboración y redacción del informe final fue el último paso después de haber interpretado y analizando todos los datos obtenidos en campo.

IV. CAPITULO – RESULTADOS

Geológicamente el área se encuentra ubicada en la región del Pacífico de Nicaragua, departamento de Rivas, el cual se caracteriza por depósitos de edad Terciaria que se encuentran en contacto con depósitos aluviales del Cuaternario.

Para poder definir la geología de la zona de Punta de Brito y sus alrededores se tomó como base mapa existente de la zona de estudio la cual se corroboró con el levantamiento y reconocimiento de campo, en donde se pudo apreciar los diferentes afloramientos característicos en el área, donde se reconocieron cuatro unidades litoestratigráficas, que se describen a continuación:

4.1. Geología Local de Punta de Brito

La geología del área comprende una serie de materiales de origen sedimentario que dieron origen a los diferentes depósitos de rocas sedimentarias las cuales son muy características en el área de estudio. La cartografía geológica estableció la manifestación de diferentes depósitos correspondiente, a la Formación Brito, el cual refleja su litología en: areniscas silíceas, areniscas calcáreas y conglomerados, las cuales están en contacto con un grupo o depósito muy rico en carbonato cálcico como es el caso de calizas originadas a partir de precipitación orgánica, pero son

los depósitos aluviales de edad Cuaternaria que se presentan en mayor extensión superficial sobre el área de estudio.

Estos diferentes materiales se encuentran en contacto discordante entre las rocas sedimentarias y sedimento aluviales, además son afectadas por estructuras tectónicas como: fallas, fracturas y plegamientos. Posterior a la formación ocasionada por los procesos internos, se formaron los diferentes tipos de geomorfologías: Geomorfología de Cavernas y de Cordilleras que se originan por esfuerzos de compresión, debido a procesos de tectonismo, ya que el área de estudio se encuentra cercana a la zona de subducción.

Según Kuang (1971), Dentro de la zona de estudio, la cual se encuentra sobre la formación Brito, podemos encontrar diferentes especies de fósiles marinos entre ellos tenemos: De la clase Foraminíferos como son: Numulites, Robulus Diatomeas, Radiolarios, Cibicides Perlucides, Cf. Fornicatus, Anomalia CF Dorni, G. Pseudomenardi, G. Velascoensis, Globorotalia Aragogensis Var. Twissilnani, G. Rex los cuales pertenecen al periodo Paleoceno Superior-Eoceno; Alto-Limbatus, Planularia Truncana, G.CF Perlata, Globorotalia Crassata, G. Bulloides, Globigerina Pseudobulloides del periodo Eoceno Inferior medio y de la clase Cephalopoda tenemos únicamente al Nautilo del cretácico Superior.



Foto N° 01: Panorámica de los diferentes materiales geológicos del área, sitio El Icacal (coordenadas: E: 613339, N: 1253445, H: 1msnm).

Estas diferentes rocas sedimentarias clásticas corresponden a La Formación Brito la cual es afectada por una serie de estructuras geológicas como son fallas de tipo normal y fracturas asociadas a dichas fallas. Las rocas sedimentarias especialmente las areniscas silíceas, calcáreas y las calizas se encuentran afectadas por una serie de fracturas, los afloramientos de conglomerados estudiados no se ven afectados por presencia de fallas o fracturamiento.

4.1.2. Unidad Cuaternario Aluviales (Qal)

Estos depósitos transportados se encuentran en las zonas planas o casi planas, las cuales se encuentran distribuidas geológicamente dentro del área de estudio. El lcal, está constituido por materiales arenosos muy finos y por suelos limosos, desde la parte más alta de la región y de partículas expelidas o depositadas por la marea del océano Pacífico.

Sobre la Boca de Brito se puede apreciar variados clastos muy redondeados por la acción hídrica presente en la zona, los cuales presentan un diámetro variado entre 2 a 8 cm. En la foto 02 se puede apreciar los depósitos de suelos limosos y en la fotografía 03 los depósitos de arenas finas sueltas.

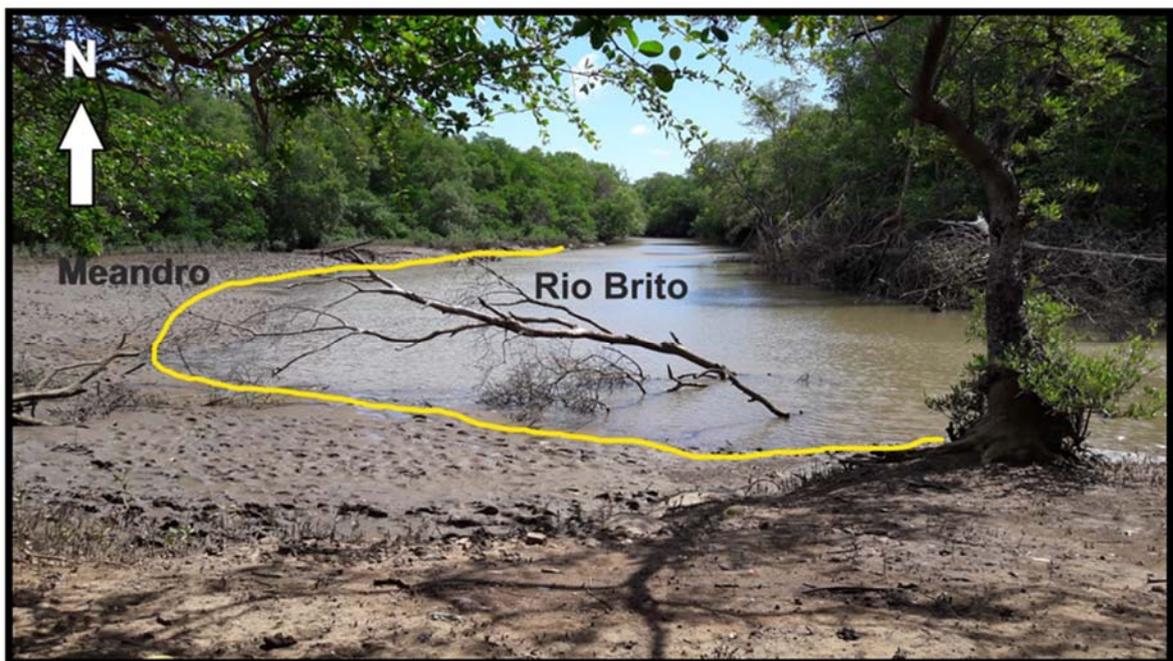


Foto N° 02 Panorámica del Río Brito Donde se apreciar el suelo limoso y la geometría del meandro (coordenadas E: 611649, N: 1254754, H: 5 msnm).

Estos depósitos se pueden encontrar a lo largo de las riveras del río Brito, además sobre las mismas riveras podemos encontrar diversas zonas pantanosas o humedales; a pesar que el estudio se realizó en temporada de sequía, no se logró apreciar el fondo o basamento del río Brito, ya que se trataba de un drenaje

seleccionado, el cual se encuentra con una geometría juvenil y maduro (presenta fondos en forma de U y V casi horizontales).

Otro depósito de gran extensión que se encuentran en el área de estudio, son las arenas finas, las cuales están expuestas a procesos externos que modifican su deposición, ya que son erosionadas por las grandes corrientes de vientos y crecida de marea tanto del Océano Pacífico como del río Brito. Foto n°3



Foto N° 03: Arenas finas muy bien clasificadas, este depósito es constantemente modificado y se aprecia en la desembocadura del río Brito. (Localizado en las coordenadas E: 611333, N: 1254451, H: 4 msnm).

4.1.3. Punta Brito y sus alrededores.

La información de campo estableció, que los depósitos encontrados en los diferentes afloramientos de Punta de Brito, Islas Cagadas y Santa Elena están constituidas por areniscas sanas y calcáreas, ya que presentan mayor espesor de una continuidad graduada de estos materiales. Mientras que en Puntas Naranjo, se aprecian materiales sedimentarios clásticos como los conglomerados, los cuales presentan una potencia medible de 40 metros, y estos están en contacto con las areniscas, además estos conglomerados se encuentran en contacto con las calizas del Icacal; este contacto es interesante, ya que en análisis de la información se estableció que no existía un cuerpo rocoso cercano al cerro El Icacal por lo que se estableció en campo, pero se estaba omitiendo la parte de la marea, ya que esta al disminuir 60 metros en la costa, se aprecia un cuerpo rocoso considerable que está

constituido por conglomerados, el cual se encuentra alineado con el afloramiento que se encuentra en contacto con las arenisca, estos cuerpos están a 3.5 Km, separados pero se cree que en profundidad se trate de un solo cuerpo monótono, ya que no se encontraron evidencias o criterios que establezca que sean cuerpos aislados o diferentes.

Otra roca sedimentaria atribuida a la Formación Brito, es una caliza por precipitación química, la cual aflora mayormente en El Icacal y más al sur, fuera del área de estudio. Estos depósitos dentro de nuestro estudio fueron denominados con la siguiente nomenclatura:

Teb-Cal: Terciario Eoceno Brito – Calizas El Icacal.

Teb-Con: Terciario Eoceno Brito – Conglomerados Punta El Naranjo.

Teb-a: Terciario Eoceno Brito: Areniscas de Brito.

Estos tres tipos de rocas fueron identificadas mediante el levantamiento geológico en la zona estudiada, además se propone un orden cronológico y estratigráfico, Kuang y Williams 1971, establecen la nomenclatura de **Teb** para todos los materiales de esta Formación, mientras que Weinberg 1990 establece que esta Formación se compone de diferentes rocas y que existe un límite cronológico en que los conglomerados se encuentran en el límite superior del Paleoceno. A continuación, se describen las tres diferentes rocas correspondientes a la Formación Brito.

Unidad Calizas El Icacal (Teb-Cal)

Denominada como calizas El Icacal, ya que se encuentra en toda la montaña que lleva por nombre El Icacal, se trata de una roca sedimentaria clástica, compuesta por una caliza formada por precipitación química bien clasificada con un cemento y matriz rico en carbonato de calcio, compuestos de diversos organismos con estructura rica en dicho componente.

Este depósito se encuentra al SO de Punta Brito y sobre la costa la cual la parte Oeste del afloramiento es cubierto por la marea mientras que el restante se

encuentra atrapada en una fuerte vegetación por lo cual hace difícil identificar este contacto en la fotografía. In situ este afloramiento es afectado por una serie de fracturas las cuales se describen en la parte de geología estructural más adelante. Esta caliza está en contacto con depósitos Cuaternarios y Paleocenos Eocenos como conglomerados y areniscas. En la fotografía 04 se aprecia una vista panorámica del cerro El Icacal y su geometría simétrica de montículo.



Foto N°04: Cerró El Icacal constituido por caliza (coordenadas de la vista E: 612748, N: 1253820, H: 5 msnm).

La caliza corresponde a una serie de materiales bien agrupados entre si formando un solo cuerpo bien cementado a como se aprecia en la foto 05, además se observa el contacto entre los conglomerados Punta El Narango.



Foto N° 05: Afloramiento de calizas El Icacal en forma de bloque en la cual se encuentra en contacto con materiales arenosos y conglomerados. (Localizado en las coordenadas, E: 613339, N: 1253445, H: 1msnm).

Este depósito de caliza no se considera que pertenezca a la capa o miembro Sapoá (Tks), ya que presenta ciertas diferencias entre los depósitos de caliza de Sapoá y Caliza El Icacal, uno de estas es su textura ya que las calizas de El Icacal presentan una textura clástica gruesa y una variedad de vesículas superficialmente aunque esta es muy dura, se presenta en una acumulación masiva de pequeños fragmentos ondulados muy agrupados, por otra parte la capa Sapoá presenta una matriz clástica fina a muy fina y se presenta de una forma masiva homogénea pero no en forma de fragmentos ondulados agrupados.

Esta investigación no aborda un estudio a detalle de las diferentes Formaciones o capas geológicas del área, sin embargo, debido al hallazgo se realizó una correlación de los depósitos de calizas de Sapoá y Calizas de El Icacal. La cual se observa en la siguiente figura donde la fotografía de la izquierda corresponde a la caliza El Icacal y la fotografía de la derecha corresponde a la capa Sapoá.



Foto N° 06: Heterogeneidad entre las calizas, A) El Icacal en las (coordenadas E: 613339, N:1253445, H:1msnm); dentro del área de estudio perteneciente a la Formación Brito, B) con las calizas de Sapoá o capa Sapoá conocido como calera Sapoá en la comunidad del mismo nombre al SE de San Juan del Sur.

En la foto N°06 se aprecia una textura clástica fina la cual pertenece a los afloramientos de la calera o capa Sapoá, que su origen se da por precipitación química y está en contacto con un dique clástico. Además, las partículas de esta caliza reflejan una roca masiva y ausencia de materiales fosilíferos macros como en la caliza El Icacal, por lo cual los depósitos reflejan las diferencias mencionadas.

Unidad Conglomerados Punta El Naranjo (Teb-Con)

Estos conglomerados se encuentran aflorando en grandes bolones que varían de 1 a 7 m de diámetro. Los clastos presentan una variada litología que van de arenisca pura y calcárea hasta Lutitas verdes, estos clastos presentan radios entre los 5, 7, 12 cm, con cantos redondeados y ocasionalmente angulosos. La variedad de los clastos es producto del proceso sedimentario de las diferentes rocas del área que fueron transportadas y sepultadas hasta generar la roca sedimentaria producto de una variedad de sedimentos.

En la foto n° 7, podemos apreciar este conglomerado raramente se encuentran re transportados ya que en toda la costa del área de estudio solo se encontró un sitio donde la roca fue depositada.



Foto N° 7: Conglomerado re transportado del depósito primario, el cual se encuentra al NO de este sitio a 500 m donde se encontró este conglomerado (coordenadas E: 0610229, N: 1254694, H: 6 msnm).

Conglomerado expuesto en las costas de punta el naranjo, se aprecia la variedad de tamaño y abundancia de los diferentes fragmentos. Este se encuentra de una forma aislada ya que el depósito de mayor extensión se localiza a 500 al NO. Propiamente en la Punta El Naranjo los diversos conglomerados presentan grandes dimensiones 2x2, 3x4, 5x5, 4x7. En la foto N° 08, podemos observar una vista panorámica de la Punta El Narango.



Foto N° 08: Panorámica de Punta El Naranjo, sitio donde el material geológico corresponde a una roca sedimentaria clástica. (Coordenadas: E: 0610069, N: 1254534, H: 3 msnm).

Mientras que en las fotos N° 09, 10 y 11, se aprecia los conglomerados denotando los diferentes clastos que componen en si al conglomerado que se presentan en grandes y pequeños bolones angulosos en la forma de losa o bloques. Estos clastos varían desde areniscas, Limonita, Lutitas y margas.



*Foto N° 09: **A)** se observa el conglomerado con cantos redondeados y agrupados. **B)** se aprecia un conglomerado con clastos de diferente composición, que da la coloración diferente con cantos de diferentes colores que son areniscas, Limonita. (Coordenadas: E: 0610069, N: 1254534, H: 8msnm).*

A pesar que gran parte del depósito se encuentra en forma de bolones o bloques, también se puede apreciar que el conglomerado se encuentra de forma masiva como un depósito aun sin fragmentarse. Foto. N° 10.



Foto N° 10: Afloramiento de conglomerado de grandes dimensiones que emerge de un sin número de conglomerado de menores dimensiones que están por encima y extremos. (Coordenadas, E: 0610069, N: 1254534, H: 8msnm).

Se puede apreciar que este depósito de rocas sedimentarias al letificarse o cementarse formo un solo depósito, el cual, por el tiempo y diferentes procesos geológicos, se ha separado o fragmentado en bolones como los de la foto 10 y 11. In situ, se logró observar y comprobar que este depósito en El Naranjo está en contacto con las areniscas de Brito a como se aprecia en la foto N° 11, donde también podemos observar los diferentes clastos y su granulometría variada.

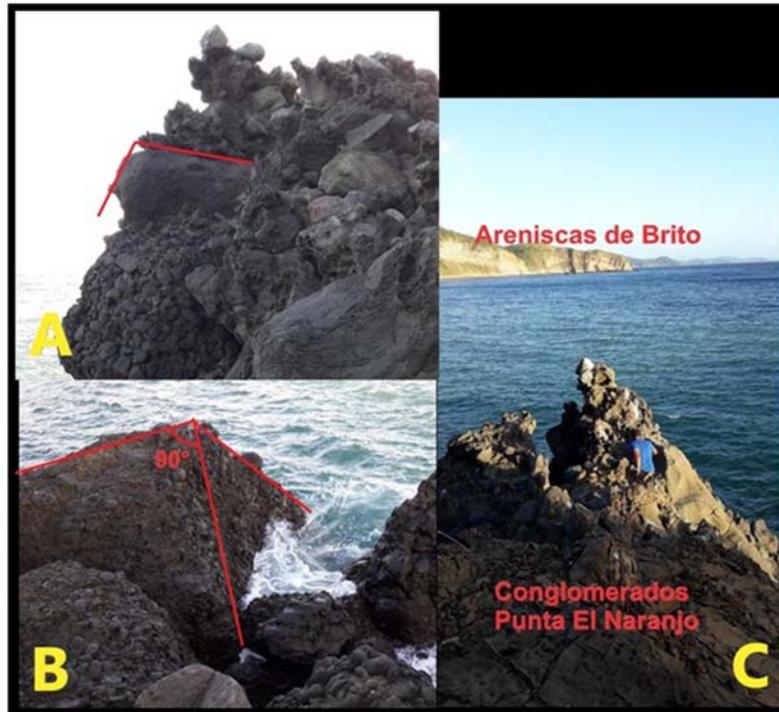


Foto N° 11: A: variación granulométrica de clastos redondeados con bloque anguloso de gran tamaño. B: Bolones rectangulares sumergidos mar adentro. C panorámica Punta Brito Punta Naranjo apreciando la diferencia litológica. (Coordenadas E: 0610069, N: 1254534, H: 8msnm).

Unidad Areniscas de Brito (Teb- a)

Se trata de una roca sedimentaria clástica de grano fino que se comporta mayormente de granos puros (arenisca silíceas, aunque ciertas capas reaccionan al ácido clorhídrico por lo cual se asocia a una arenisca calcárea debido a la presencia de granos o cristales microscópicos de calcita. Estas areniscas presentan un gran espesor observable en campo que oscila en los 40 metros en las costas entre Punta Brito y Punta El Naranjo, pero estas areniscas superan esta potencia, ya que afloran en las zonas de mayor elevación.

Los diferentes afloramientos de estas areniscas se encuentran con erosión diferencial, generalmente las areniscas calcáreas presentan mayor erosión, ya que la mayoría de los cortes están expuestos a procesos exógenos como corrientes de

aire y erosión hídrica por aumento de mareas. En la foto N° 14 se aprecia uno de los afloramientos de estas areniscas.



Foto N°12: Areniscas de Brito, se trata de un depósito masivo homogéneo compacto, con presencia de fracturas las cuales presentan un buzamiento de 10° en dirección W y SW. (Coordenadas E: 0610231, N: 1254716, H: 21msnm).

Se aprecia que numerosas capas de areniscas meteorizadas que exhiben un color café oscuro mientras que las que no se encuentra meteorizada presentan diversos colores desde gris pardo hasta azuladas. Estas areniscas presentan una inclinación muy monótona con un ángulo de buzamiento de 10-15 ° en dirección NW, W, SW, siempre hacia el océano Pacífico. Los planos de buzamiento se aprecian en la foto N° 13.



Foto N° 13: *Apreciación de la inclinación de las areniscas de Brito. Foto tomada en las riveras de la Boca de Brito. (Coordenadas: E: 611297, N: 1254345, H: 2msnm).*

Estas areniscas representan las rocas de mayor exposición en la zona de estudio ya que afloran desde la Punta Brito hasta Islas Peñas Cagadas en dirección NW, además alcanzan grandes espesores que superan los 50 m, además estas areniscas presentan una prolongación extendida mar adentro. Además, ciertos afloramientos están expuestos o deslizamientos o inestabilidad.

A continuación, se presentan ciertos afloramientos donde se aprecia las características de algunos afloramientos: meteorización, potencia, inestabilidad, inclinación etc.



Foto N° 14: afloramiento de arenisca meteorizada superficialmente, con un espesor de 2.5 m. afectada por una serie de diaclasas, con un buzamiento de 10° en dirección SW. (Coordenadas E: 060572, N: 1254657, H: 8msnm).

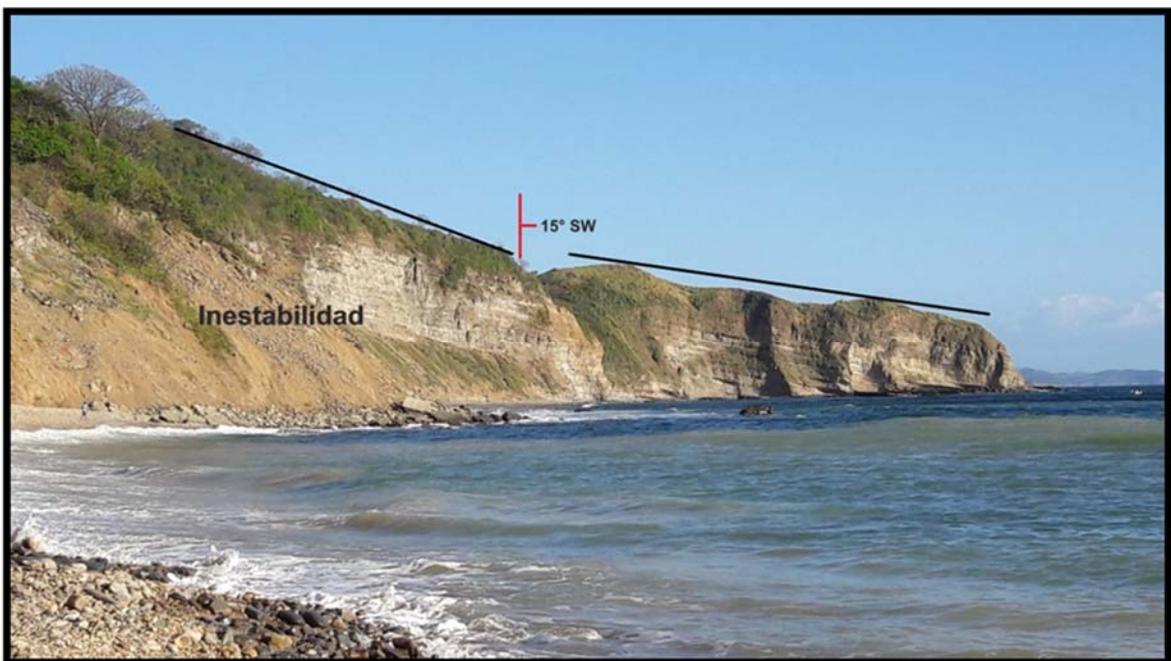


Foto N° 15 potencia máxima observable de las areniscas de Brito alcanzando hasta 50 metros, se observa inclinación del cuerpo buzante hacia el SW, además de una zona de inestabilidad producto de los materiales, meteorizado. (Coordenadas E: 611195, N: 1253957, H: 4msnm).

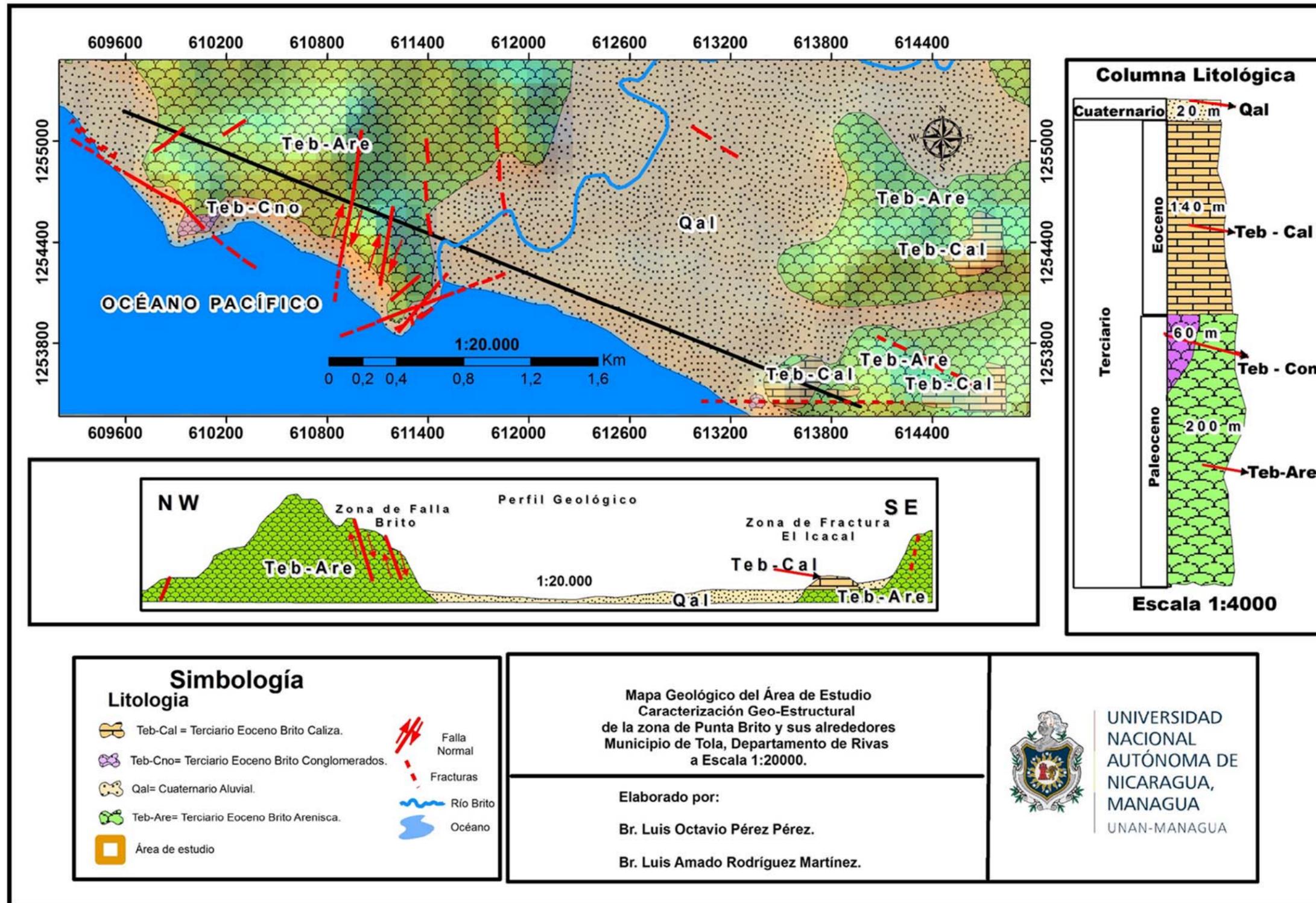


Figura N° 04: Mapa Geológico del área de estudio, 1:20,000.

4.2. Geología Estructural

La deformación es un concepto geométrico, el cual se puede definir como la suma de los cambios o modificaciones a la geometría del cuerpo a partir de una geometría inicial, como respuesta a un esfuerzo. Cuando los esfuerzos sobrepasan la resistencia mecánica de las rocas producen deformaciones a través de las zonas débiles de la roca (Tolson, 1996).

Para lograr entender el significado mecánico de las rocas existen tres conceptos fundamentales relacionados entre sí: falla, zona de falla y zona de cizalla, una falla es por definición una fractura frágil a lo largo de la cual ha ocurrido un desplazamiento visible. Por su parte, una zona de falla se encuentra compuesta por innumerables superficies de fallas frágiles, sub-paralelas e interconectadas estrechamente. La zona de cizalla corresponde a una ancha zona de deformación generada por condiciones dúctiles – frágiles. La zona de cizalla se levanta hacia arriba en dirección a una zona de falla (Sibson, 1990).

Por lo antes expuesto y para el presente estudio se utilizó los criterios de fallas y zonas de fallas por los siguientes factores:

- Durante el Mioceno, los depósitos de las cuencas de sedimentación del Pacífico fueron plegados, formando un gran anticlinal de rumbo NW-SE. La formación de esta estructura tectónica fue acompañada por el surgimiento de sistemas de fallas paralelas y perpendiculares a la dirección principal del anticlinal.
- La Depresión Nicaragüense constituye una estructura tectónica joven, cruzando todo el Pacífico de Nicaragua desde el golfo de Fonseca en el Noroeste, hasta la frontera con Costa Rica en el Sureste, alojada entre las dos estructuras más elevadas: el anticlinal de Rivas al Oeste y las Tierras Altas del Interior al Este (Rivera, 2004).

- El graben de Nicaragua se formó en consecuencia de la falla que provocó un hundimiento de las regiones comprendidas entre fracturas y fue acompañada por actividades volcánicas a lo largo de las fallas principales. Los principales fallamiento del graben nicaragüense ocurren paralelos a la costa del Pacífico.
- La geología de Punta de Brito y sus alrededores está conformada por depósitos del Cretácico Superior al periodo Paleógeno Eoceno, con una clasificación de rocas sedimentarias de origen pelágico y turbidíticos. Por tanto, es un área de deformación dúctil a dúctiles-frágiles.
- Las fallas y zonas de fallas (Fracturamiento), pueden mostrar desplazamiento relativo de los bloques. Muchas veces las zonas de fracturamiento presentan sub zonas de mayor o menor grado de deformación.

En el área de Brito y sus alrededores, se lograron observar los indicadores cinemáticos a través de las visitas in situ, donde se logró identificar afloramientos rocosos, los cuales presentaban rasgos geo-estructurales.

En el trabajo de campo se tomaron la mayor cantidad de mediciones como: rumbos, buzamientos y longitud de las fracturas en los afloramientos mejores expuestos. Con los datos recolectados en campo se realizaron agrupaciones de rumbos de las fracturas que fueron procesados mediante rosetas de fracturas, la cual ayudó a determinar la dirección de los esfuerzos de fallamiento que afectan al área de estudio.

La cartografía geo-estructural, brindo información estructural satisfactoria que establece, que zona estudiada especialmente Punta Brito, Punta el Naranjo, Peñas Cagadas y El Icacal son zonas tectónicas, donde se encuentran diversas estructuras tales como: fallas, fracturas y diaclasas.

Toda la información recopilada se unificó para realizar el mapa estructural figura 8, donde se digitalizaron las estructuras encontradas en los diferentes sitios estudiados, cabe mencionar que las fallas corresponden a un sistema de fallas ya que en diferentes sitios se encontraban de 2 a 4 fallas geológicas. Por lo cual la digitalización de cada una de estas en el mapa no es conveniente por la escala.

Se delimitaron tres zonas de fallas o estructurales principales como son Islas Peñas Cagadas con una dirección preferencia de las estructuras NO-SE, NE-SO. Punta Brito con una dirección preferencial NE-SO. El Icacal con dirección preferencial E-O. Las estructuras en el área son diaclasas, fracturas, fallas de tipo normal y fallas supuestas (no comprobadas). Estas estructuras presentan terminación simple, paralelismo y sigmoides.

A continuación, se describen las tres zonas estructurales plasmadas en este estudio el cual representa la presencia de una gran cantidad de estructuras geológicas de interés.

4.2.1 Zona de fracturas El Icacal

Corresponde a un conjunto de estructuras separadas por 1.50 m y 5 metros se trata de 8 fracturas paralelas con terminación simple con rumbos de E con ángulo de buzamiento de 30° NE, la fractura 5 se presenta como una gran grieta de 1.50 m de ancho con ángulo de inclinación de 20° con rumbo de N80°E. Estas fracturas con terminación simple afectan rocas sedimentarias ricas en carbonato cálcico calizas de precipitación orgánica.

A continuación, en la fotografía 16, se observan las fracturas de la zona de falla El Icacal las cuales se asocian a una estructura principal como una falla.

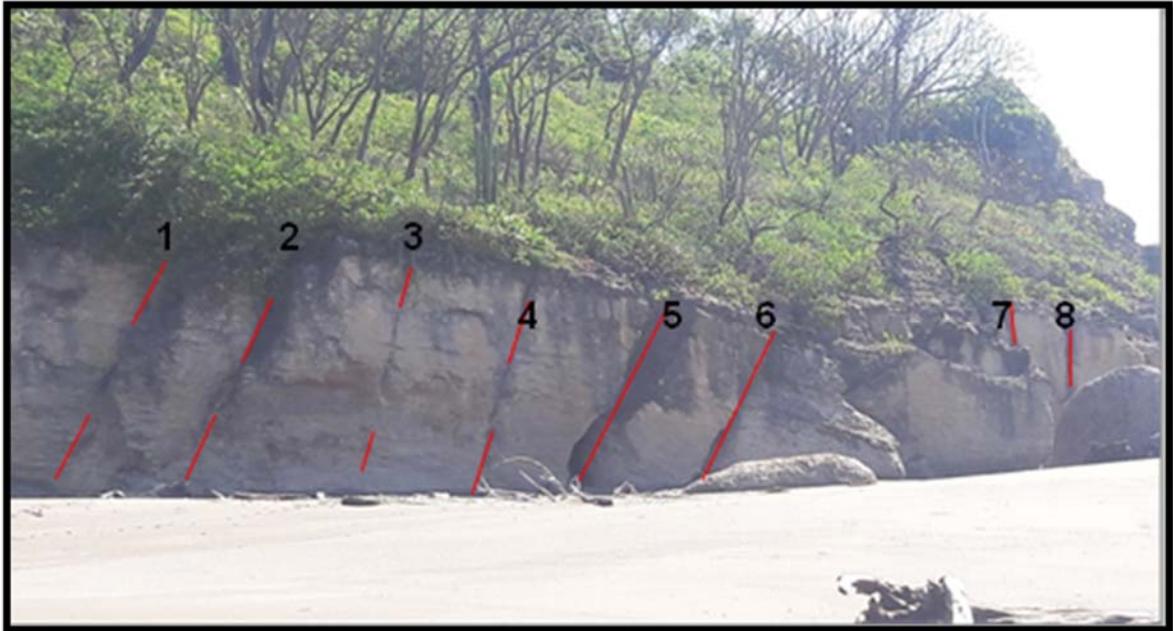


Foto N° 16: Fracturas paralelas en forma de estructuras en domino correspondiente a la zona de falla El Icacal (Coordenadas: E: 0613339, N: 1253445, H: 2msnm).

En la foto 17, se aprecia el ancho entre los planos de fracturas que alcanza los 150 cm, correspondientes a la fractura número 5 y 6, mientras que en la foto 18, se aprecia las fracturas número 7,8 y 9.

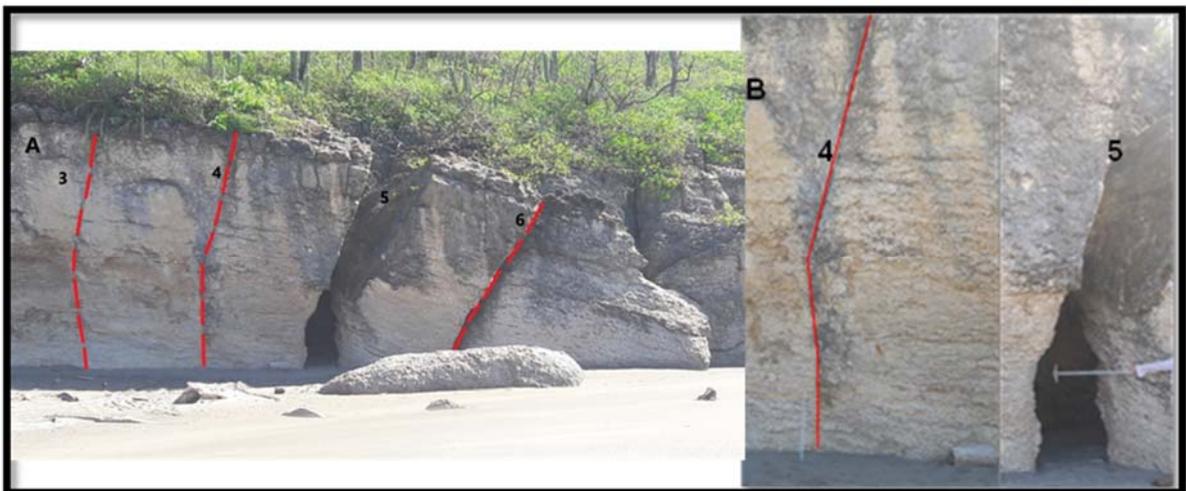


Foto N° 17: **A.** Medición de ancho de fracturas paralelas con terminación simple, donde su ancho varía de 4mm a 1 cm de abertura, **B.** Correlación del ancho de la fractura n°4 con respecto a la fractura N°5 (Coordenadas: E: 0613425, N: 1253389, H: 3msnm).

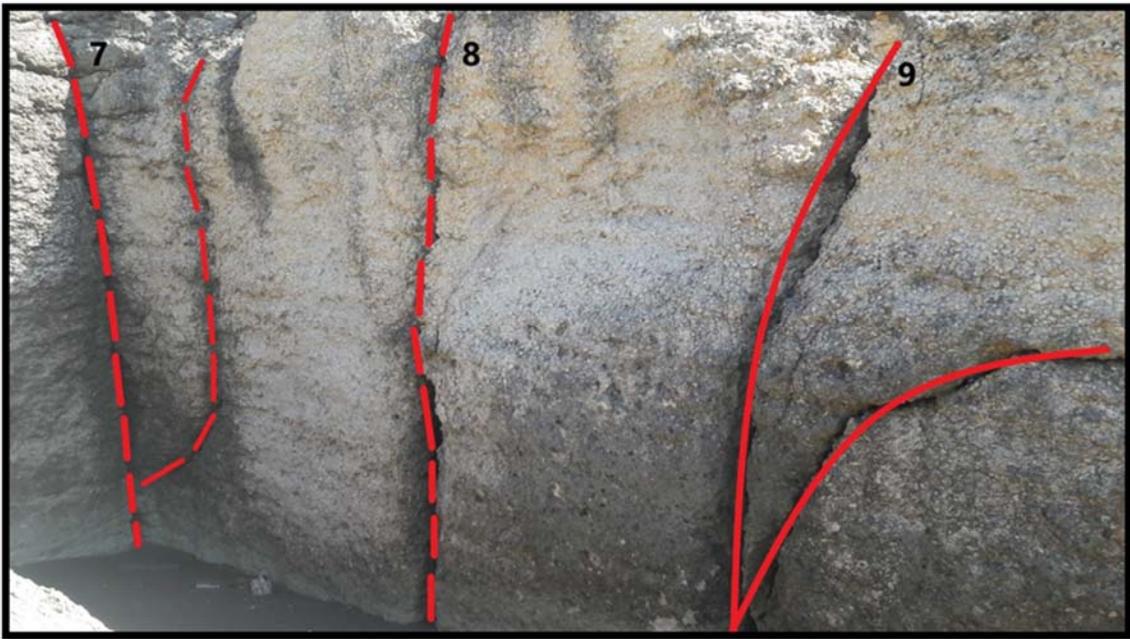


Foto N° 18: panorámica de las fracturas El Icacal numero: 7,8 y 9. En donde se observa la geometría de las fracturas verticales (Coordenadas: E: 0610642, N: 1218949, H: 3 msnm).

En la foto N° 19, se aprecia fracturas en forma de sigmoide o un pseudo sigmoide debido a la interrupción o el faltante superior el cual es impedimento para la determinación exacta del tipo de estructura, mientras que en la foto de la derecha se aprecia una geometría similar a la de falla listrónica en donde el plano estructural cambia bruscamente en profundidad.

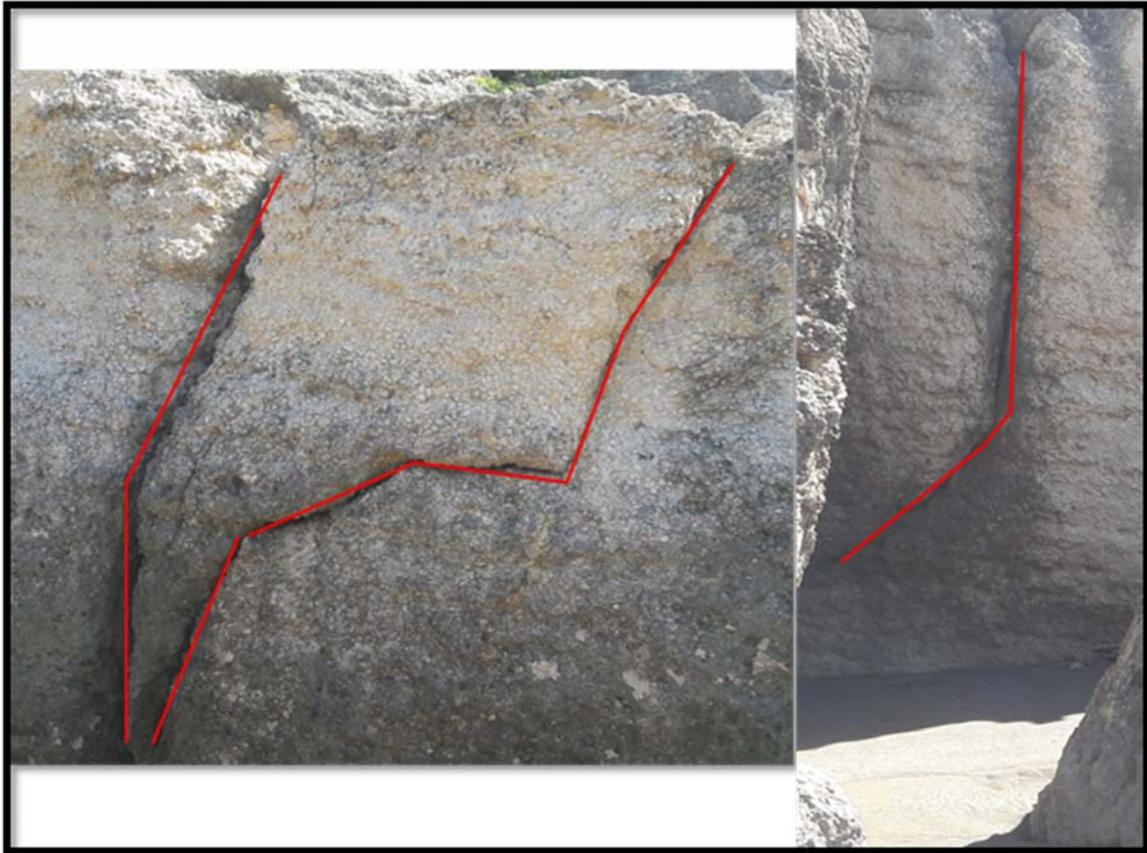


Foto N° 19: geometría en forma de sigmoide y falla listrica afectando rocas sedimentarias del Icacal. (Coordenadas: E: 613254, N: 1253422, H: 3msnm).

En esta zona se realizó un levantamiento estructural donde se cuantificaron 9 fracturas con rumbos entre los N75°E a 90°E franco, las cuales se encuentran rellena o erosionada ya que el sitio se encuentra en la costa donde los procesos exógenos como el aire, agua que con las fuertes olas que afectan la composición de las rocas.

Los datos direccionales de estas fracturas son muy similares, en dirección NE, estos se unificaron para realizar una roseta direccional de esfuerzos que ocasionaron este sistema de estructuras. En la tabla 2 se aprecia los datos estructurales. Mientras que en la figura 07 se aprecia la roseta direcciones de los esfuerzos que actuaron en esta zona donde el esfuerzo principal recae entre 270°.

Tabla 2: Datos direccionales estructurales (Rumbos) de la zona El Icacal

NF	N75°E	N80°E	NF
N75°E	N80°E	N10°E	NF

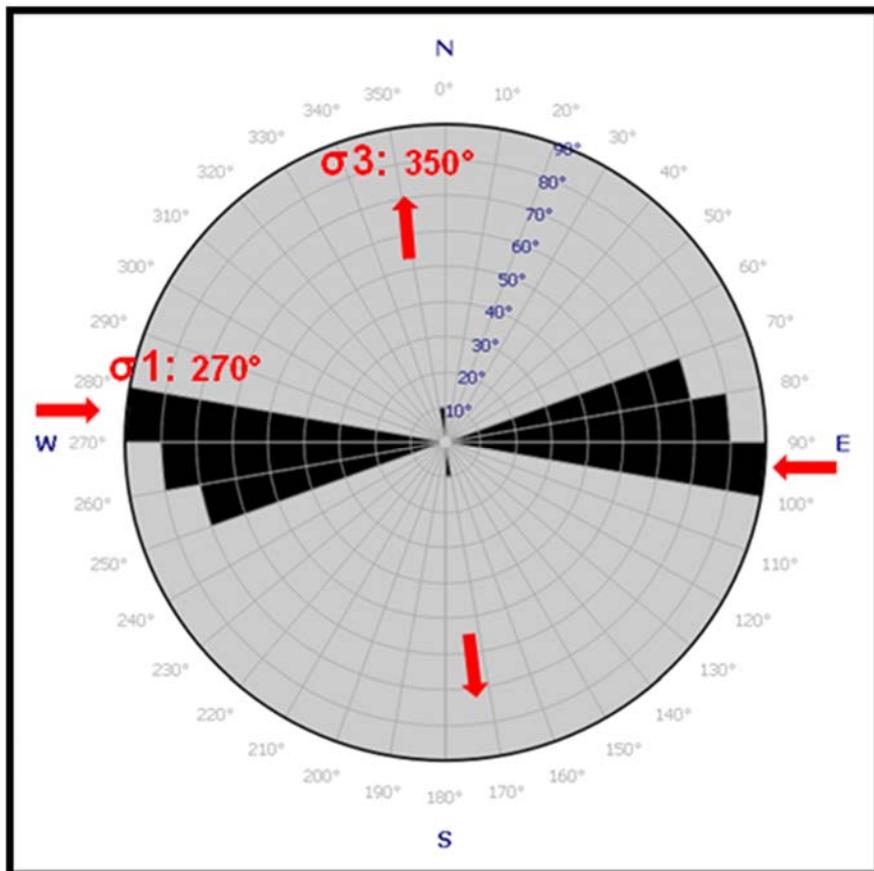


Figura N° 05: roseta de fracturas zona El Icacal, reflejando la dirección de los esfuerzos.

4.2.2. Zona de Falla Islas Peñas Cagadas.

Esta zona se encuentra enfrente de las islas Peñas cagadas al NW de Punta Brito, corresponde a un sistema de fracturas paralelas con terminación simple, acompañado de una falla de tipo normal localizada. En las coordenadas E: 609682-N: 1254854, E:609770-N:1255100, E:609694- N:1254868, E:609689-N:1254811, se encuentran fracturas y fallas en los diferentes cortes del área.

En la foto N° 20, se observan una serie de fracturas verticales y conjugadas reflejando estructura R y P, además de una falla de tipo normal el cual desplaza una capa de arenisca meteorizada superficialmente de color café la cual se observa en la parte superior, además de una falla supuesta formando una estructura de fosa.

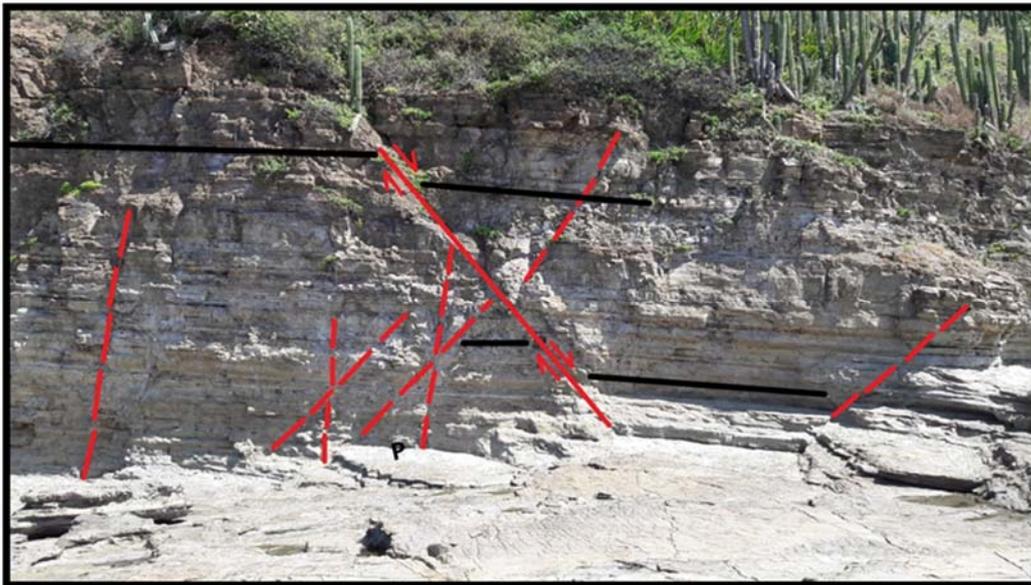


Foto N° 20 fracturas verticales, estructuras conjugadas en R y P, falla de tipo normal desplazando lentes de calcitas y areniscas 10 cm desplazamiento. (Coordenadas: E: 609689, N: 1254811, H: 1 msnm).

En la fotografía anterior podemos observar la falla con rumbo de N40°W con un buzamiento de 45° al SW. Mientras que en la foto N° 21 se aprecia un afloramiento que se encuentra a 30 metros de la falla normal foto N° 20, en donde se aprecia 5 fracturas en forma de domino, reflejando una geometría de pilar, estas fracturas presentan un buzamiento de 25° al NE y SW. Estas fracturas se hallan alineadas con las Islas Peñas Cagadas.



Foto N° 21: Fracturas con terminación simple y paralelas entre sí con una dirección de buzamiento opuesto. (Coordenadas: E: 609694, N: 1254863, H: 3msnm).

Las fracturas presentan un rumbo de N 80°W buzamiento de 40 NE, y la fractura de lado derecho N30°W, buzamiento de 40°SE. Los diferentes datos estructurales presentan una variada similitud en un rango entre los 30° y 70° con dirección preferencial al NE. En la tabla 3 se aprecia estos datos estructurales. Mientras en la figura N° 8 se aprecia la roseta direccional de los esfuerzos.

Tabla 3: Datos direccionales estructurales (Rumbos) Peñas cagadas.

N60°E	N30°W	N40°W
N70°E	N60°E	N60°E
N60°E	N30°W	N40°W

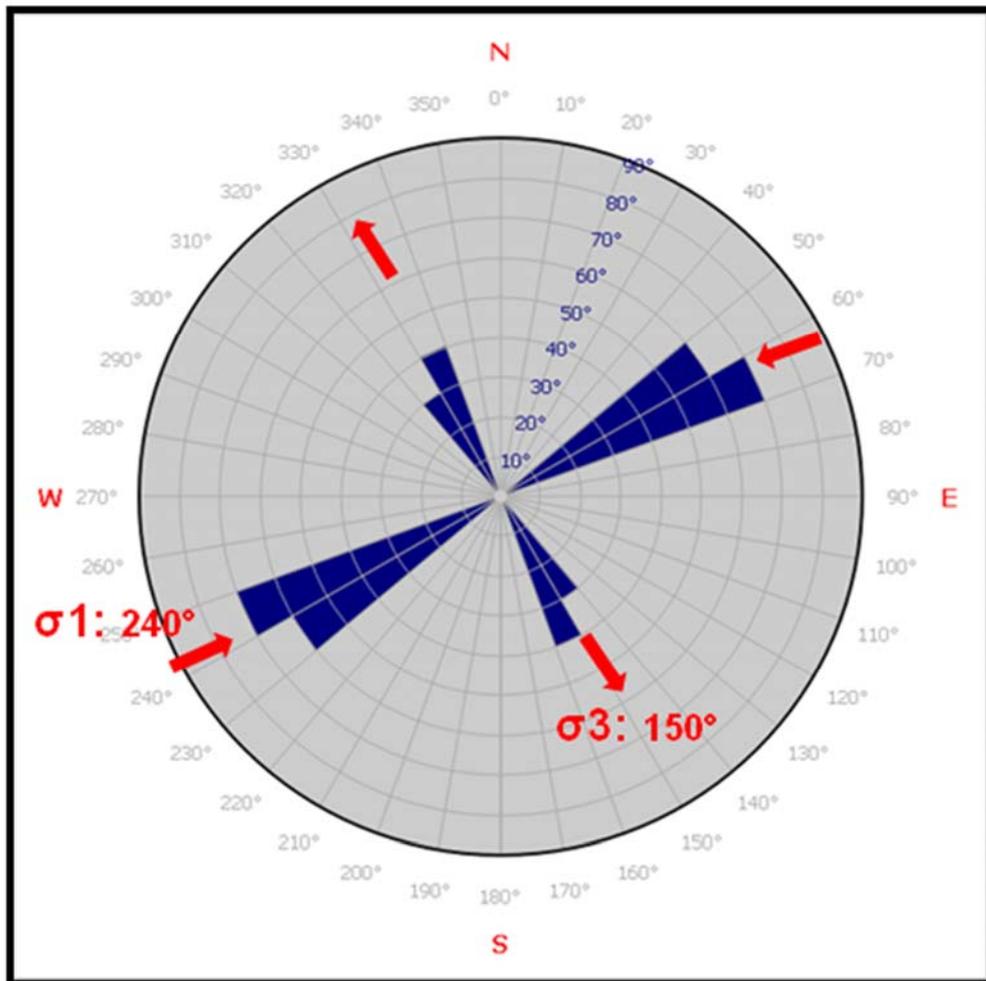


Figura N° 6: Roseta de fracturas plasmando la dirección de los esfuerzos en dirección NE-SW. Zona de falla Islas Peñas Cagadas.

4.2.3. Zona de Falla Punta Brito

Esta zona comprende más de 600 m, en donde se aprecia una serie de fallas y fracturas rellenas por calcita, estas estructuras se presentan generalmente de forma paralela y con terminación simple, con predominación de fallas de tipo normal y fracturas verticales e inclinadas y paralelas. A continuación, se describen las diferentes fallas pertenecientes a esta zona.

Falla Brito 1: Se trata de una falla de tipo normal con Rumbo de N10°E con buzamiento de 70° en dirección SE con terminación simple, estas estructuras están

rellenada por carbonato de calcio con un espesor de 2 cm. En la foto 22 se observa esta estructura.

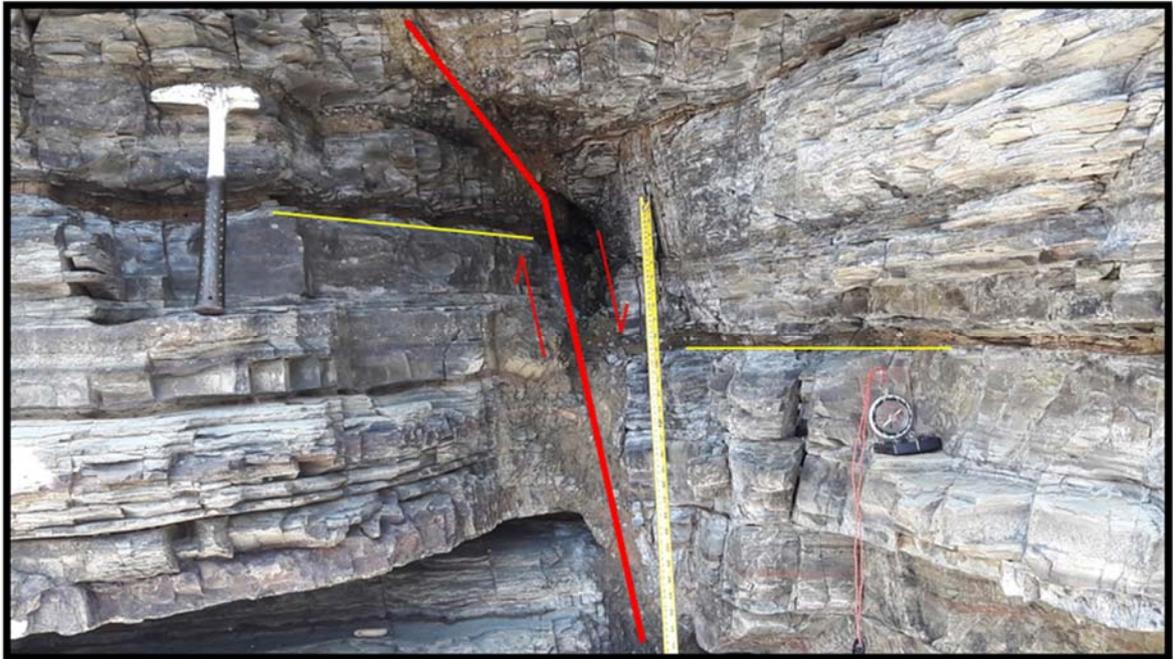


Foto N°22: Falla Brito 1 se trata de una falla normal rellena por material clástico y rico en calcio desplazando rocas areniscas los indicadores de desplazamiento se trata de capas con erosión diferencial. (Coordenadas: E: 610802, N: 1254441, H: 3msnm).

Fallas Brito 2: se trata de una zona de 10 m, en donde se hallan dos fallas de tipo normal y una fractura estas tres estructuras se hallan paralela con terminación simple y en forma de domino, estas se observan que sus planos de falla y fractura continua mar adentro. Las estructuras presentan un rumbo de N20°E con un ángulo de buzamiento de 30° al S y la falla que se observa en la foto N° 23 se localiza vertical desplazando 5 cm estratos de areniscas mientras que la falla que se encuentra en la parte central desplaza otros 5 cm a como se observa en la foto N° 23.

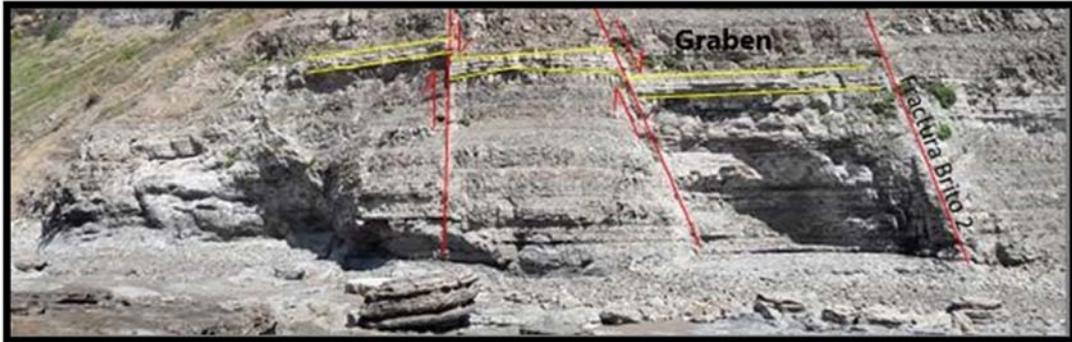


Foto N° 23: Geometría simple de fallas normales y fractura paralela a las fallas con terminación simple. (Coordenadas: E: 611028, N: 1254243, H: 1msnm).

En la foto N° 24 se aprecia con detalle la continuidad de la fractura Brito 2 en donde se encuentra con las costas del océano Pacífico. Conjuntamente en los alrededores se observan estructuras conjugadas verticales con terminación simple, en el piso de la costa constituido de areniscas puras y calcáreas correspondientes a la Formación Brito, estas estructuras se muestran en la foto N° 25.

Las estructuras conjugadas y sigmoides son muy abundantes en las costas del área de estudio en la foto N° 26 se aprecia un sistema de sigmoides en los límites de Brito y El Naranjo.



Foto N° 24: Fractura Brito 2 reflejando su continuación sobre el afloramiento en corte y sobre la costa en planta (Coordenadas: E: 611028, N: 1254243, H: 3msnm).



Foto N° 25: Estructuras conjugadas a 50 metros de falla Brito 2, estas estructuras son comunes de encontrar a lo largo de la costa de Brito. N50°E N10°W (Coordenadas: E: 610802, N: 1254441, H: 1msnm).



Foto N° 26: Presencia de sigmoides y fracturas. Afloramiento rocosa de areniscas en planta sobre las costas de Brito y Narango (Coordenadas: E: 611194, N: 1253980, H: 2msnm).

Falla Brito 3: Se trata de una falla de tipo normal con terminación simple, con rumbo de N50°E con ángulo de buzamiento de 20° hacia el SE, con desplazamiento de 5 cm, el indicador principal corresponde a una arenisca que en su parte inferior presenta una lámina meteorizada la cual presenta una discontinuidad en su horizonte este se observa en la foto 27.

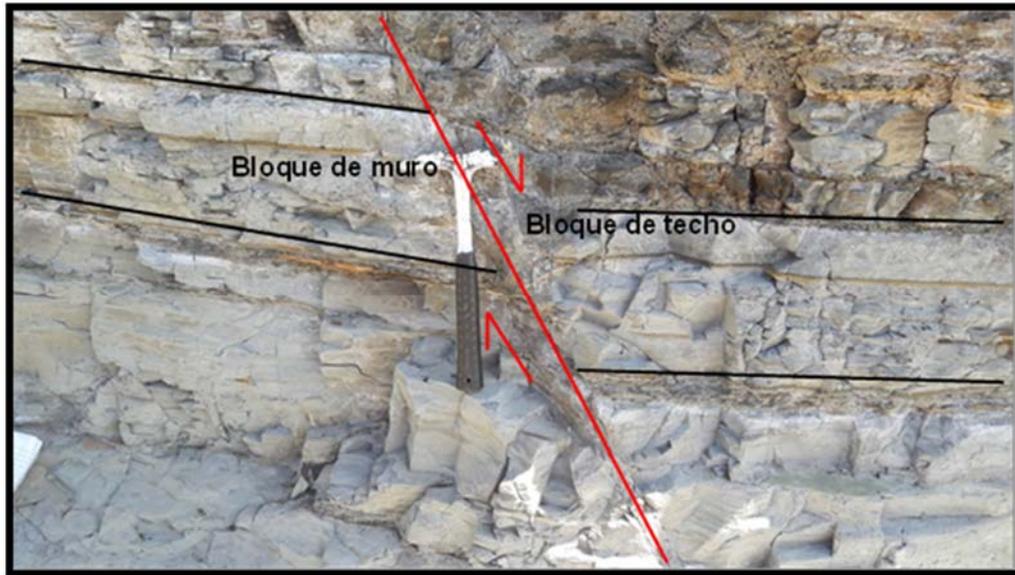


Foto N° 27: falla Brito 3 falla de tipo normal con 5 cm de desplazamiento. (Coordenadas E: 611124, N: 1254183, H: 2msnm).

Falla Brito 4: Corresponde a una falla de tipo normal con terminación simple, el Rumbo de la falla Brito 4 es de N70°E con un ángulo de buzamiento de 45° hacia el NW. Con un desplazamiento de 10 cm los indicadores corresponden a 2 areniscas con erosión diferencial. En la foto n° 28, se muestran dicha falla en el afloramiento correspondiente en las coordenadas 611140-1253995-6 m s n m, y se observa el Desplazamiento provocado por la falla Brito 4.

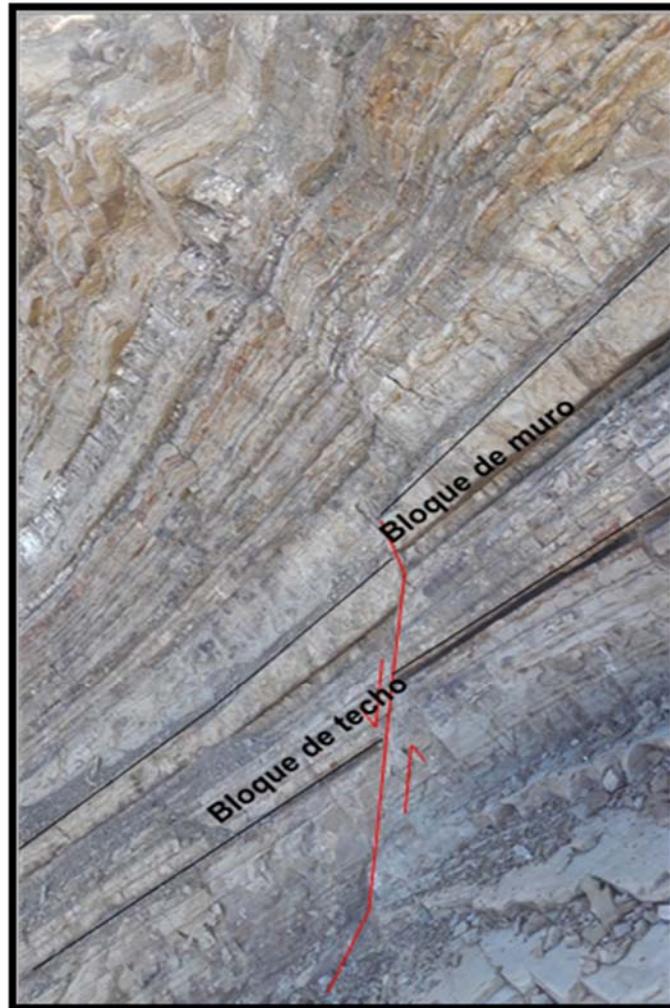


Foto N° 28: Falla Brito 4 de tipo normal desplazando capas de areniscas con erosión diferencial con 10 cm de desplace (Coordenadas: E: 611140, N: 1253995, H: 6msnm).



Foto N° 29: continuidad de falla Brito 4 donde el plano de falla se extiende hasta mar adentro.

Falla Brito 4 se extiende desde la parte superior del afloramiento foto 28, hasta la base en donde se presenta en forma de una grieta que se extiende hasta las profundidades del océano Pacífico a como se manifiesta en la foto 29.

Falla Brito 5: Corresponden a dos fallas normales paralelas con terminación simple separadas entre sí, presentan un rumbo de N80°E con un ángulo de buzamiento de 45° hacia el SW. Presentan un desplazamiento de 8 y 5 cm, las dos fallas se encuentran en forma escalonada buzando en la misma dirección y basculadas en el mismo sentido. En la foto 30 se reflejan estas fallas.

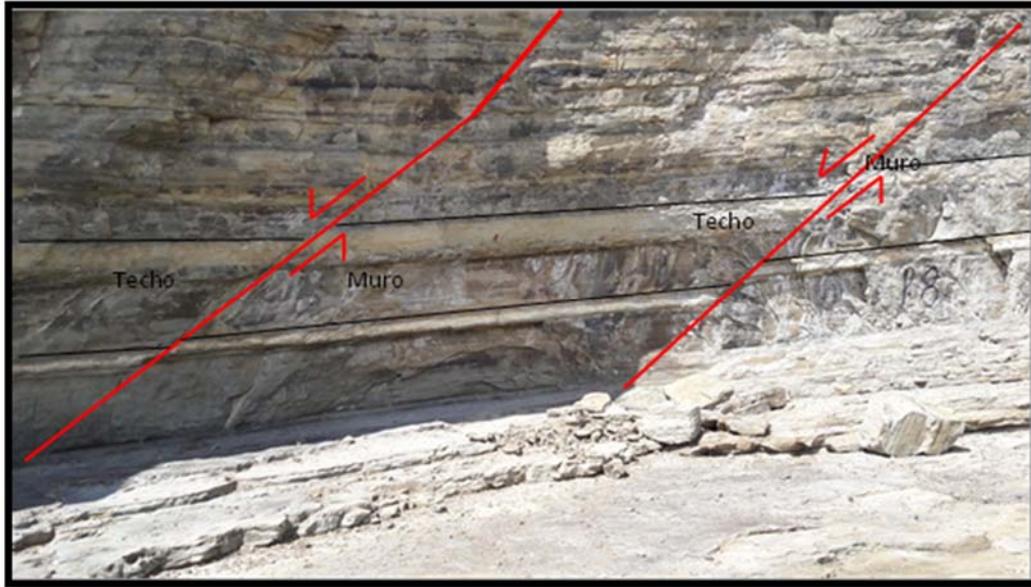
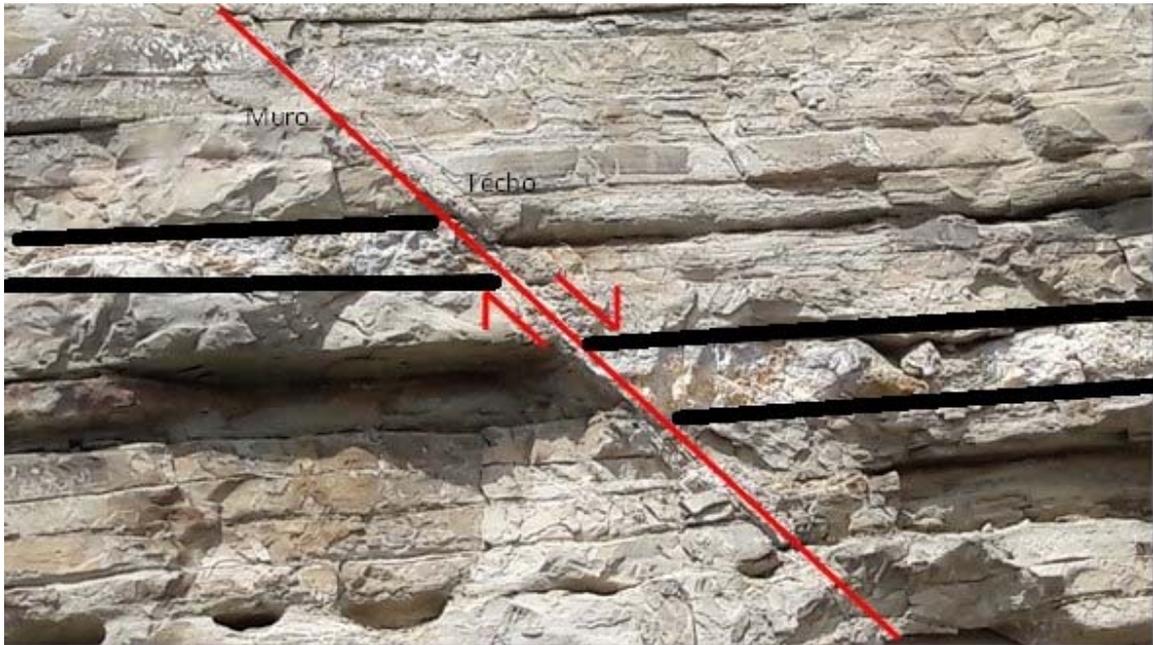


Foto N° 30: Fallas Brito 5 corresponde a 2 fallas normales paralelas (localizada en las coordenadas: E: 611186, N: 1253949, H: 1msnm).

Falla Brito 6: Se trata de una falla de tipo normal con fracturas paralela con rumbo de N10°O con ángulo de buzamiento de 45° al NE, con un desplazamiento de 18 cm el estrato o capa con discontinuidad corresponde a una arenisca calcárea, el plano de falla se encuentra relleno por calcita. En la foto 31 se refleja la falla Brito 6.



*Foto N°31: Falla Brito 6 falla normal desplazando 18 cm una capa de areniscas calcárea.
(Coordenadas: E: 611306, N: 1254083, H: 4msnm).*

Falla Brito 7: Se trata de una zona donde se encuentran diversas fallas de tipo normal con un ángulo de buzamiento de 45° hacia el SE, presentan terminación simple en escalones y fracturas, estas tres estructuras se encuentran paralelamente con la falla de Brito 6, las fallas de Brito 7 presenta un rumbo de $N50^\circ E$ donde refleja cierta abertura entre sus planos producto de la acción hídrica ejercida por las mareas formando grietas. En la foto 32 se aprecia la distribución de esta zona estructural.



Foto N°32: relación del paralelismo de las estructuras tanto de falla y fractura.
(Coordenadas: E: 611214, N: 1254025, H: 2msnm).



Foto N°33: Falla Brito 7 mediciones de rumbo aparente. (Coordenadas: E: 611399, N:
1254066, H:2msnm).

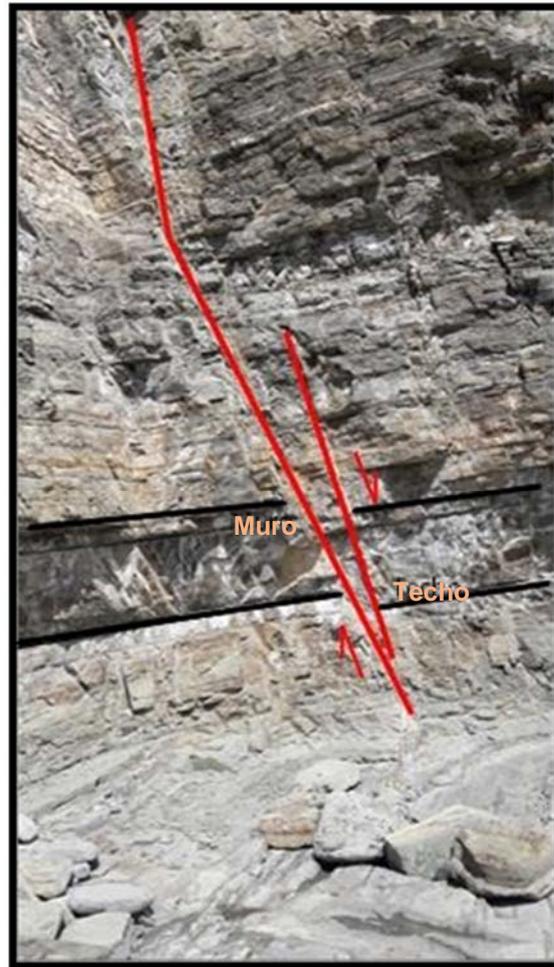


Foto N° 34: Falla Brito 7.1: falla de tipo normal desplazando 8 cm a una arenisca pura en las (coordenadas E: 611207, N: 1254017, H: 3msnm).

En foto 35 se aprecia la falla Brito 7.2: falla de tipo normal con rumbo N90°E, se encuentra vertical y desplaza aproximadamente 5 cm una capa de arenisca calcárea.

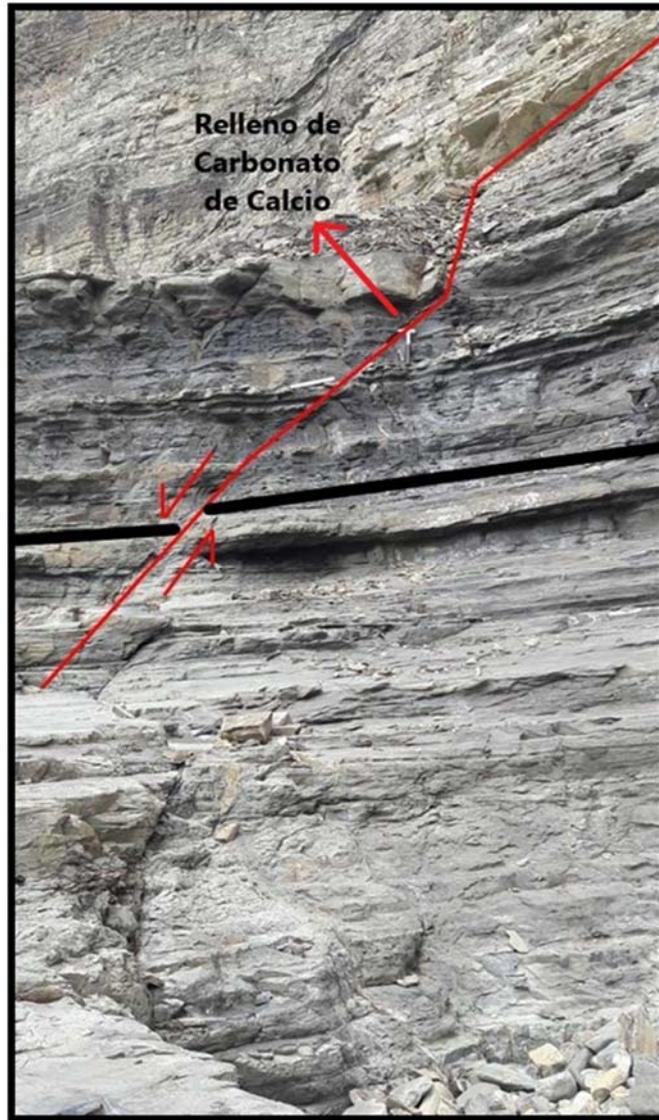


Foto N°35: Falla Brito 7-2 de tipo normal localizada en las (coordenadas E: 611257, N: 1254076, H: 4 msnm).

La falla Brito 7.3 de tipo normal desplaza areniscas puras meteorizadas por 5 cm, se trata de una falla con terminación simple. Ubicada en las Coordenadas 611249-1254057-25 m s n m a pocos metros de las fallas Brito 7-2, 7-1 y 7.

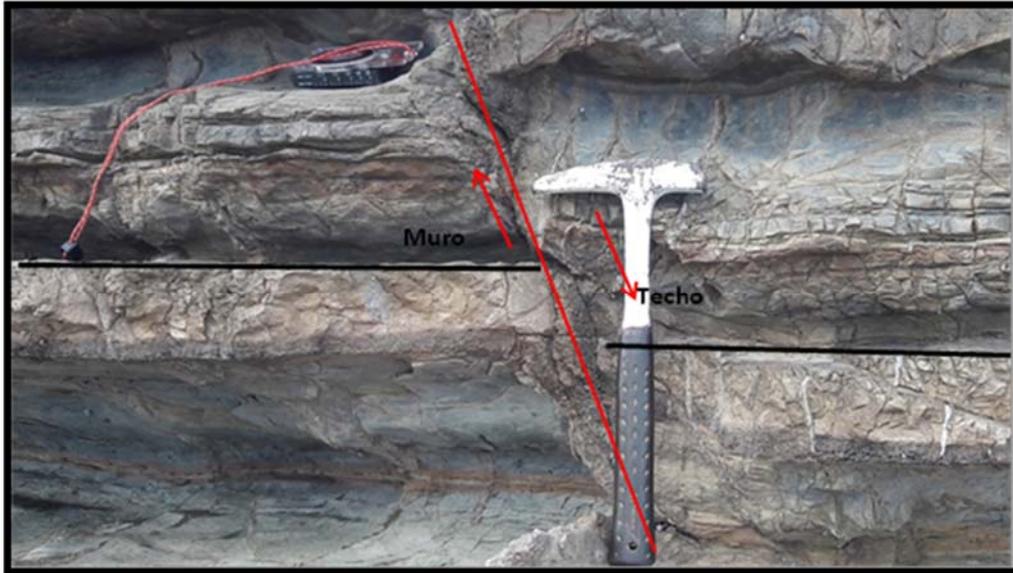


Foto N°36: Falla Brito 7-3 con rumbo de $N90^{\circ}E$ buzando 30° al SW, indicador cinemático cara de arenisca con erosión diferencial el cual presenta una discontinuidad. (Coordenadas: E:611249, N:1254057, H:25msnm).

Falla Brito 8: Corresponde a una zona de debilidad estructural compuesta por 4 fracturas paralelas verticales con terminación simple con rumbo de $S30^{\circ}W$. Estos planos de fracturas rellenos de calcita y estas fracturas se extienden en planta hasta el mar. En la foto 37 se muestra dicha zona estructural con un ancho de 50 cm. Además, en los alrededores se encuentran diversas estructuras tectónicas como pequeñas fosas o graben.



Foto N°37: zona de fracturas con ancho de 50 cm en forma de flor, además en la fotografía de derecha se observa la extensión de dichas fracturas mar adentro. (Coordenadas E: 611288, N:1254121, H:2msnm).

Se encuentran diversas estructuras tectónicas denominada como Graben Punta Brito donde se observan fallas normales formando una fosa, desplazando los estratos hasta 30 cm, el graben Punta Brito 1 se observa desplazando a rocas Areniscas Meteorizadas. ver foto N° 38.

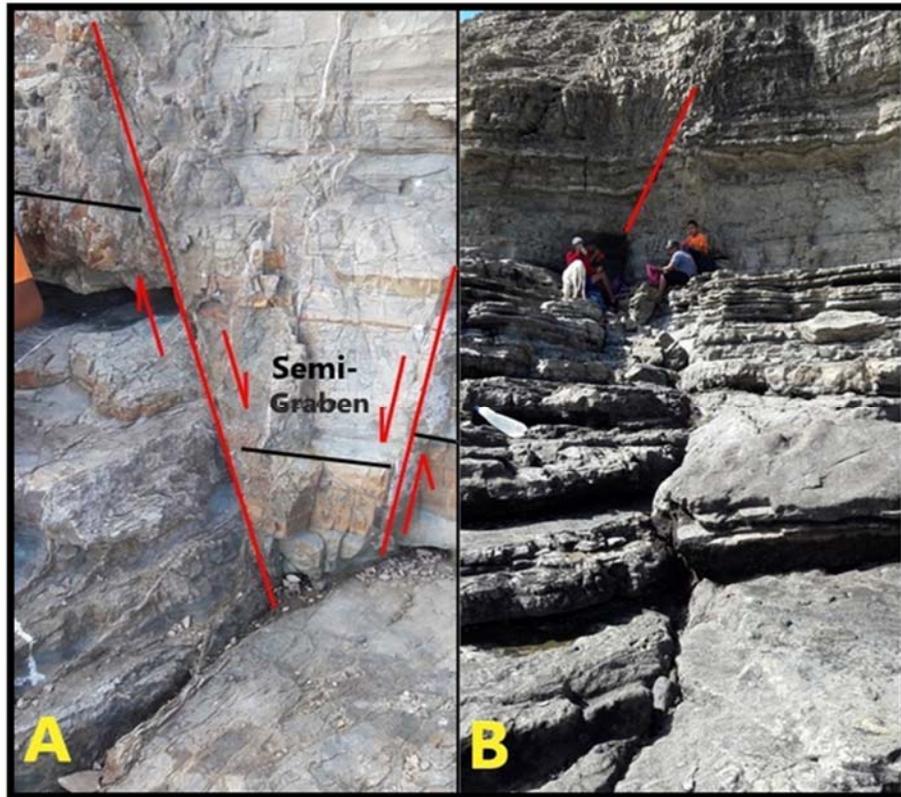


Foto N° 38. **A.** Graben Punta Brito 1 corresponde a dos fallas normales con terminación simple paralelas, con rumbos de la falla lado izquierdo $N90^{\circ}E$, 30° al NE, falla lado derecho Rumbo $S40^{\circ}W$ con 30° al NE. **B.** Podemos apreciar una panorámica del afloramiento donde a simple vista pareciera no existir dicho graben.(Coordenadas: E:611317, N:1254106, H:4 msnm).

En Punta Brito se encuentra otra estructura de graben acompañado de diversas fracturas que se aprecian en la foto N° 39 mientras que en la foto N° 39, 40, 41 y 42 se aprecia el detalle de las diferentes estructuras de la foto N° 39.

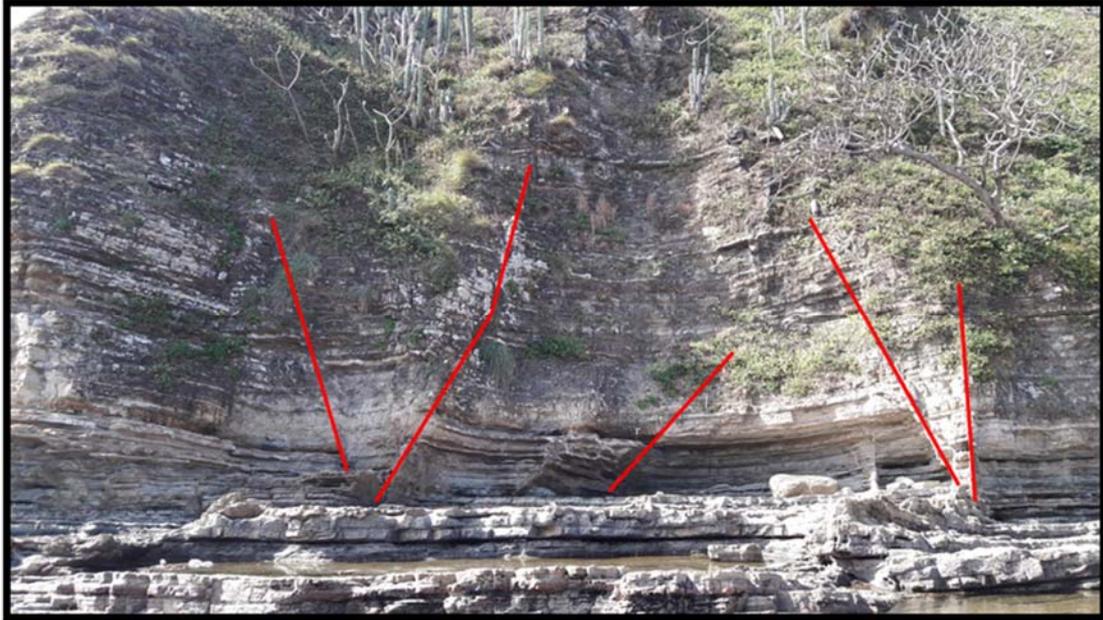


Foto N° 39: Panorámica del Graben Punta Brito 2. (Coordenadas: E: 612311, N: 1254117, H: 3 msnm).

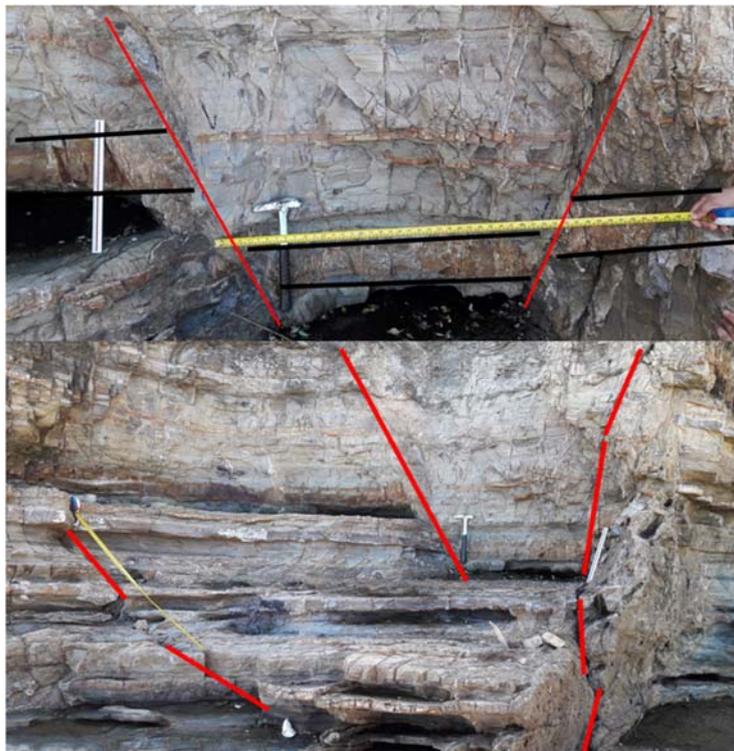


Foto N°40: detalle del Gran Punta Brito 2, con ancho de graben zona inferior de 1 m desplazando 15 cm areniscas meteorizadas. (Coordenadas: E:611311, N:1254111, H: 2msnm).

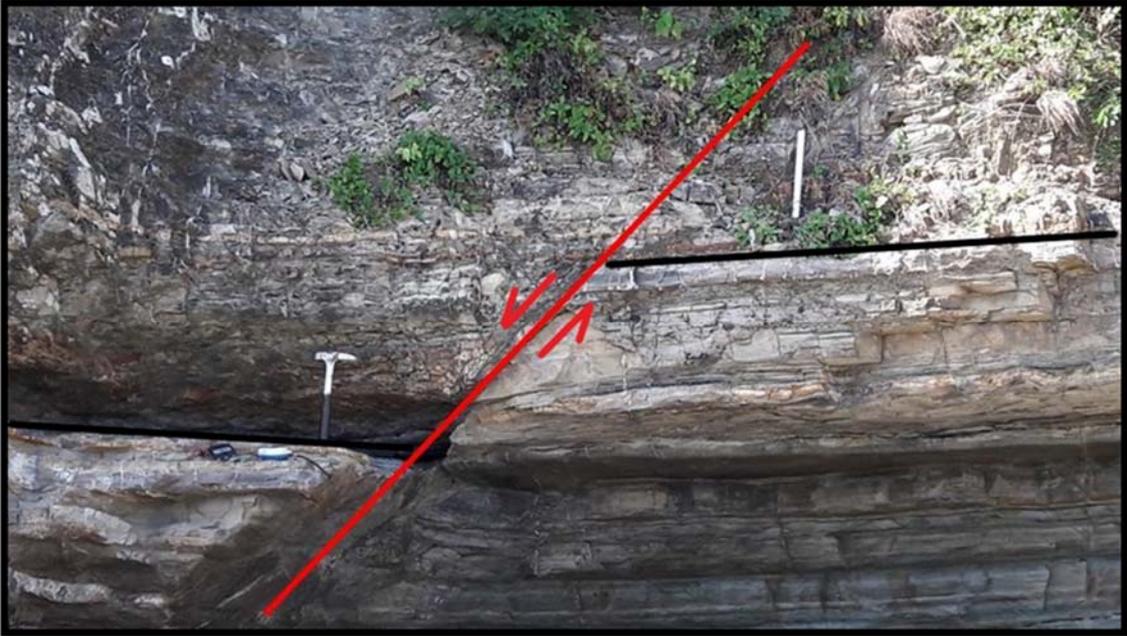


Foto N°41: falla normal localizada a 2 metros del graben Punta Brito 2. (Coordenadas: E: 611306, N: 1254113, H: 3 msnm).

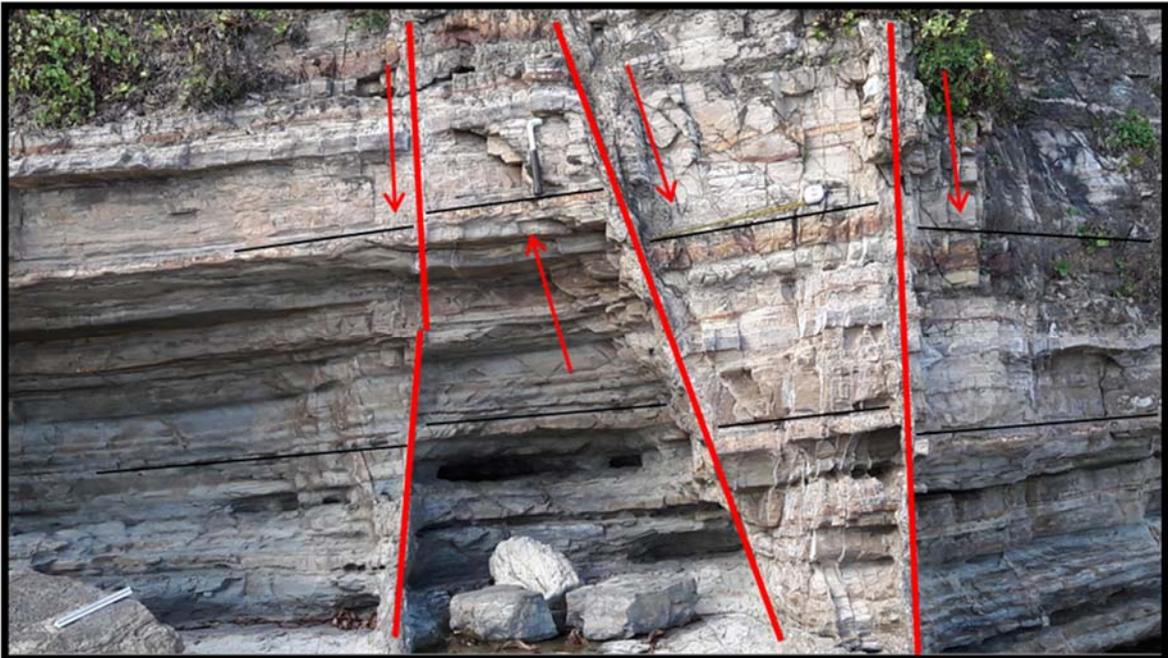


Foto N°42: fallas formando un sistema escalonado y pilar tectónico dichas fallas están paralelas con terminación simple y se encuentran a 4 m del graben Punta Brito 2. (Coordenadas: E:611302, N:1254117, H: 3 msnm).

Cabe mencionar que la zona mayor parte del tiempo se encuentra por debajo del agua.

Falla Boca Brito: Se trata de una falla que corta la cordillera de Brito en donde a los 2 metros por debajo del suelo se aprecia una arenisca de 5 cm de espesor con una discontinuidad en su horizonte, esta falla presenta una terminación simple. Esta falla coincide con una fractura plasmada en el mapa geológico de 1972.

En el mapa estructural se aprecian una línea de falla, pero esta corresponde a una zona estructural ya que en muchos casos se encontró más de una falla en un mismo sitio. La geometría de esta falla es similar a una falla listrica ya que su plano presenta cierto cambio de ángulo mientras se profundiza, pero se determinó que es una falla de tipo normal y que posiblemente esta paralela a otra falla erosionada. Esto se aprecia en la foto N° 43.

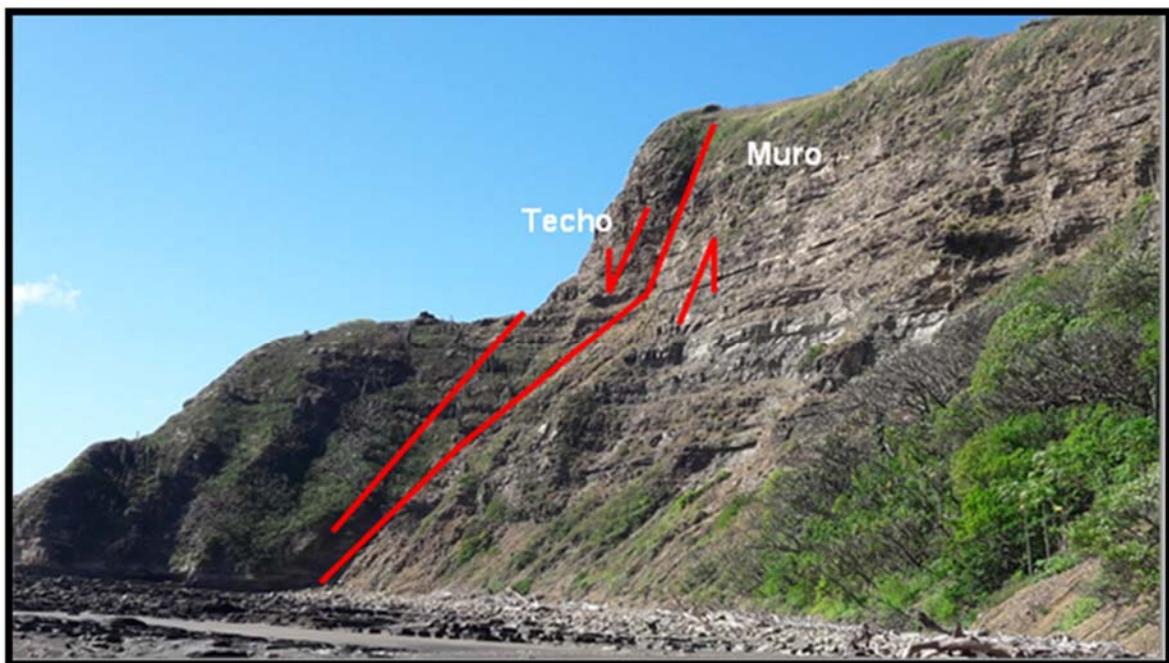


Foto N° 43: falla Boca de Brito tipo normal desplazando 50 cm a las areniscas meteorizadas. Rumbo de falla N20°W buzando 45 al NW. (Coordenadas: E: 6113305, N: 1254125, H: 4msnm).

Dicho desplazamiento se aprecia en la foto N° 44.

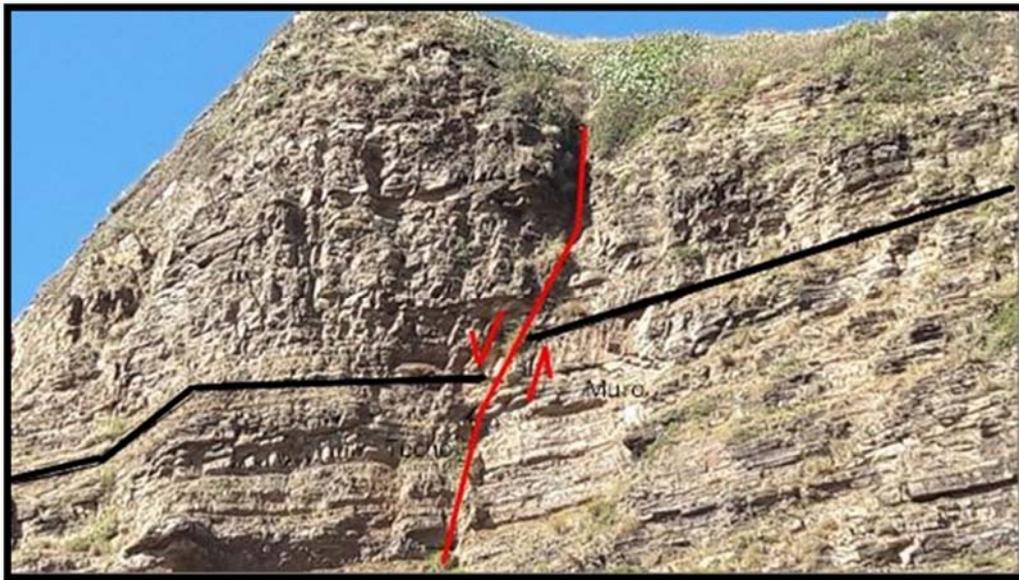


Foto N° 44: desplazamiento falla Boca Brito. (Coordenadas: E: 611291, N: 1254132, H: 35mm).

Las diferentes estructuras presentan un mismo valor estructural direccional azimut y rumbo en esta zona de punta Brito en esta zona se tomaron 36 datos direccionales de azimut y rumbo los cuales el valor azimutal se pasó a rumbo. En la figura 09 se aprecia la roseta direccional de los esfuerzos actuantes en la zona. Mientras que en la tabla 4 se aprecia los datos estructurales direccionales.

Tabla 4: Datos direccionales estructurales (Rumbos) de Brito.

N 5°W	N15°W	N50°E	N90°E	N80°W	S20°W	N10°W	N50°E	S80°E
N20°W	N70°E	N40°E	S40°W	S30°W	N50°E	N80°E	N10°E	N20°E
N10°W	N40°E	N20°E	S20°W	N30°W	S60°E	S80°E	N20°E	N40°E
N60°E	N50°W	N40°W	S40°W	S50°W	S30°W	N70°E	N10°E	S80°E

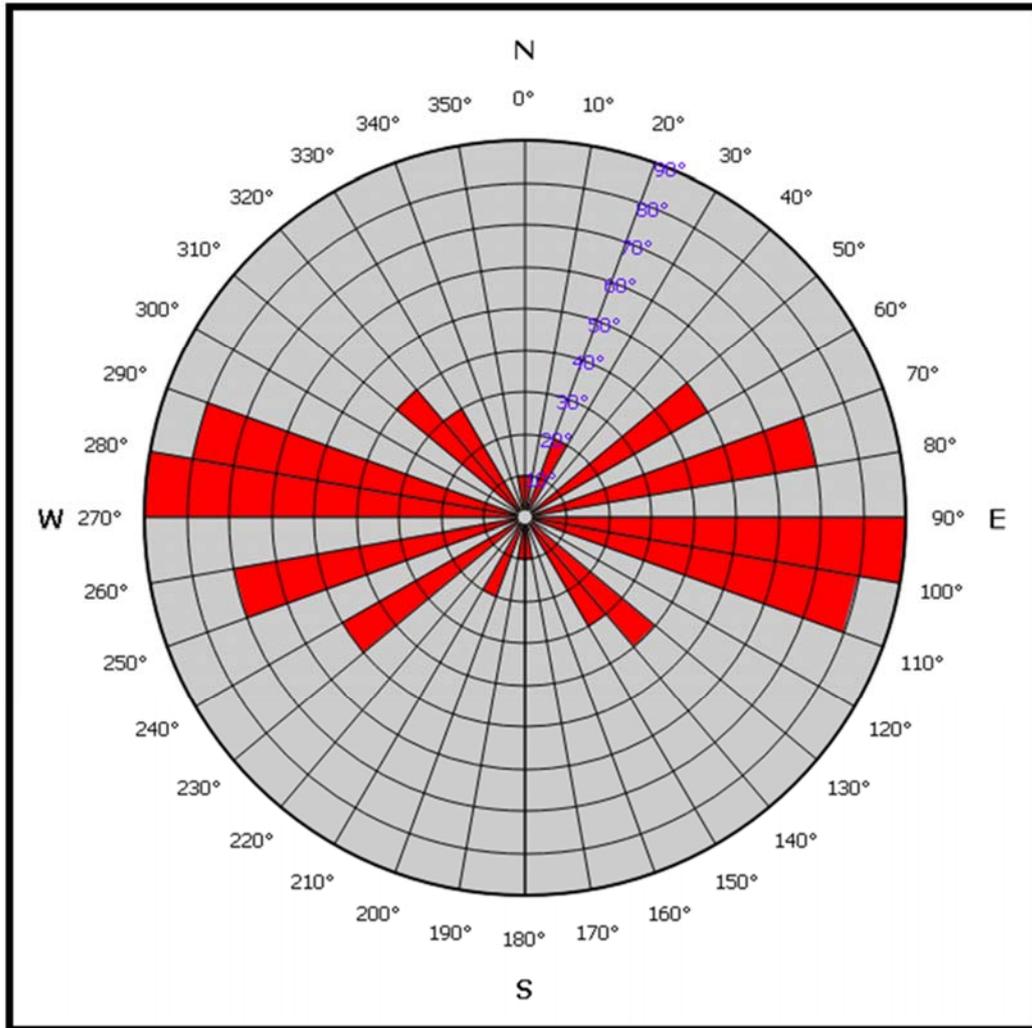
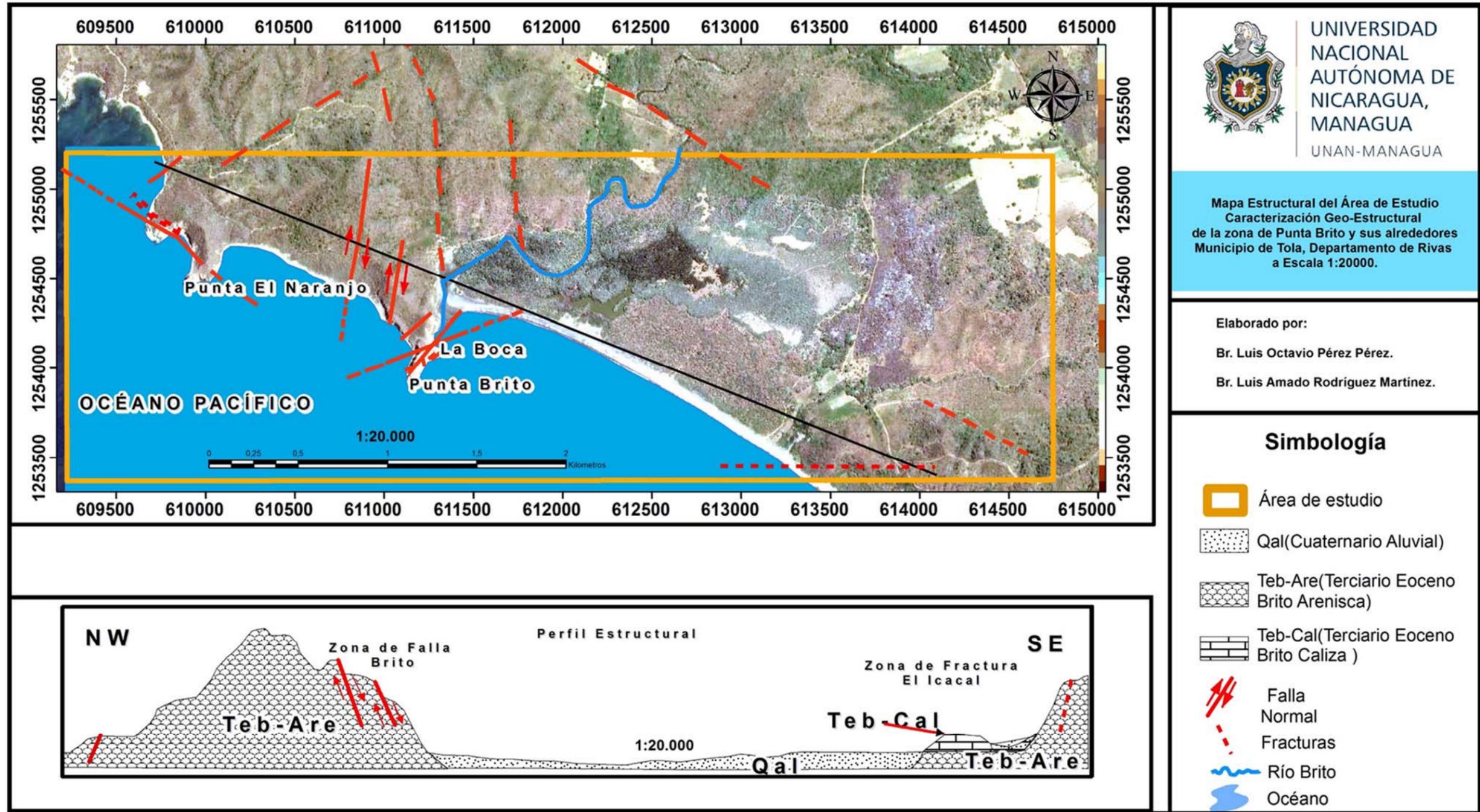


Figura N°7: Roseta de fractura plasmando la dirección de los esfuerzos en dirección NW-SE. Zona de fallas Punta Brito. Donde podemos observar la presencia de deformaciones frágiles que nos indican diaclasamiento de las rocas con dirección NE.




**UNIVERSIDAD
NACIONAL
AUTÓNOMA DE
NICARAGUA,
MANAGUA**
UNAN-MANAGUA

Mapa Estructural del Área de Estudio
Caracterización Geo-Estructural
 de la zona de Punta Brito y sus alrededores
 Municipio de Tola, Departamento de Rivas
 a Escala 1:20000.

Elaborado por:
 Br. Luis Octavio Pérez Pérez.
 Br. Luis Amado Rodríguez Martínez.

Simbología

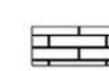
-  Área de estudio
-  Qal(Cuaternario Aluvial)
-  Teb-Are(Terciario Eoceno Brito Arenisca)
-  Teb-Cal(Terciario Eoceno Brito Caliza)
-  Falla Normal
-  Fracturas
-  Río Brito
-  Océano

Figura N°8: Mapa Estructural del área de estudio, 1: 20,000

4.2.4. Análisis estructural

El análisis estructural en base a los datos de campo como geometría y tipo de estructuras y los diversos resultados de las diferentes rosetas direccionales de esfuerzos establecen que la zona está afectada en tres segmentos estructurales o tectónicos donde la principal zona corresponde a más de 600 metros de ancho donde se encuentran diversas fallas geológicas de tipo normal y fracturas la cual se denominó zona estructural punta Brito, además esta presenta cierta coincidencia con el fallamiento de tipo normal localizado en la zona estructural Islas Peñas Cagadas la cual se delimito mediante un fallamiento supuesto (no comprobado).

La zona estructural Islas Peñas cagadas presenta una serie de fallas normales y fracturas, pero en menor extensión y cantidad la geometría de este segmento presenta la misma similitud de la zona de Punta Brito.

La zona estructural El Icacal es un área de menor extensión, dentro de esta zona no se evidencio la presencia de falla, solo zonas de fracturas paralelas, aunque existe la posibilidad de que la falla supuesta prolongada desde Islas Peñas Cagadas hasta Punta Brito atravesase de forma paralela en la costa del cerro El Icacal.

Se plantean fallas supuestas en plataforma continental asociadas a posible fallamiento de rumbo y de tipo normal ya que la prolongación de las fallas encontradas establece la continuidad de las mismas en los materiales aluviales. El análisis de rosetas direccionales de esfuerzos establece que los tres segmentos estructurales presentan una similitud en los esfuerzos que actuaron para ocasionar las diferentes estructuras tectónicas con una dirección preferencial de NE-SW.

4.2.5 Discusión.

Los desastres originados por procesos geológicos son cada vez más recurrentes a nivel mundial. Esta situación ha generado cuantiosas pérdidas humanas y materiales. Estos fenómenos geológicos están fuertemente relacionados con el espacio geográfico, así como con la dinámica de las placas tectónicas.

Actualmente a nivel mundial existen muchos estudios centrados en la parte sísmica donde monitorean día a día los que son las fallas geológicas las cuales son las causantes de los movimientos de tierra y en determinadas circunstancias provocan daños, crisis y desastres entre los ejemplos se puede destacar el terremoto en Japón el 11 de marzo de 2011 provocó en este país miles de víctimas mortales y gravísimos escarpes radio activos (central nuclear de Fukushima). En 1663 tenemos el terremoto que destruyó León casi por completo, en el año 1844 la ciudad de Rivas fue destruida por un terremoto, en 1931 un terremoto destruye Managua causando 1500 muertos y más de US\$200 millones en daños, en 1972 otro terremoto destruye Managua provocando 10.000 muertos y más de US\$800 millones en daños.

Regionalmente la zona de estudio se ubica al margen de la cordillera de los Maribios que se extiende paralela a la costa de Pacífico, los eventos geo-estructurales comprenden una serie muy característica de rocas que forman la provincia, los cuales según Kuang son: anticlinales de rumbo NW-SE, la formación de esta estructura Tectónica fue acompañada por el surgimiento de sistemas de fallas paralelas y perpendiculares a la dirección preferencial del anticlinal, flexuras, arrugamiento y fallamiento debido a que la provincia se encuentra sobre la placa tectónica continental y próxima a la fosa mesoamericana, por lo consiguiente está sometida a constantes fenómenos sismo-tectónicos.

Darce en su descripción sobre la cuenca Sandino nos dice que durante el Eoceno, la cuenca evolucionó como una cuenca transtensiva, con la formación de un sistema de fallas normales que bordean el arco externo y que se prolonga a lo largo del sistema de fallas de Santa Elena-Escarpe de Hess, la componente comprensiva producida por la convergencia de las placas tectónicas, ha formado el sistema de

anticlinales que se ubican paralelos a la fosa con tendencia NE-SE, costafuera la sísmica revela la existencia de un alto estructural que representa el arco externo y se prolonga hacia el sur, así mismo la sísmica revela la existencia de una depresión asimétrica en la cual, tanto los flancos como el depocentro, estuvieron estructuralmente activos durante la sedimentación.

Por consiguiente, en este trabajo investigativo se pudo comprobar cierta coincidencia con trabajos realizados por Kuang y Darce, ya que el área de estudio está asociada al sistema de estructuras de las placas tectónicas, la cual se ve afectada por un sinnúmero de factores como son movimientos de las placas, erosión, fallamiento y fracturas. Llegamos a determinar mediante nuestro estudio la presencia de fallas de tipo normal con diferentes esfuerzos tectónicos, los cuales presentan una dirección preferencial NE-SW, que probablemente por la acción de estos esfuerzos den continuidad a los materiales aluviales con presencia de facturas paralelas que oscilan entre 5 y 8 cm.

Los levantamientos estructurales realizados en la zona de estudio fueron cordiales para la realización del mapa estructural y geológico de los sitios abordados en este trabajo investigativo. Estas zonas se encuentran cerca de la zona de subducción de placas lo cual son afectadas por numerosas fallas locales y regionales. A partir de este análisis estructural así como la información recopilada en gabinete y la obtenida en campo se determinaron 8 fallas y un sin números de fracturas como también encontramos indicadores cinemáticos los cuales se utilizaron como base para la elaboración del mapa estructural.

Este trabajo investigativo decidimos llevarlo a cabo en esta zona de punta Brito y sus alrededores con el fin de brindar un conocimiento más específico de esta zona ya que está siendo bastante habitada y visitada por turistas nacionales y extranjeros, en la cual no se ha desarrollado el turismo de una manera desmesurada. El objetivo de este trabajo es brindar un conocimiento del ambiente tectónico y fallas que existe en este lugar, tomando este estudio como una base para tomar las medidas necesarias al momento de construir cualquier tipo de edificación ya sean verticales como horizontales, turística, portuaria o canalera.

V. CAPITULO CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

5.1. Conclusiones

En este trabajo se logró llevar a cabo la confección del mapa geológico y estructural a escala 1:20,000, a partir del levantamiento de las diferentes unidades geológicas y estructuras presentes en el área de estudio, así como establecer la dirección preferencial de los diferentes esfuerzos tectónicos, lo cual nos permitió realizar el análisis estructural de la zona.

Al realizar la cartografía geológica, logramos comprobar, que basado en el mapa geológico existente, la composición estratigráfica está identificadas por rocas del tipo areniscas sanas, areniscas calcáreas y conglomerados, los cuales se encuentran en contacto con depósitos aluviales, ocupando mayor extensión en el área de estudio.

Con respecto a la elaboración del mapa estructural, se logró una mejor clasificación de la geología incluyendo variables estructurales que mejoraran la interpretación. En el modelo presentado a escala 1:20,000, se logró realizar la caracterización geo estructural de la zona de punta Brito y sus alrededores, donde se pudo establecer la dirección preferencial de los diferentes esfuerzos tectónicos que afectan el área, definiendo que las fallas presentes en la zona son de tipo normal con dirección preferencial NE – SW.

El análisis estructural identifico los esfuerzos principales que afecta el área, de los cuales se llegaron a establecer tres segmentos estructurales mediante las rosetas de fracturas, presentando similitud en sus esfuerzos que actuaron para ocasionar diferentes estructuras tectónicas. Además de ello llegamos a plantear fallas supuestas en plataforma continental las cuales se prolongan y establecen su continuidad en los materiales aluviales con presencia de fracturas paralelas a las que denominamos “Zona estructural Punta Brito”, sus características principales es que son de tipo normal con terminación simple, con desplazamientos que oscilan entre los 5 a 8 cm, muchas veces basculadas hacia el mismo sentido.

Los criterios, métodos y herramientas desarrollados y utilizados en este trabajo pueden ser aplicados en otras zonas, siempre y cuando se disponga de claridad sobre las implicaciones metodológicas, que en análisis heurísticos significan que los criterios mismos pueden variar de uno a otros grupos de investigadores.

5.2. Recomendaciones

Realizar estudios fuera del área para la continuidad de las diferentes estructuras establecidas en esta investigación y así obtener un mejor control de las diversas fallas que afectan la zona.

Considerar los resultados de la caracterización geo estructural del área de Punta Brito y alrededores a la hora de realizar edificaciones de gran envergadura turística hotelera, portuaria o canalera.

Efectuar metodologías geofísicas para conocer con exactitud el comportamiento tectónico en profundidad de las diferentes fallas propuestas.

Realizar estudios petrográficos, químicos, físicos mecánicos y Paleontológicos a detalle para obtener mejor información de los diferentes depósitos, para obtener una mayor caracterización de los mismos.

VI. CAPITULO-BIBLIOGRAFIA

6.1. Bibliografía.

- Astrand. (1984). Structural Interpretation of landsat Images Over Tertiary Volcanicsin Nicaragua, Centro America. SGAB Reportto SERED/INMINE and FIR.
- Belt, T., (2003). El Naturalista en Nicaragua. Tr. Jaime Incer Barquero. 1ª. Ed. Colección Cultural de Centro America. Serie Viajeros N°4.
- Burkart, B & Self, S., (1985). Extensión and Rotation of Crustal in Northern Central America and Effect on the Volcanic Arc. Department of Geology, University of Texas., Page. 22 – 26.
- Carr, M., (1976). Underthrusting and Quaternary Faulting in Northern Central America. Geological Society of America. Bulletin, V 87., 825-829.
- Dengo, G., (1983). *Mid America: Tectonic Setting For the Pacific Margin From Southern Mexico to Northwestern Colombia*. Guatemala City, Guatemala.: Centro de Estudios Geológicos de América Central.
- Denyer, P., (2008). “Geología y Geotectónica de américa central y el caribe”. Apdo. 214-2060 UCR, Costa Rica.
- DeMets, C., (2001). A New Estimate for Present day Cocos-Caribbean Plate motion: Implications for Slip Along the Central American Volcanic Arc. GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. O, PAGES 0-0, M0.
- DeMets, C.*; Mattioli, G.; Jansmas, P.; Robert D. & et al., (2007). Present motion and deformation of the Caribbean plate: Constraints from new GPS geodetic measurements from Honduras and Nicaragua. The Geological Society of America, Special Paper 428, Page 21-36.

- Ehrenborg, J., (1996). A New Stratigraphy for Tertiary Volcanic Rocks of the Nicaragua Highland. *Geological Society of America Bulletin*, 830-842.
- Frischbutter, A., (2002). Structure of the Managua Graben, Nicaragua, from Remote Sensing Images. *Geofísica Internacional*, Vol. 41, Núm. 2., pp. 87-102.
- Hodgson, G., (2000). Introducción al Léxico Estratigráfico de Nicaragua.
- Hodgson, G., (2001). Geología Histórica de Nicaragua, . Managua, Nicaragua. No Editado.
- Hodgson, G., (1998). Geología Histórica Regional e Histórica Geológica Estructural Tectónica Simplificada de Nicaragua y América Central.
- INETER, 2006. Hojas topográficas; Rivas, 3050-III a Escala 1: 50,000.
- Kuang, J., (1971). *Geología de la Costa del Pacífico de Nicaragua*. Managua.: Catastro e Inventario de Recursos Naturales. Open File Report N° 3.
- La Femina P., Dixon T., and Strauch W., (2002). Bookshelf faulting in Nicaragua: *Geology*, v.30, p. 751–754, doi: 10.1130/0091-7613(2002)030<0751: BFIN>2.0.CO; 2
- McBirney, A & Williams, H., (1965). *Volcanic History of Nicaragua*. Berkeley and Los Angeles: University of California Publications in Geological Sciences. Volumen 55.
- Mills, R.A. & Hugh, K.E., (1974). *Reconnaissance Geological Map of Mosquitia Region, Honduras and Nicaragua Caribbean Coast*. America.: Assoc.Petrol. Geol. Bull. N° 58.
- Paz Rivera, N., (1964). Reconocimiento Geológico de la Costa del Pacífico de Nicaragua. In M. d. Economía., *Boletín del Servicio Geológico Nacional* N° 8 (pp. 71-83). Managua, Nicaragua.
- Weinberg, R., (1992). Neotectonic Development of Western Nicaragua.

Tectonics, Vol. 11., 1010-1017.

Zoppis Bracci, L & Del Giudice, D., (1958). Geología de la Costa del Pacífico de Nicaragua. In M. d. Economía., *Boletín del Servicio Geológico Nacional de Nicaragua*. (pp. 68- 75). Managua, Nicaragua.

ANEXOS

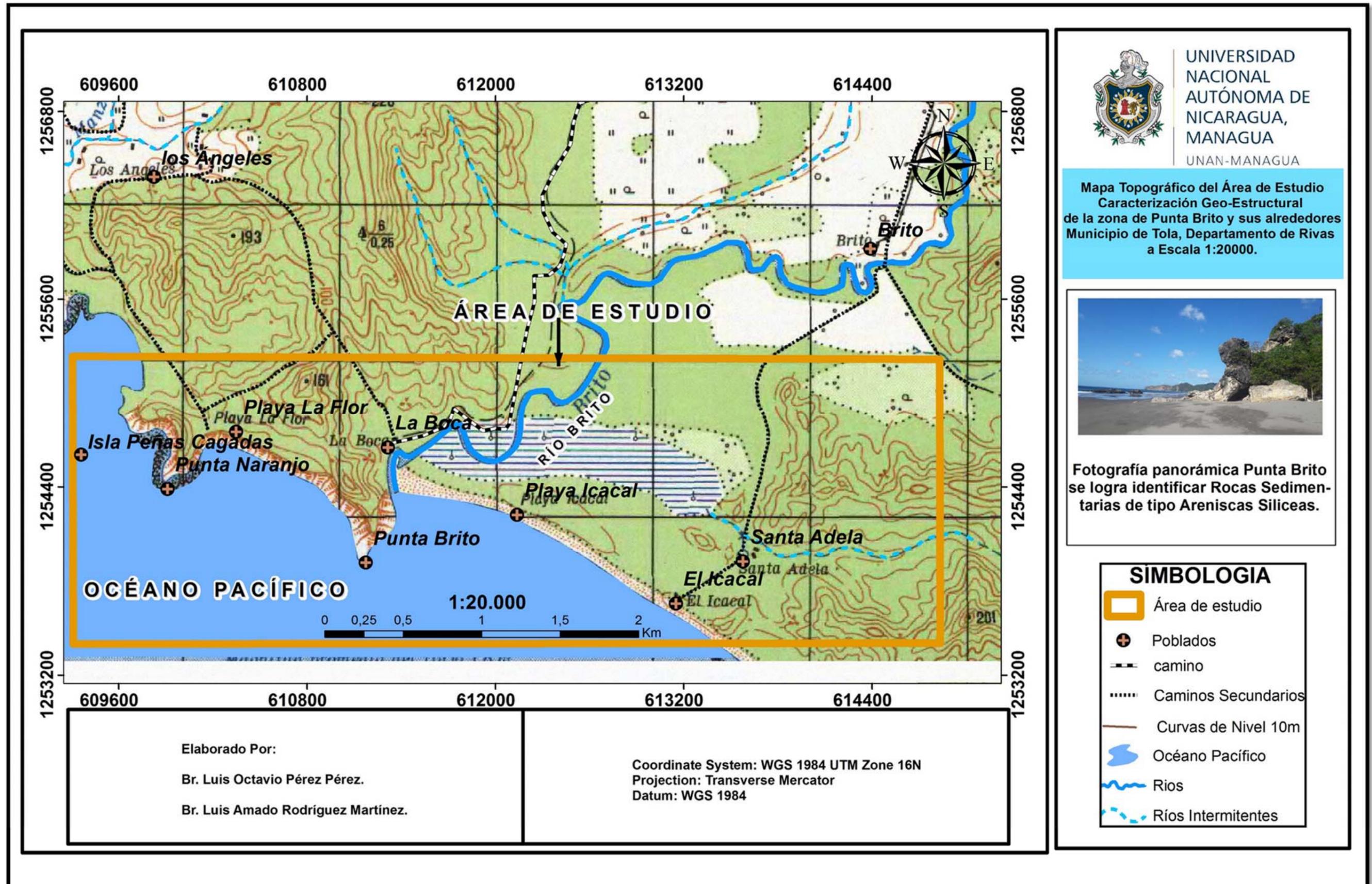


Figura N° 9: Mapa Topográfico del Área de Estudio. Escala: 1.20.000.

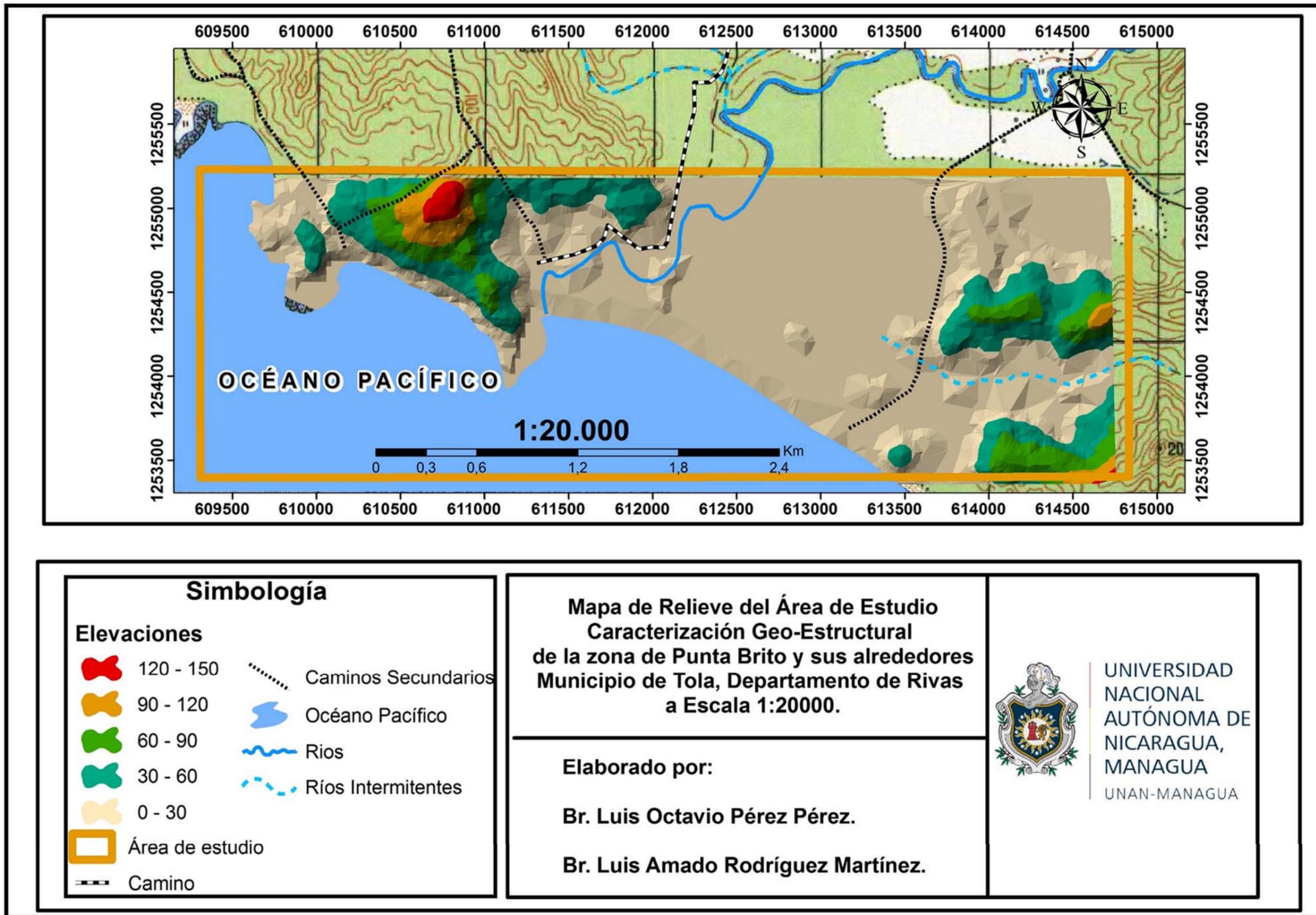
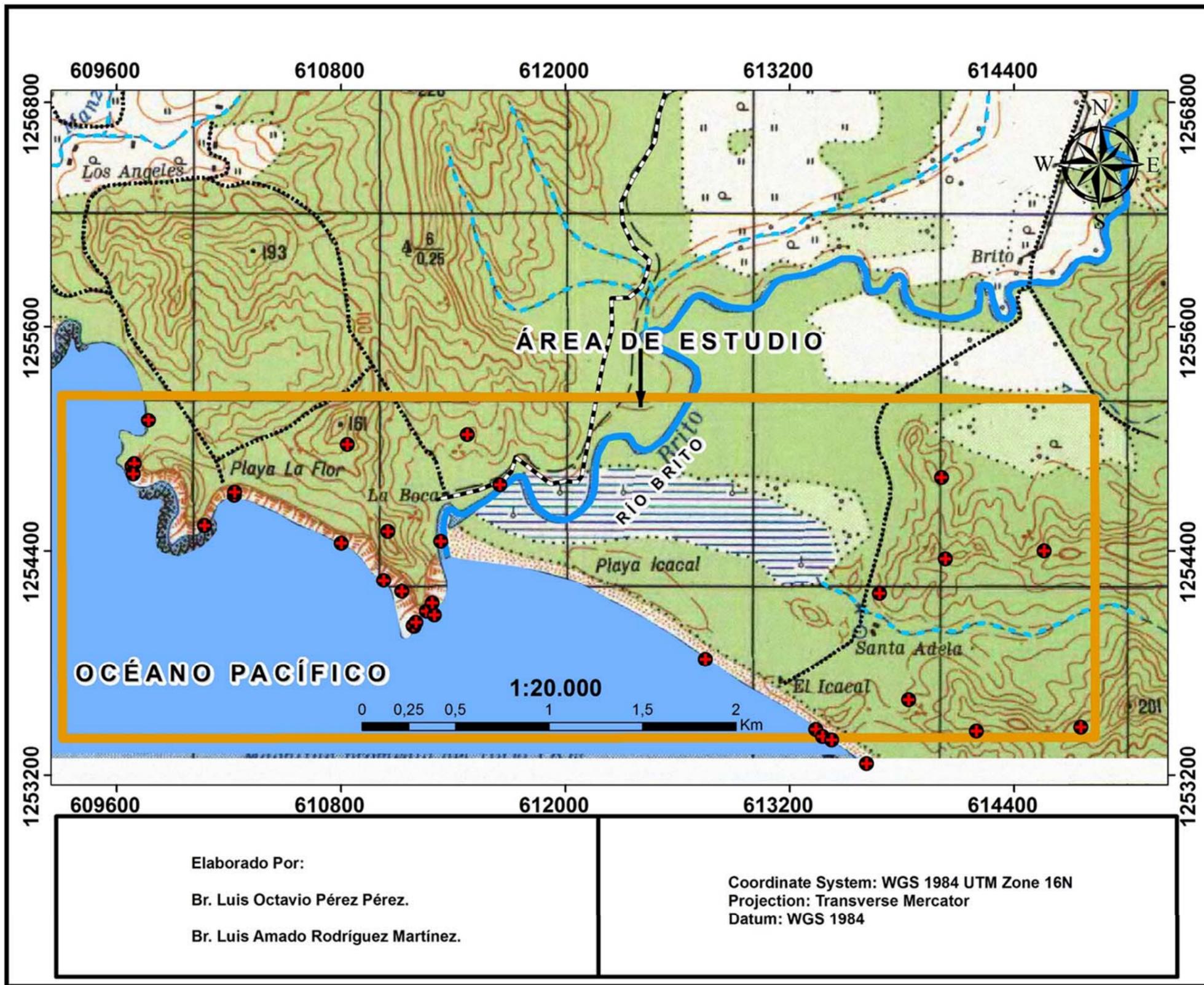


Figura N°10: Mapa de Relieve del Área de Estudio. Escala: 1.20.000.



UNIVERSIDAD
 NACIONAL
 AUTÓNOMA DE
 NICARAGUA,
 MANAGUA
 UNAN-MANAGUA

Mapa de Muestreo del Área de Estudio
 Caracterización Geo-Estructural
 de la zona de Punta Brito y sus alrededores
 Municipio de Tola, Departamento de Rivas
 a Escala 1:20000.



Mini-Graben Punta Brito se logra
 identificar las Estructuras que
 afectan la formación de rocas
 Areniscas.

SIMBOLOGIA

- Área de estudio
- + Puntos de Muestreo
- camino
- Caminos Secundarios
- Curvas de Nivel 10m
- Océano Pacífico
- ~ Ríos
- - - Ríos Intermitentes

Figura N° 11: Mapa de Muestreo del Área de Estudio. Escala: 1:20.000.