

**UNIVERSIDAD DE LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA GEOLOGICA**



**CARTOGRAFIA NEOTECTONICA DEL ÁREA
COMPRENDIDA ENTRE ESTANQUES Y LA PLAYA-
BAILADORES ESTADO MÉRIDA**

**UNIVERSIDAD
DE LOS ANDES**

Autores:

Br. Pacheco Pedro

Br. Ruiz Yuliovi

Tutor: Prof. Miguel Alvarado

Mérida, octubre de 2013

*Cuanto más grade seas mas debes humillarte, y ante el Señor hallaras gracia.
Porque solo él es poderoso y busca el homenaje los humildes.*

Eclesiástico 4, 20-21.

Primeramente a Dios Todopoderoso por darnos la vida y permitirnos conocer el mundo de la geología y hacer de esta una pasión.

A nuestros Padres, por ser el ejemplo a seguir por su motivación siempre induciéndonos a salir adelante y por el apoyo constante desde nuestra infancia para simplemente vernos tener el gozo de vernos realizados

A la ilustre Universidad de los Andes por ser nuestro segundo hogar y formadora en nuestro proceso educativo.

A la escuela de Ingeniería Geológica y a toda su planta profesoral por ser quien han sembrado en nosotros los conocimientos adquiridos y los valores para ser un buen profesional.

Al profesor Miguel Alvarado por encomendarnos esta importante labor de desarrollar este proyecto y tener la confianza en nosotros, por ser nuestro guía en cada paso a seguir.

Al ingeniero y amigo Yorman Marín por animarnos y apoyarnos, enseñándonos herramientas que hicieron posible la realización de este trabajo.

Al profesor Martin Rengifo por su colaboración y dedicación para cumplir con parte importante de esta investigación.

Al profesor Francisco Bongiorno, por su ayuda y valioso aporte para comprender puntos clave de este proyecto.

Al Señor Cesar por su gran ayuda en el reconocimiento de nuestra zona de campo y por estar siempre dispuesto a colaborar.

Al profesor Omar Guerrero por animarnos siempre a ponerle ganas y colaborar con la labor que realizamos.

A Maru por espíritu de servicio y ayuda guiándonos en todos los trámites para culminar esta etapa.

A todas aquellas personas cuyos nombres desconocemos pero que de alguna manera nos ayudaron, tanto en nuestra etapa de pre-campo, como en nuestro caminar por todos esos caminos y pueblos.

A nuestros familiares, amigos y a todas las personas que contribuyeron a la realización de este proyecto de corazón muchas gracias a que Dios les bendiga grandemente.

En la vida no existe nada mejor que contar con el apoyo de las personas amadas al luchar por alcanzar un sueño, hoy quiero elevar a Dios y La Virgen mi agradecimiento sincero por la vida, salud, por el precioso regalo de la inteligencia y por todas las oportunidades que me han presentado. A mis padres quienes siempre me han dado su ejemplo, protección y estímulo que me impulsa en la búsqueda de mis anhelos, a mis familiares y amigos, especialmente a Pedro Pacheco, mi compañero en este pequeño logro entre muchas victorias que el futuro nos depara, ya que cuando se comparte el camino con las personas queridas, la celebración es aun más gratificante...

Yuliovi Ruiz.

Ah sido largo el viaje pero al fin estamos llegando al momento tan esperado por eso agradeciéndole inmensamente a mi Dios y a mamita María, por cada paso dado para conseguir esta meta y a mis padres (Ana y Luis) abuelas (Victoria y Edelmira) y hermanas (Luisana y Adriana) por siempre confiar en mí y darme su amor y apoyo incondicional, los amo. Son muchas las personas (familiares y amigos) que me han ayudado a con seguir esta meta y muchas más las que me han inspirado a lo largo de mi vida, gracias a todos por formar parte de mi vida he ido aprendiendo poco a poco de todos ustedes y eso me ha ayudado seguir adelante en el día a día. Gracias Isamar Sofía por estar conmigo en las buenas y en las malas y enseñarme un sentido tan bonito de compartir y de servir dando siempre lo mejor de sí. Gracias a mi compañera en este Proyecto, Yuliovi Ruiz por no desfallecer ante las dificultades y por su confianza plena en todo lo que realizamos en este proyecto, el logro es compartido, fue toda una experiencia y créeme que valió la pena.

Aquí seguiremos con ganas de servir y aprender cada día más...

Pedro Pacheco.

INDICE GENERAL

INDICE DE FIGURAS.....	VI
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPÍTULO I.....	3
GENERALIADES.....	3
1.1 Antecedentes	3
1.2 Ubicación del área de estudio.....	10
1.3 Vías de acceso.....	11
1.4 Rasgos fisiográficos de la zona de estudio.....	11
1.4.1 Fisiografía.....	11
1.4.2 Clima	12
1.4.3 Relieve.....	12
1.4.4 Hidrografía.....	13
1.4.5 Suelos.....	14
1.5 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
1.6 OBJETIVOS.....	16
1.6.1 Objetivo General:.....	16
1.6.2 Objetivos Especificos:.....	16
1.7 JUSTIFICACIÓN.....	16
1.8. Alcance y Limitaciones.....	17
1.8.1 Alcance.....	17
1.8.2 Limitaciones.....	18
CAPITULO II.....	19
MARCO TEÓRICO.....	19
2.1 Neotectónica y Paleosismología.....	19
2.1.1 Neotectónica.....	20
2.1.2 Paleosismología.....	24
2.2 Rasgos geomorfológicos que evidencia fallas activas.....	21
2.5. Cuaternario.....	22
CAPITULO III.....	28
METODOLOGÍA.....	28
3.1 Etapa Pre-Campo.....	29
3.1.1 Revisión de información acerca de trabajos desarrollados anteriormente en el área de estudio.....	29
3.1.2 Análisis de fotografías aéreas.....	29
3.2 ETAPA DE CAMPO.....	31
3.2.1 Reinterpretación de vistas aéreas.....	31
4.3. ETAPA DE OFICINA.....	32
3.3.1 Recopilación de la información	32
3.3.2 Cartografía de falla	32
3.3.3 Interpretación de datos obtenidos.....	32

3.3.4 Redacción del informe final.....	32
CAPITULO IV.....	33
Marco Geológico.....	33
4.1 Contexto Geodinámico.....	33
4.2 Los Andes Venezolanos y su Geología Regional.....	35
4.3 Falla de Boconó.....	40
4.4 Cuaternario en los Andes Venezolanos.....	43
Capitulo V.....	47
Sismicidad Histórica e Instrumental.....	47
5.1 Sismicidad histórica e instrumental.....	47
5.2 Mecanismos Focales.....	52
CAPÍTULO VI.....	55
RESULTADOS.....	554
6.1 INTERPRETACIÓN GEOMORFOLÓGICA DE LA FALLA DE BOCONÓ EN EL ÁREA DE ESTUDIO.....	555
6.2 MODELOS DIGITALES DE ELEVACIÓN.....	87
6.3 CARTOGRAFÍA NEOTECTÓNICA.....	90
CAPÍTULO VII.....	91
ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	91
7.1 MODELO ESTRUCTURAL.....	91
CORTES GEOLÓGICOS.....	97
CONCLUSIONES.....	100
RECOMENDACIONES.....	102
REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	103
ANEXOS.....	111
Anexo 1. Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y La Playa de Bailadores.....	112
Anexo 2. Mapa de Sismicidad Instrumental con sismos de magnitud conocida en el periodo 2000 -2013 en el área entre Estanques y La Playa de Bailadores.....	113
Anexo 3. Corte Geológico A-A´.....	114
Anexo 4. Corte Geológico B-B´.....	115
Anexo 5. Corte C-C´.....	116
Anexo 6. Corte D-D´.....	117

INDICE DE FIGURAS Y TABLAS

FIGURA 1. Ubicación de la zona de estudio estado Mérida. Imagen Spot falso color banda 4,3,2.	10
FIGURA 2. Vías de acceso a la zona de estudio (identificada con rectángulo de color rojo), imagen tomada de google earth.....	11
FIGURA 3. Evidencias directas de actividad tectónica. diagrama idealizado donde se muestran los principales rasgos geomorfológicos, diagnósticos de actividad tectónica. (modificado de wesson ET AL., 1975).	21
FIGURA 4. Rasgos geomorfológicos indirectos que evidencian una falla activa. (Audemard F ET AL, 2006).....	22
FIGURA 5. Esquema metodológico a seguir en la elaboración del proyecto de investigación.	28
FIGURA 6.1. En esta fotografía aérea a escala 1:25000 se puede apreciar el tramo comprendido entre estanques y el sector san felipe y los distintos rasgos de la falla en esta zona.	56
FIGURA 6.2 Vista desde el alto del anís, donde se puede observar el distribuidor de estanques y el rumbo que toma la traza en el sector santo domingo.....	57
Figura 6.3 Berma de falla que denota el paso de la misma en el sector de Estanques. BF: Berma de Falla.....	58
FIGURA 6.4. Facetas triangulares evidenciadas. Sector portachuelo.	58
FIGURA 6.5. Entrada hacia una pequeña hacienda ubicada en el portachuelo, donde se logró evidenciar el escarpe de falla sobre el terreno y su desnivel.....	59
FIGURA 6.6. Se logra observar la trinchera de falla (carretera) y a su alrededor el escarpe y contra escarpe de falla con un ángulo aproximado de 80°. Coordenadas: N933902, E216102.	59
FIGURA 6.7. En la vista panorámica se logra observar la presencia de escarpe, contraeskarpe, lomo de obturación y la traza de la falla de boconó que aparentemente se encausa con el río mocoties (vía Mesa Bolívar).	60
FIGURA 6.8 En esta vista aérea que va desde el sector san felipe hasta las adyacencias de la qda. El barro se observa la presencia de ambas trazas de la falla de boconó encausadas en el valle del mocoties. En la traza de estudio se observaron varios rasgos del paso de la misma.	61
FIGURA 6.9. Se evidencia una ensilladura de falla y la traza de la misma. Ubicación: frente a la planta de gas comunal pdvsa. Coordenadas: N931940, E212820.	63
FIGURA 6.10. Escarpe de falla acompañado de una trinchera.	63

FIGURA 6.11. Escarpe de falla. Sector cercano a la planta de gas comunal.....	64
Figura 6.12. Tendencia de la falla en el sector Quebrada El Barro donde se puede apreciar el lomo de falla.....	64
FIGURA 6.13. Se aprecia un escarpe de falla en las cercanías de la cofemca sector qda. El barro. Coordenadas N931161 E211553.....	65
FIGURA 6.14. Trinchera de falla en secuencia con el escarpe observado en la figura anterior en el sector qda. El barro. Coordenadas N931078 E211413.	65
FIGURA 6.15. La fotografía aérea abarca desde las cercanías de la quebrada el barro hasta las adyacencias de la población de santa cruz de mora; en ella se demarcaron drenajes desplazados, hombreras y trincheras de falla, lomos de obturación y bermas de falla.	66
FIGURA 6.16. Hacienda en el sector la piedrota. Coordenadas: N931208, E210385.	67
FIGURA 6.17. Traza de la falla da lugar a la formación de las ensilladuras de falla.....	68
FIGURA 6.18. Vista panorámica desde la carretera hacia la población de Zea.	67
FIGURA 6.19. Se evidencia un lomo de falla generado por la traza. Ubicación: la parada el diamante. Coordenadas: n929800; E209852.	69
FIGURA 6.20. Ubicación: saliendo de la población de santa cruz hacia la vía a tovar. Se observa un lomo desplazado por la falla en dirección SO-NE....	70
FIGURA 6.21. Vista panorámica a santa cruz de mora desde la vía hacia tovar.	70
FIGURA 6.22. La fotografía aérea comprende desde el sector cuba libre (cercanías del pueblo de santa cruz mora) hasta san diego. Se observan distintos rasgos de la traza de la falla sobre la zona.	71
FIGURA 6.23. Se denota la traza de la falla en dirección so-ne, la misma da lugar a la formación de un cuello de falla. Sector cuba libre. Coordenadas: N928097, E206598.....	72
FIGURA 6.24. Se observa un lomo y escarpe de falla que dejan en evidencia la traza de la falla. Ubicación: entrada a la posada mi querencia (cercanías del sector cuba libre).	72
FIGURA 6.25. Aquí se logra observar de mejor manera el escarpe producto del paso de la falla en las cercanías de la posada mi querencia.....	73
FIGURA 6.26. Se observan rasgos geomorfológicos en la vía principal hacia el pueblo de tovar.	74
FIGURA 6.27. Terraza donde se evidencia una berma de falla producto del paso de la falla. Lugar: El tabacal. Coordenadas: N927600, E205743.	74
FIGURA 6.28 En esta fotografía se puede observar la zona donde antiguamente se encontraba una berma de falla la cual fue removida para	

realizar la construcción que observamos en la misma. al fondo se puede observar un escarpe de falla que denota el paso de la misma.....	75
FIGURA 6.29. Se observa una hombrera de falla formada por el paso de la falla. Dirección de la falla: so-ne. Lugar: SAN DIEGO.....	76
FIGURA 6.30. Se aprecia la traza de la falla en dirección so-ne, dejando como evidencia una hombrera de falla.	77
FIGURA 6.31. La vista aérea abarca desde las cercanías de el peñón hasta las adyacencias de la población de tovar. Se observan distintos rasgos geológicos sobre la zona.	78
FIGURA 6.32. La traza de la falla da lugar a un escarpe de falla y lomo de obturación.....	79
FIGURA 6.33 Zona donde se logra apreciar una aparente superficie de falla y un material muy fracturado producto del movimiento de la falla en el sector El Peñón.	80
FIGURA 6.34. La vista aérea comprende el recorrido desde la población de tovar hasta la playa de bailadores, abarca el sector denominado el volcán. Se logra apreciar la presencia de rasgos geomorfológicos que afirman la presencia fehaciente de la falla de boconó en la zona de estudio.....	81
FIGURA 6.35. Vista panorámica a tovar desde la carretera hacia la población de zea, el paso de la falla deja marcadas evidencias geomorfológicas.....	82
FIGURA 6.36 Paso de la falla por detrás del cuaternario formando una valle lineal y deslizamientos que coinciden con el paso de la traza en la zona cercana a la playa.....	83
FIGURA 6.37. Ensilladura de falla en el sector quebrada arriba.	84
FIGURA 6.38. Ensilladura de falla en la cual se denota un deslizamiento seguido de una berma en la parte más baja de la ladera. Cercanías del sector qda. Arriba.	84
FIGURA 6.39. Vista panorámica de la trinchera de falla y el lomo desplazado.	85
FIGURA 6.40. Trinchera de falla. Coordenadas: N919250, E192988.	85
FIGURA 6.41. Ensilladura de falla situada justo al lado del tanque de inos. Sector: la playa. Coordenadas: N919189, E 192827.	86
FIGURA 6.42. lado derecho del tanque de inos, se observa una ensilladura de falla.....	86
FIGURA 6.2.1 Modelo De Elevación Digital Donde Se Logra Observar El Recorrido De Ambas Trazas De Falla Y Algunos Rasgos Distintivos Que Se Pudieron Resaltar Mediante Por Medio Del Modelo. (Software Utilizado 3dem).	88
Figura 6.2.2 Modelo de elevación generado mediante el programa Arcgis 10. ArcScen 10, en el cual se puede observar un modelo en base a la topografía obtenida por medio de la imagen ASTER GDEM.....	89
Tabla 1. Sismos con epicentro en la zona de estudio y sus adyacencias desde el año 2000 a principios del 2013.....	50

Tabla 2. Datos Registrados del Sismo de Magnitud 4.2 en las adyacencias del Valle del Mocotíes el 12-01-2013.....	53
Anexo 1. Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y La Playa de Bailadores.....	112
Anexo 2. Mapa de Sismicidad Instrumental con sismos de magnitud conocida en el periodo 2000 -2013 en el área entre Estanques y La Playa de Bailadores.....	113
Anexo 3. Corte Geológico A-A' ubicado entre la zona de Estanques y la Victoria. Atravesando el sector San Felipe.....	114
Anexo 4. Corte Geológico B-B' ubicado entre la Victoria y Santa Cruz de Mora, atravesando el sector Quebrada El Barro.....	115
Anexo 5. Corte C-C' atraviesa el sector conocido como El Peñón.....	116
Anexo 6. Corte D-D' muestra la disposición de las trazas, A más al NW y B al SE.....	117

www.bdigital.ula.ve

INTRODUCCIÓN

El 80% de la población venezolana habita en regiones sísmicamente activas, donde se han generado terremotos destructores inclusive en tiempos recientes. Esta actividad sísmica es el resultado de una compleja interacción entre la Placa del Caribe que se desplaza hacia el Este con respecto a la Placa Sur Americana, a una tasa estimada de los 20 a 30 mm/año. Esta interacción genera la existencia en Venezuela de un sistema de fallas transcurrente laterales dextrales, entre las que se destaca el sistema de falla de Boconó en el occidente del país, según Pérez O y Mendoza J (1998).

La Falla de Boconó es reconocida a nivel de campo por los rasgos geomorfológicos, los cuales son producto de la acción de ésta sobre el relieve, la traza activa de esta falla nos denota rasgos de origen reciente. Su comportamiento es transcurrente dextral, se extiende por una franja de más de 500 km, su dirección en general es SO- NE y está comprendida entre las poblaciones de San Cristóbal y Morón, la cual se conecta con el sistema de pie de monte llanero colombiano a través del Sistema de Falla Chinacota-Bramon. (Audemard, 2009).

En lo que respecta a la zona comprendida entre las poblaciones de Estanques y La Playa, esta falla ha sido cartografiada en base a las geoformas que ha trazado a lo largo del relieve. En el tramo entre las poblaciones de Tovar y La Playa no se tiene una cartografía concreta de la misma, lo que no permite conocer el comportamiento de esta falla para dicho tramo.

Este es precisamente, uno de los aspectos más importantes que conlleva a realizar esta investigación. Por lo tanto, se pretende cartografiar la traza activa de la Falla de Boconó en la zona comprendida entre Estanques y La Playa – Bailadores; para ello se tomaron como evidencia todos los rasgos observables sobre el relieve de la zona, los cuales inicialmente, se ubicaron por medio de estudios fotogeológicos para posteriormente, corroborar todos estos rasgos en campo y la construcción e interpretación de mecanismos focales en el área de estudio.

Así esta investigación tiene como finalidad obtener la Cartografía Neotectónica a través del establecimiento de un modelo estructural para el área comprendida entre las poblaciones de Estanques y La Playa-Bailadores. Estado Mérida, además de contribuir con los estudios de riesgo sísmico en la región.

Este proyecto se desarrolla en siete capítulos, en los que se explica detalladamente los procedimientos llevados a cabo para el cumplimiento de los objetivos propuestos. Siendo así, en el capítulo I se establece los antecedentes, ubicación del área de estudio, vías de acceso, rasgos fisiográficos de la zona de estudio, planteamiento del problema, objetivos, alcances y limitaciones de la investigación; en el capítulo II se describen las bases teóricas que fundamentan esta investigación; en el capítulo III se muestra la metodología llevada a cabo; en el capítulo IV se hace referencia al marco geológico; el capítulo V corresponde a la sismicidad histórica e instrumental; en el capítulo VI se presenta el análisis y resultados de esta investigación. Por último se hace referencia a las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La flexura frontal surandina venezolana ha sido estudiada mediante interpretación de imágenes aéreas de distintos tipos (radar SLAR, fotografías aéreas a distintas escalas, vistas oblicuas desde helicóptero), cartografía neotectónica detallada en campo y levantamiento de afloramientos deformados frágil y dúctilmente. Igualmente, hay numerosos levantamientos sísmicos de subsuelo a lo largo de este flanco surandino adquiridos por la industria petrolera venezolana.

La cartografía de trazas de fallas activas en el área de estudio comprendida entre Estanques-La Playa, Bailadores cumple un rol importante en el registro de eventos ocurridos en la zona, prueba de ello es el Alud Sísmico de la Playa como evento cosísmico, originado a partir del terremoto de Bailadores (1610), el cual constituye la primera evidencia testimonial de impacto generado por un sismo en Venezuela. Otro aspecto importante es el represamiento del río Mocotíes, la formación de un embalse natural y su

posterior destrucción, que por su morfología alargada refleja el profundo control estructural ejercido por la zona de fallas de Boconó. Al incluir todo el fallamiento periférico del área de estudio asociado con sus desplazamientos, ésta pasa a formar parte de un Sistema de Falla (Ferrer, Laffaille y Rengifo, 1998)

En tal sentido, la zona de estudio está representada por una serie de fallas de gran magnitud y por un sistema de esfuerzos compresivos que indican deformación y se encuentran asociadas a los eventos orogénicos responsables del levantamiento andino; además, hay presencia de amenaza sísmica, lo que ha sido altamente desfavorable, ya que en la región se asienta la mayor parte de la población urbana y rural del país, también se asocian rasgos donde se desarrollan zonas de vulnerabilidad que desencadena riesgos para las actividades humanas y obras civiles.

Según estudios e investigaciones realizadas anteriormente, se muestra que es posible determinar y evaluar la actividad neotectónica de la Falla de Boconó; falla que atraviesa Los Andes merideños, usando como soporte importante el análisis e interpretación fotogeológica y las observaciones en campo.

Rod (1956a) acota que la zona de fallas de Boconó es la primera mención sobre una estructura fundamental en la cordillera de Mérida, en la cual es posible observar planos de falla y medir desplazamiento directamente en campo. El autor evidenció rasgos morfológicos neotectónicos a lo largo de la Falla de Boconó como lomas largas, angostas y bien definidas, escarpes de falla, trincheras, valles rectilíneos, lomas en forma de silla y zonas de roca triturada.

Rod et al.(1958) postularon tres tipos de desplazamientos a lo largo de la Falla de Boconó: rumbo deslizante, normal y una combinación de ambos.

Cluff y Hansen (1969) realizaron una evaluación de la actividad neotectónica de la Falla de Boconó, donde se demostró por primera vez que esta falla posee todas las características de una falla rumbo deslizante activa, observaron rasgos como depresión en forma de trinchera a lo largo de los valles alineados, desplazamiento hacia la derecha de lechos de quebradas, de terrazas y conos aluviales, además, hallaron evidencia de desplazamiento de aproximadamente 8 m en rasgos post-glaciales y de 97 m en rasgos pertenecientes a la Glaciación de Mérida, esto fue interpretado como evidencia de desplazamientos posteriores a lo largo de la Falla de Boconó.

Dewey (1972) estudió a detalle la sismicidad de la Falla de Boconó y con base en el análisis de movimientos iniciales (first motion), demostró que el desplazamiento a lo largo de la Falla de Boconó es consistente con un desplazamiento hacia el este de la placa del Caribe, con respecto a América del Sur.

Giegengack y Grauch (1972a) realizaron un reconocimiento de la Falla de Boconó y describieron la morfología neotectónica en varias localidades, representándola por una serie de valles alineados con fondos interrumpidos por lomos redondeados formados por rocas cataclásticas, terrazas y conos aluviales cortados y desplazados. Además, mencionaron pequeñas depresiones rellenas con sedimentos o lagunas, facetas triangulares, morrenas laterales cortadas y desplazadas en dirección del rumbo, drenajes desplazados y posibles lagunas glaciales desplazadas verticalmente. Estos autores concluyeron que la evidencia apoya un desplazamiento vertical

secundario paralelo al rumbo de la falla en sentido hacia la derecha. En base a dos determinaciones radiocarbónicas en sedimentos orgánicos determinaron que el último evento de fallamiento a lo largo de la Falla de Boconó se realizó aproximadamente entre 6.600 y 10.500 a.p. Todos estos datos llevaron a Giegengack et al. (1976) a considerar que la Falla de Boconó ha actuado como una fractura pasiva durante el Cenozoico tardío, la cual se acomodó a los cambios de esfuerzo en los Andes y que no representa un límite entre dos placas de la litósfera, como ha sido considerada por otros autores.

Shagam (1972) consideró que la Falla de Boconó era una extensa fosa tectónica post-paleozoica, a lo largo de la cual ocurrieron desplazamientos verticales importantes, asociados al levantamiento e inclinación de los Andes merideños durante el Terciario Tardío y el Cuaternario.

Schubert (1980a) afirma que la zona de falla de Boconó atraviesa los Andes merideños en forma diagonal, por presentar linealidad con un desplazamiento variable y una morfología en el campo de valles rectosalineados, escarpe de falla, lagunas y lomo de falla, drenajes desplazados, planos de falla verticales o con ángulo alto; siendo estos rasgos morfológicos evidencia de una falla con movimiento rumbo deslizante.

Schubert (1980b) se refiere al desarrollo de una serie de cuencas de tracción (pull apart basins) dentro de un contexto de transurrencia lateral a la derecha en la Falla de Boconó. De esta forma se podrían identificar en Venezuela una serie de cuencas de tracción no sólo en la Falla de Boconó (cuencas Las González, Mucuchíes, Boconó, Aracay y Yaracuy), sino en la zona de fallas de La Victoria (cuencas del Lago de Valencia, Santa Lucía y

Ocumare del Tuy) y en la zona de fallas del Ávila (cuenca Guarenas-Guatire) entre otras.

Las mejores expresiones del desplazamiento rumbo deslizante de la traza de la Falla de Boconó (se refiere al plano activo) precisamente se ubica en el sector comprendido entre la Laguna de Mucubají y la quebrada Zerpa (vía Barinas). En esta área se han medido desplazamientos de 60 y 100 m, desde el último retroceso de las masas glaciares, lo que implica un desplazamiento rumbo – deslizante a la derecha entre un máximo de 0,5 a 0,8 cm/año y un mínimo de 0,3 a 0,6 cm/año, partiendo de la premisa que se trata de un movimiento constante y no episódico (Schubert, 1988). De comprobarse la posible existencia de grandes bloques en rotación en este segmento de la Falla de Boconó, habría ciertas dificultades en extrapolar estas velocidades como más o menos constantes a lo largo del plano de la falla (Ferrer, 1988).

Por su parte, Ferrer, Lafaille y Rengifo (1998), cartografiaron por segmentos no continuos, específicamente, entre Tovar y las cercanías de Bailadores, evidenciando movimientos verticales y una amplia superficie constituida de rocas cataclásticas intensamente meteorizadas, presentando expresiones topográficas de fallamiento reciente.

Posteriormente, Audemard F (2002) en su publicación en el Atlas de Deformaciones Cuaternarias de Los Andes, afirma que entre la morfología de la traza activa de la Falla de Boconó en Los Andes de Mérida-Venezuela, se observan valles alineados, trincheras y escarpes de falla; siendo estos la evidencia más conspicua del sistema de empuje observado en la Falla de Boconó.

Para la determinación de esfuerzos tectónicos imperantes se debe aplicar el método de los mecanismos focales, a través del cual ha sido posible conocer los movimientos relativos de los cuerpos de roca cuando ocurre un sismo. Los análisis neotectónicos han contribuido a la delimitación de zonas de amenaza sísmica en diferentes regiones y han permitido determinar elementos morfo-estructurales que evidencian actividad reciente de fallas tectónicas.

Palme, Col y Morandi (2001) a través de la aplicación de mecanismos focales, agregaron 22 nuevas soluciones para eventos sísmicos ocurridos en el área de Los Andes merideños al norte del Páramo de Mucubají, encontrando mecanismos normales, inversos y rumbo-deslizantes, lo que indica que en esta zona el régimen de esfuerzo es transtensional.

Alvarado M. (2008) realizó la cartografía de la traza activa de la Falla de Boconó en el área comprendida entre Las González y Estanques, Estado Mérida, con el propósito de identificar sitios propicios para excavaciones paleosísmicas. El autor propuso un modelo estructural de la zona donde inicialmente, se propone un conjunto de fallas en “echelón”, correspondiente a trazas de la Falla de Boconó que originaron una depresión cortical a la que se conoce como cuenca “La González”, luego la traza de la falla evoluciona a una traza continua que toma el borde norte de la cuenca La González; sobre esta última traza observó una cuenca en tracción pequeña la cual denominó “cuenca en tracción Lagunillas”. A través de la excavación de trincheras en esta zona se pudo construir la historia sísmica del tramo de falla en estudio usando un sistema de datación radiométrica (^{14}C), pudiendo comprobar la presencia de los sismos de 1610, 1674 y 1894.

La existencia de una serie de características geológicas y evidencias estructurales refleja que la zona en estudio ha sido fuertemente influenciada por la tectónica andina, asociado a un régimen comprensivo-distensivo que trae como resultado un esquema morfológico diverso que genera como respuesta una historia tectónica variable.

Cantos y Pérez (2011) en su trabajo final de grado titulado Tectónica Activa de la Falla de Boconó en el valle de Alto Chama, Edo. Mérida, afirman que el sistema de fallas de Boconó representa el sistema de fallas más importante del país, considerándose responsable de casi toda la sismicidad de gran magnitud desencadenada en el Occidente del país y que el movimiento principal que afecta la zona de estudio es el movimiento transcurrente dextral, el cual junto a la diversidad de geometrías observadas en el relieve y al régimen de compresión al que se encuentran sometidos los Andes merideños, crean dentro del área diferentes zonas de transpresión y transtensión.

El segmento de la zona de fallas de Boconó, extremo suroeste, comprendida entre Estanques al noreste y La Grita al suroeste del sector La Playa-Bailadores, en una extensión de aproximadamente 61 km, presenta como límite dos colinas de forma aproximadamente triangular. Estos relieves marcan a su vez, dos importantes inflexiones que definen cambios de rumbos claves en la conducta geológica.

La investigación de trabajos anteriores es primordial para el cumplimiento de los objetivos planteados, ya que demuestra la factibilidad de lo que se pretende realizar, además se pueden establecer y relacionar parámetros tanto geológicos como estructurales, lo que conlleva a revelar la evolución Geológica- Estructural del área de estudio.

1.2 Ubicación del área de estudio

La zona de estudio se encuentra situada al suroeste de la ciudad de Mérida estado Mérida, entre las poblaciones de Estanques Municipio Sucre, y la población de La Playa de Bailadores, Municipio Rivas Dávila. La zona de estudio posee un área aproximada de 243 Km², desde la población de Estanques siguiendo hacia el Suroeste de la zona de estudio se encuentran las poblaciones de Santa Cruz de Mora Municipio Antonio Pinto Salinas, luego la Población de Tovar Municipio Tovar y por último, la población de la Playa de Bailadores Municipio Rivas Dávila. El área está ubicada aproximadamente entre las coordenadas UTM GWS84: N 936419; E 216956; N 936179; E 221502 en las cercanías de Estanques; N 921075; E 193125 y N 919089 E 193991 en las adyacencias de La Playa de Bailadores (Figura 1).

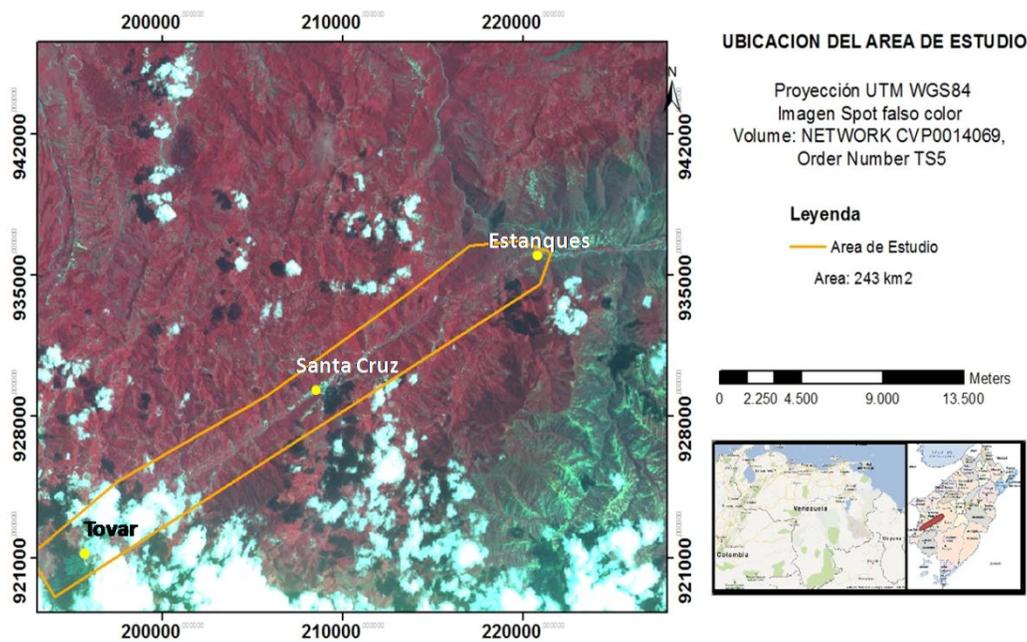


Figura 1. Ubicación de la zona de estudio estado Mérida. Imagen Spot falso color banda 4,3,2.

1.3 Vías de acceso

Las vías de accesos principales son la proveniente de la ciudad de Mérida conocida como la autopista El Vigía- Mérida, desviándose justo antes de entrar a los túneles hacia la vía que conduce a las poblaciones de Santa Cruz de Mora - Tovar (Troncal 7). Otra vía de acceso es la proveniente desde la población de El Vigía por la vía de la Palmita (Troncal 2) la cual se une a la vía de Tovar (Troncal 7). (Figura 2.)

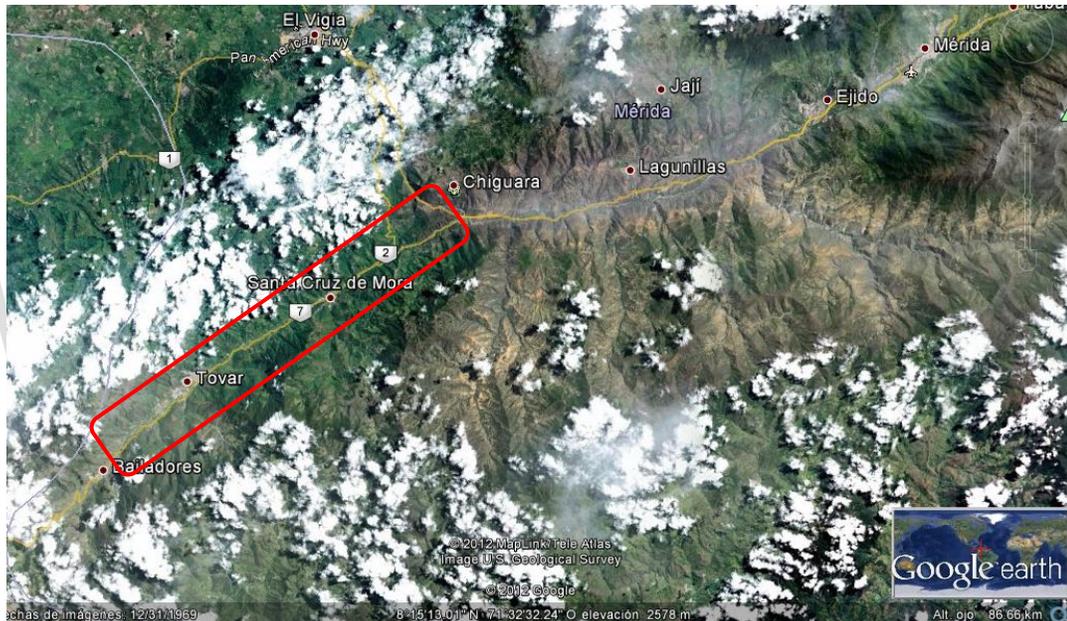


Figura 2. Vías de acceso a la zona de estudio (identificada con rectángulo de color rojo), imagen tomada de google earth.

1.4 Rasgos fisiográficos de la zona de estudio

1.4.1 Fisiografía

Desde el punto de vista fisiográfico, es una zona natural, que pone en contacto el Valle del río Chama con alturas inferiores de 500 m.s.n.m. y las partes altas del nacimiento del río Mocotíes, con alturas superiores a 3000 m.s.n.m. determinando un gran potencial agropecuario que abastece gran

parte del territorio nacional. En el área existen numerosos conos de deyección y terrazas de topografía plana e inclinada, donde se asientan las principales actividades económicas de los centros poblados. La zona está constituida por formaciones rocosas variadas que van desde las más antiguas (Precámbricas), Paleozoico (granitos, gneises, filitas, pizarras, cuarcitas, areniscas y esquistos, hasta los aluviones recientes de edad cuaternaria, que conforman varios niveles de terraza. El tramo Santa Cruz de Mora-Bailadores está muy influenciado por la “Zona de Falla de Boconó” con evidencias de movimientos recientes, lo cual determina una alta incidencia sísmica, sobre todo en Santa Cruz de Mora, Tovar, La Playa y Bailadores; donde se muestran lineamientos de Falla evidentes, causantes de los últimos eventos sísmicos ocurridos en los años 1610, 1812 y 1894, los cuales causaron centenares de pérdidas humanas y materiales en esas épocas.

(Pereira, Merida Estado Competitivo 2020, 2012)

1.4.2 Clima

El clima es variado, desde tropical cálido con temperaturas promedios superiores a 22°C en Santa Cruz de Mora, pasando al piso montañoso con temperaturas comprendidas entre 18 y 22°C, en los alrededores de Tovar y La Playa, hasta el piso paramero con temperaturas comprendidas entre 0 y 10°C aguas arriba de Bailadores. **(Pereira, Merida Estado Competitivo 2020, 2012)**

1.4.3 Relieve

El relieve de la zona de interés es irregular, accidentado, quebrado, con pendientes superiores al 45%, relleno por formaciones cuaternarias deposicionales, como conos de deyección, masas deslizadas, terrazas y otros. Cabe destacar la presencia de dos masas montañosas alineadas en dirección suroeste-noreste, en la misma orientación del tren de fallas de la

“Zona de Boconó”, en estructura de horts, presentando alturas comprendidas entre 3500 m.s.n.m., en la confluencia Mocotíes-Chama. Estos bloques levantados son de origen tectónico y delimitan el fondo del valle del río donde se asientan Tovar, Bailadores, Santa Cruz de Mora, La Playa, El Peñón y otros centros poblados. Las variaciones topográficas en el área de estudio son muy significativas y frecuentes, ya que se trata de la parte centro-occidental de la Cordillera de Los Andes. **(Pereira, Merida Estado Competitivo 2020, 2012)**

1.4.4 Hidrografía

La zona de estudio se ve influenciada en gran magnitud por el río Mocotíes, que actúa como vía de drenaje que se desplaza a lo largo de la “Zona de la Falla de Boconó. La vertiente derecha recibe las quebradas Las Tapias, La Capellanía, Nieto, El Rincón de la Laguna, Cucuchica, La Armenia y Mejías, todas ellas de régimen permanente, originadas en las zonas parameras. Por su parte, la vertiente izquierda presenta los siguientes cursos de agua: Quebrada Seca, Chita, Agua Sucia, Bodoque, San Pablo, Los Álvarez, Guarapao, Quebrada Arriba, San Rafael, El Silencio, El Barro y La Arenosa, alimentadas por una red de cursos tributarios de régimen intermitente. Las quebradas El Silencio, San Rafael, El Barro y otras cercanas a Santa Cruz de Mora, presentan un perfil longitudinal corto y durante la estación lluviosa arrastran abundantes sedimentos que se depositan en el fondo del valle impidiendo el libre flujo de vehículos entre Bailadores, Tovar y El Vigía. Debido a la posición del sol, los valores de evaporación son más altos, sobre todo en los sectores frente a Tovar y La Playa, lo cual se traduce en procesos de erosión laminar importantes. **(Pereira, Merida Estado Competitivo 2020, 2012)**

1.4.5 Suelos

La zona de estudio es susceptible a las inundaciones y la mesa de agua superficial, por lo tanto, los suelos no son adecuados para las actividades de crecimiento o expansión urbana. Su uso está controlado por la abundante humedad durante todo el año y las crecidas del río Mocotíes, lo que los hace convenientes para la ganadería y cultivos adaptados a estas condiciones húmedas. Los suelos de los conos de deyección sirven de asiento a diversos caseríos que constituyen la faja agrícola y pecuaria por excelencia de la zona del Eje Santa Cruz de Mora – Bailadores. **(Pereira, Merida Estado Competitivo 2020, 2012)**

1.5 Planteamiento del Problema

La Falla de Boconó forma parte de un cinturón de actividad neotectónica y constituye el principal accidente geológico de Venezuela, a la cual se encuentra asociada una importante actividad sísmica que ha provocado el desarrollo de marcados rasgos geomorfológicos y estructurales de tectónica activa a lo largo de toda su longitud. Asociados a estos rasgos se desarrollan zonas de riesgo para las actividades humanas. (Cantos y Pérez, 2011)

El área de estudio comprende la zona de Estanques - La Playa, Bailadores, Estado Mérida, la cual se encuentra altamente afectada por un sistema de fallas que le confiere una gran complejidad estructural, la ausencia de cartografía neotectónica y topográfica actualizada de la zona, los cuales constituyen fundamentos importantes para el estudio de la sismicidad en el área, es por ello, que la Universidad de Los Andes (ULA) en conjunto con la Fundación Venezolana de Investigaciones Sismológicas (FUNVISIS) ha venido ejecutando proyectos como el presente, que permitan evaluar la amenaza sísmica con los cuales es posible mitigar la misma en gran parte del sector andino, que pueden originar la sismicidad y los

procesos inducidos por ésta, tales como notables perjuicios y daños en infraestructura y en vidas humanas.

La zona se encuentra dominada principalmente, por el accidente geológico más importante del país: La Falla de Boconó, ésta guarda gran relación con la actividad sísmica, tal hecho resulta desfavorable, ya que en la región y zonas aledañas se asienta un alto porcentaje de la población urbana y rural del país, además, las obras hidráulicas y de infraestructura civil también pueden verse afectadas.

www.bdigital.ula.ve

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo General

Elaborar un modelo estructural de la traza activa de la Falla de Boconó a través del reconocimiento de fallas, esfuerzos y estructuras asociadas para la determinación de la actividad tectónica en el sector comprendido entre las poblaciones Estanques – La Playa, Bailadores.

1.6.2 Objetivos Específicos

- Cartografiar las trazas de fallas activas tomando como base el análisis fotogeológico y las observaciones en campo para la construcción del mapa neotectónico.
- Determinar los desplazamientos recientes por medio del análisis de geoformas para el conocimiento de la actividad tectónica de la zona.
- Determinar la cinemática de la falla mediante la construcción de mecanismos focales y de análisis de estrías de falla.
- Establecer la distribución y dirección de los esfuerzos mediante la aplicación del método de inversión de mecanismos focales.

1.7 Justificación

Venezuela se encuentra ubicada dentro del margen activo de las placas Caribe y Sudamericana, quienes han sido responsables de los accidentes sismogénicos de nuestro país. Por su parte, las deformaciones neotectónicas aportan datos sobre las deformaciones de fallas consideradas sismogénicas.

El interés de realizar el estudio de geología de fallas activas en la región comprendida entre Estanques – La Playa, Bailadores surge de evidenciar la sismicidad de la Región de Los Andes, rasgos de la presencia de la traza activa de La Falla de Boconó sobre la zona y ausencia de cartografía neotectónica y topográfica actualizada del área, aspectos que radican la importancia de conocer el comportamiento de las deformaciones corticales tectónicas de la zona.

En consecuencia, con el desarrollo de este proyecto las obras civiles se verían beneficiadas, ya que surge la necesidad de diseñar modelos sismo-resistentes y reforzamientos estructurales, además, de contribuir a estudios de riesgo sísmico en la región de Los Andes. No obstante, más del 70% de la población e infraestructura se ha visto afectada ante las amenazas de orden sísmico y accidentes tectónicos en el área.

1.8. Alcance y Limitaciones

1.8.1 Alcance

El presente proyecto de investigación perteneciente a un análisis neotectónico contribuirá a la delimitación de zonas de amenaza sísmica en la zona de estudio correspondiente a la región de Los Andes, ayudarán a la población urbana y rural habitante en el área, al diseño sismo-resistente de obras de infraestructura e ingeniería civil y al reforzamiento estructural.

El estudio de las deformaciones neotectónicas y actualización cartográfica son actividades de gran importancia, tanto para el ordenamiento territorial como para estudios de microzonificación y mitigación sísmica, inclusive, impulso a nuevas investigaciones.

1.8.2 Limitaciones

El estudio de las deformaciones cuaternarias de la región andina ha sido poco desarrollado, por lo que aún, se encuentran estructuras por estudiar sobre la zona de estudio.

Los permisos a zonas restringidas es una limitación, ya que sin ello, no se podrá acceder a lugares de interés para el proyecto de investigación.

Otra limitante es la poca información de datos en la zona y también la falta de actualización de los ya existentes.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1 Neotectónica y Paleosismología.

La neotectónica y la paleosismología son ramas de la geología que se encargan de identificar, analizar e interpretar las evidencias sísmicas que han quedado plasmadas en el registro geológico y geomorfológico del Cuaternario (McCalpin, 1996).

2.1.1 Neotectónica

La neotectónica ha sido definida como el estudio de las últimas estructuras de la corteza terrestre, particularmente, aquellas posteriores al Mioceno y aquellas generadoras o activas durante el Terciario Tardío o Neógeno (Schubert, 1980b).

El término “tectónica activa” se refiere a aquellos procesos tectónicos que producen deformación en la corteza terrestre en la actualidad (Keller y Pinter, 1999).

Los análisis neotectónicos tan solo permiten asignar edades relativas referentes al último o últimos eventos sísmicos registrados por una falla en base a la edad relativa (Holoceno, Pleistoceno Superior, etc.) de los

depósitos y/o elementos geomorfológicos a los que desplaza (Burbank y Anderson, 2001).

La neotectónica permite ampliar el registro sísmico al identificar los accidentes geológicos con actividad sísmica reciente.

La palabra neotectónica según Soulas (1985) identifica el régimen más reciente de deformación cortical, vigente todavía, el cual ha reactivado con características propias algunos de los accidentes producidos por las fases anteriores de deformación. Este régimen empezó cerca del límite Plio-Pleistoceno en Venezuela, al mismo tiempo que se estableció la geometría actual del borde meridional de la Placa Caribe. Por lo tanto, en Venezuela, neotectónica es prácticamente, equivalente a tectónica Cuaternaria.

2.1.2 Paleosismología

La paleosismología es la ciencia y arte de la reconstrucción del carácter, ocurrencia y localización de terremotos del pasado, y que hoy en día, están registrados o son detectables en las estructuras del sustrato (fallas, fracturas, pliegues), a través de rasgos geomorfológicos (líneas de costa, terrazas, drenajes desplazados, escarpes degradados, etc.) y según criterios estratigráficos, ya que la mayoría de los terremotos están documentados sólo en el registro geológico (Pavlides, 1996).

En Venezuela, la cantidad de estudios paleosísmicos existentes basado en la exploración paleosísmica a través de trincheras no son suficientes para permitir una segmentación real de la falla; por tal motivo la cartografía detallada y sistemática de los accidentes estructurales activos permiten individualizar los segmentos sismogénicos característicos en cada falla activa

y estimar de esta manera las longitudes probables de ruptura que se puede esperar entre diversos tipos de barreras susceptibles de oponerse a la propagación de la ruptura (Audemard y Singer, 1996 y 1997).

2.2 Rasgos geomorfológicos que evidencian fallas activas

Los rasgos geomorfológicos que evidencian fallas activas son calificados por Audemard (2007) en dos grupos:

1) Rasgos ligados directamente a la falla: valles lineales, trincheras de fallas, escarpes de falla, lagunas de fallas, aguas termales, lomos de obturación, drenajes desplazados, ensilladuras de falla, cuello de falla, lomos lineales y otros. (Figura 3).

2) Rasgos indirectos: sistemas de terrazas escalonadas, drenajes radiales, abanicos abandonados, escarpes de flexura, goteras tectónicas, discordancias progresivas, drenaje en rastrillo, terrazas no pareadas y otras. (Figura 4).

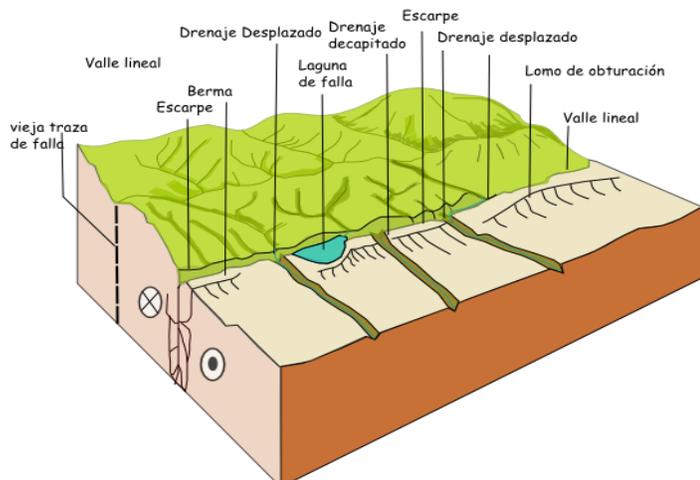


Figura 3. Evidencias directas de actividad tectónica. Diagrama idealizado donde se muestran los principales rasgos geomorfológicos, diagnósticos de actividad tectónica. (Modificado de Wesson et al., 1975).

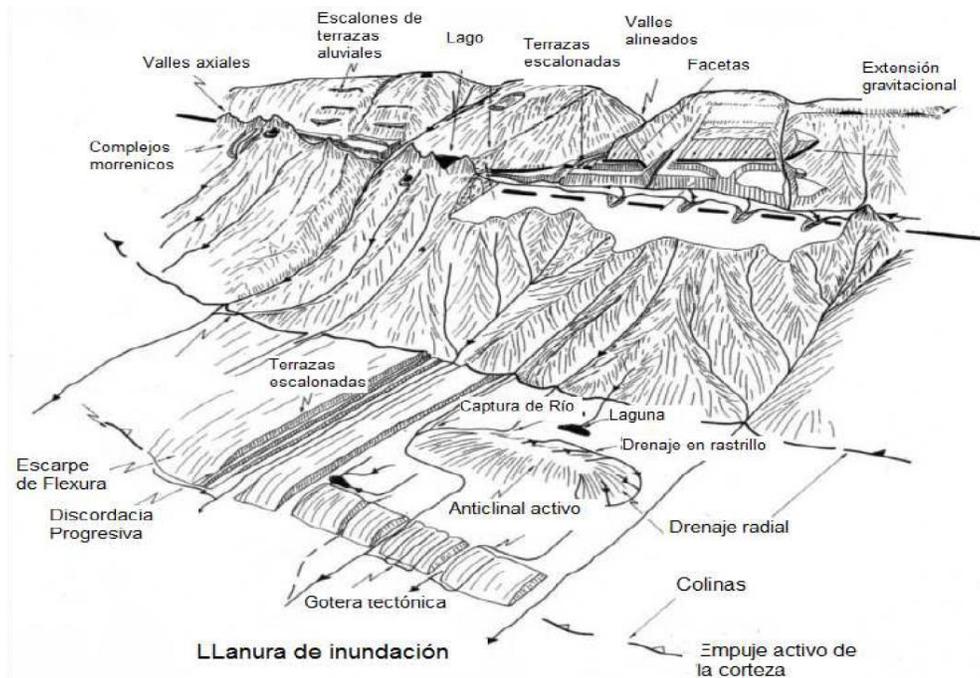


Figura 4. Rasgos geomorfológicos indirectos que evidencian una falla activa. (Audemard F et al, 2006).

2.5 Cuaternario

En 1869, Paul Gervais emplea por primera vez el término Holoceno y en 1885 el Congreso Geológico Internacional lo acoge para designar así al tiempo post-Pleistoceno. Desde entonces, la denominación Holoceno ha sido ampliamente usada, particularmente en Europa, para distinguir la segunda de las épocas en que el período Cuaternario se divide. No obstante, en algunos países, especialmente en Estados Unidos, el término “reciente” se utilizó por mucho tiempo y fue reemplazado oficialmente por el término Holoceno apenas en 1968 (Vita-Finzi, 1973).

Un conocido cuaternista como Richard F. Flint en 1965, definía al Cuaternario como un sistema que constituye una unidad tempo-estratigráfica, una unidad mayor en la clasificación de los estratos de la corteza de la tierra y agregaba que el cuaternario constituye la cima de la secuencia total de los estratos, incluyendo los sedimentos que están siendo depositados en la actualidad.

[Kaiser \(1969\)](#), afirma que de acuerdo con las decisiones del Congreso Internacional de Geología celebrado en Londres en 1948, la definición y los límites del Cuaternario no se deben establecer mediante criterios bioestratigráficos, sino de acuerdo a las variaciones climáticas que se reflejan en los depósitos sedimentarios y especialmente los pertenecientes a las glaciaciones.

Los sedimentos aluviales de la cordillera de Mérida, referidos tanto a su interior como a sus piedemontes, frecuentemente han sido correlacionados con las fluctuaciones paleoclimáticas pleistocenas. Así lo hizo [Jahn \(1925\)](#) y [Royo y Gómez \(1956\)](#). Más recientemente, lo han señalado autores como [Tricart y Michel \(1965\)](#), [Tricart \(1966\)](#), [González de Juana et al. \(1980\)](#), y otros. Por supuesto el factor tectónico, relacionado directamente con la orogénesis Andina fini-terciaria y pleistocena, también ha sido invocado repetidamente para explicar la presencia de estos volúmenes detríticos cordilleranos y piedemontinos. Sin embargo, es conveniente señalar que la variable paleoclimática, expresada en sucesiones de épocas glaciales e interglaciales cuaternarias, se reconoce como la responsable más importantes de la acumulaciones y el modelado de las secuencias más abundantes que cubren el fondo de los valles y las fajas piedemontinas.

Esto es esencialmente cierto, cuando se hace referencia a los niveles aluviales detríticos más jóvenes que el Pleistoceno Temprano, cuando el deterioro climático Pleistoceno global aún no se había hecho sentir de manera crítica en la superficie terrestre y por lo tanto, en la cordillera de Mérida. [Tricart y Michel \(1965\)](#) sugieren que el levantamiento andino Plio-Cuaternario fue el causante de la acumulación de los sedimentos cuaternarios más antiguos. A su vez establecen que los niveles sedimentarios posteriores, son productos de las alternancias de sedimentación entalle, ligado estrechamente a las oscilaciones pleistocenas. En todo caso el modelado morfogenético sedimentario aluvial andino del Pleistoceno no parece ser el resultado de un solo factor, ya sea el tectónico o el paleoclimático, sino la actividad conjunta y sucesiva de ambos factores. La secuencia detrítica andina por lo general conforma el relleno de los fondos de los valles intermontano longitudinales y transversales que surcan la cordillera. Se trata en lo fundamental de sedimentos de origen fluvial y, secundariamente, de origen glacial, fluvio-glacial y coluvial. Los de origen glacial rellenan los fondos de las artesas en el alto núcleo andino merideño, a partir aproximadamente los 2800 msnm. Por su parte los de origen fluvio-glacial se reducen a secciones muy restringidas en la partes altas de los valles que soportaron las glaciaciones más potentes. Las acumulaciones detríticas coluviales, si bien pueden hallarse en cualquier segmento de los valles andinos, independiente de su altitud, ocupan espacios muy localizados como productos de deslizamientos, derrumbes y otros mecanismos típicos de movimientos de masas de las laderas adyacentes a los fondos de los valles ([Schubert y Vivas, 1993](#)).

Los sedimentos de origen aluvial, en consecuencia, son los que rellenan los espacios determinantes de los valles cordilleranos internos. Así mismo, es en los fondos de los valles longitudinales donde los sedimentos aluviales

cuaternarios están mucho mejor representados, mientras que en los valles transversales ocupan extensiones muchos menores. Los sedimentos aluviales que rellenan el fondo de los valles longitudinales están modelados por dos tipos de formas absolutamente predominantes: las terrazas y los abanicos. Las terrazas depositadas particularmente por los cursos de agua de recorridos longitudinales y entallados por ellos mismos, se presentan mucho más alargadas y estrechas que los abanicos, con valores de pendiente longitudinales y transversales menores. Así mismo, la torrencialidad moderada de los depósitos de terrazas, se expresa en una mejor estratificación, en el grosor menor de los sedimentos y en la mayor redondez de estos, con respecto a los abanicos. Los abanicos presentan sus paquetes sedimentarios en disposición más caótica, con un grosor mucho mayor y una mayor angulosidad de sus componentes (Schubert y Vivas, 1993).

Las terrazas y los abanicos, individuales y coalescentes son, entonces, los tipos genéticos sedimentarios que principalmente rellenan los valles intermontano y las fajas piemontinas andinas, a niveles que van desde el Q4 (Holoceno) hasta Q1 (Pleistoceno Temprano) (Schubert y Vivas, 1992).

Ya sea en los valles longitudinales o transversales más amplios, las características de los sedimentos aluviales que los rellenan pueden resumirse así: 1. Presencia de terrazas longitudinales alargadas y estrechas; 2. Predominio de abanicos, individuales o coalescentes; 3. Co-existencia de terrazas y abanicos frecuentemente recubriéndose los unos a los otros; 4. Incisión por lo general muy fuerte de los aluviones en terrazas o abanicos por parte de los cursos de aguas longitudinales y/o transversales, originando taludes muy abruptos en ambos tipos de formas; 5. Fuerte valores de pendiente longitudinales y transversales de los depósitos; 6. Granulometría

heterogénea con predominio determinante de elementos gruesos (cantos y bloques); 7. Generalmente una pobre estratificación, especialmente en el caso de los abanicos; 8. Una fuerte pedregosidad en la superficie y en el interior de los depósitos; y 9. Predominio de los niveles Q2 y Q3 (Schubert y Vivas, 1993).

En el caso particular de la cuenca de río Chama, la sedimentación de esta cuenca, está constituida por sedimentos aluviales continentales, variando desde conglomerados consolidados a poco o muy consolidados, arena de granos de diverso grosor poco consolidada o no consolidada, arcillas y limos o mezclas de clásticos de diverso tamaño desde bloques hasta arcillas, así como depósitos glaciares y periglaciales (Schubert y Vivas, 1992).

Las mayores representaciones de estos depósitos la constituyen las terrazas y abanicos donde se asientan las actividades humanas más importantes como la agricultura, los poblados y vías de comunicación, entre estos poblados se encuentra Mucurubá, Mucuchíes, La Toma y El Rollal. En el área de Mucuchíes, se observa una pequeña cuenca de tracción formada por un salto a la derecha en la traza de la Falla de Boconó, según Schubert y Vivas (1993), en esta se encuentran los volúmenes detríticos aluviales más destacados del valle superior del Chama, pertenecientes fundamentalmente al Pleistoceno Tardío (Q3), aunque también hay mantos aluviales más restringidos Q2 (Pleistoceno Medio) e incluso restos de Q1 (Pleistoceno Temprano). De igual manera, dicho abanico está afectado por movimientos de falla, de manera que en su cabecera norte aparece un talud de hundimiento tectónico con una altura de 5 a 6 m (Tricart, 1966). La mayoría de los depósitos pertenecientes al Pleistoceno Tardío se encuentran más abundantemente en el margen derecho de la cuenca, particularmente en el poblado de Mucurubá, donde conforman conos-terrazas de coalescencia.

Los abanicos Q3, con espesores que raramente sobrepasan los 50 m, entallan y a veces recubren total o parcialmente los volúmenes sedimentarios Q2, los cuales, en forma de terraza, se hallan a lo largo del lecho del río Chama y de sus tributarios y provienen siempre de estos últimos (Schubert y Vivas, 1993).

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO III METODOLOGÍA



Figura 5. Esquema Metodológico a seguir en la elaboración del proyecto de investigación.

3.1 Etapa Pre-Campo

3.1.1 Revisión de información acerca de trabajos desarrollados anteriormente en el área de estudio

Se realizó una revisión, recopilación y análisis del material bibliográfico en físico, digital y electrónico de investigaciones previas en el área de estudio, enfocando mayor atención en los trabajos relacionados con la Falla de Boconó y la geología cuaternaria de la zona de interés; en esta búsqueda se logró obtener material cartográfico del área como mapas topográficos y geológicos, así mismo, se obtuvo fotografías aéreas a escala 1:60.000 y 1:25.000, gracias a la ayuda y colaboración prestada por la Fototeca y Mapoteca de la Facultad de Geografía ULA, Laboratorio de Geofísica de la Universidad de Los Andes, Corporación de Los Andes (CORPOANDES), Instituto de Protección Civil y Administración de Desastres del Estado Mérida (INPRADEM).

3.1.2 Análisis de fotografías aéreas

Se llevó a cabo este paso haciendo uso de estereoscopios de espejos marca Benz Basel para una visión general y estereoscopios de bolsillos Carl Zeiss para obtener mayor detalle, esto para identificar las evidencias geomorfológicas predominantes de la zona.

Para cumplir a cabalidad con lo propuesto se emplearon otros recursos como imágenes satelitales (spot, landsat7, aster) se hizo uso del programa Google Earth 2011, versión 6.1.0.5001; de tal manera, que no se perdiera detalle alguno y disminuir al máximo cualquier error e inconsistencia en la información, motivado a la ausencia de material fotogeológico a igual escala. Las fotografías se comenzaron a interpretar desde la escala más general a una más detallada.

Vistas aéreas a escala 1:65.000 para obtener una vista general y panorámica de la zona. Misión: 010493; Fotografías número: 70, 71,72,73,74,75.

Vistas aéreas a escala 1:25.000 para obtener mayor detalle de la zona de estudio. Misión: 010255; Fotografías número: desde la 515 hasta la 531, estas fueron utilizadas en la transcripción de datos.

La interpretación de las vistas aéreas siguió los siguientes pasos:

- Se demarcaron los cauces de los ríos y arroyos más importantes, sin necesidad de marcar los arroyos de tercer y cuarto orden ni los distintos tipos de corrientes (esporádica, perenne, brazos muertos de un río, brazos de crecida, lecho de inundación, y otros).
- Se delimitaron los cuerpos cuaternarios (terrazas, abanicos), para tener una visión más específica de la geología de la zona.
- Se señalaron los rasgos geomorfológicos estructurales que mostrarán indicios de actividad neotectónica en la zona.
- Se señalaron las trazas de las fallas con la ayuda de los rasgos geomorfológicos y estructurales que se estudiaron anteriormente.

Conjuntamente la interpretación de las fotografías aéreas se enriqueció y complementó con información obtenida y rasgos observados en Google Earth2011 e imágenes satelitales spot y de radar.

3.2 Etapa de Campo

Esta etapa abarcó el reconocimiento preliminar de la zona de estudio, ubicando carreteras, poblados, centros médicos, caseríos, límites de la zona. Durante esta fase se describió la geomorfología y se precisó la presencia de la traza activa de la Falla de Boconó en el tramo de estudio, esto se logró ubicando en el terreno puntos elevados para tener una vista general del área y así localizar los principales evidencias y accidentes que definen la presencia de la traza de la Falla de Boconó. Se tomaron fotografías y se realizaron dibujos donde las evidencias eran altamente destacadas, direccionándolas a través del uso de una brújula marca Brunton, se tomaron coordenadas de los puntos o sitios de interés a través de un GPS marca Garmin modelo GPSmap 76CSx, análisis fotogeológico, mapas topográficos cartas 5840-5841 y geológico de la región Tovar- Guaraque Bailadores del Ministerio de Minas e Hidrocarburos escala 1:50.000 y otros. Cabe destacar que esta etapa se trabajó de la mano con la interpretación de las fotografías aéreas, mapas geológicos y topográficos con la finalidad de plasmar sobre estos, lo encontrado en campo y a su vez, corroborar en campo lo representado en dicho material.

3.2.1 Reinterpretación de vistas aéreas

Esta etapa se trabajó de manera paralela con la etapa de campo, se realizó nuevamente revisión y análisis de las fotografías aéreas e imágenes satelitales para ello se usó el software Erdas Imagine 9.2, las fotografías Spot (Volume: NETWORK CVP0014069, Order Number TS5, Date: 2008-10-0, 08:16:26), y Landsat 7 en falso color (L71007054-05420030309-MTL.L1G,product_creation_time=2003-07-21t23:34:51z) con el objeto de identificar y corroborar geoformas, drenajes, y otros accidentes quizás obviados en la primera interpretación; esto permite comparar y mejorar lo observado en las fotografías con lo observado en campo.

3.3. Etapa de Oficina

3.3.1 Recopilación de la información

En esta fase se realizó un compendio de toda la información adquirida en la etapa de campo, luego se procesaron los datos obteniendo así el alcance satisfactorio de los objetivos planteados.

3.3.2 Cartografía de falla

Este período consistió en la construcción del mapa neotectónico de la zona, a partir de la interpretación de las fotografías aéreas y de los datos geológicos obtenidos en campo, se hizo uso de un mapa topográfico de cartografía nacional, mapa geológico, las imágenes satelitales y las fotografías aéreas digitalizadas utilizando el software ArcGis 9.3, ArcGis 10, ERDAS 9.2 y Global Mapper 13.

3.3.3 Interpretación de datos obtenidos

Se realizó la compilación de todos los datos obtenidos anteriormente, particularmente el mapa tectónico activo, los cuales fueron representados en el mapa final tectónico activo a escala 1:25.000.

3.3.4 Redacción del informe final

Se integró toda la información obtenida en las distintas etapas para luego redactar el informe final, que permitió la comprensión del comportamiento dinámico de la Falla de Boconó en su tramo comprendido entre los poblados de Estanques y La Playa de Bailadores en el Estado Mérida Venezuela.

CAPITULO IV

MARCO GEOLÓGICO

4.1 Contexto Geodinámico.

Los Andes de Mérida corresponden a una cadena montañosa en el occidente de Venezuela que se extiende en dirección SO-NE por unos 400 km desde la frontera colombo-venezolana hasta la ciudad de Barquisimeto. Los depósitos molásicos sinorogénicos de edad miocena a más reciente, a lo largo de ambos flancos de esta cadena, atestiguan lo reciente y la dimensión del levantamiento de la misma, alcanzando espesores de 8 y 3 km en sus cuencas flexurales al noroeste y sureste, respectivamente. Estos depósitos continentales están organizados en cuñas de crecimiento con convergencia hacia arriba, los cuales están siendo incorporados a la deformación andina o destruidos por cuñas intracutáneas de vergencia antepaís, zonas triangulares y/o rampas y despegues enraizados bajo los Andes de Mérida. La expresión morfológica de estas estructuras en el segmento norte del flanco surandino, es un conspicuo escarpe de flexura. Ambos piedemontes andinos son zonas donde está registrado el acortamiento transversal al cual está sometida la cadena, sumado a las deformaciones internas de la misma, mientras la Falla de Boconó acomoda transcurrancia dextral en posición subaxial a la cadena.

La ocurrencia de ambos procesos de manera simultánea sugiere que la cadena está sufriendo un mecanismo de partición de esfuerzos o deformaciones (Audemard y Audemard, 2002; Audemard, 2003).

Audemard (2002) describe que la tectónica activa de Venezuela debe ser relacionada con la interacción entre las placas Caribe, Suramericana y Nazca e igualmente, con otros bloques continentales de menores dimensiones entrampados entre las placas antes indicadas, esta interacción varía dramáticamente, del este hacia el oeste. Mientras que el norte de Venezuela esta esencialmente, afectado por la interacción directa entre la placa Caribe y la Suramericana, Venezuela occidental muestra un contexto geodinámico más complejo.

La deformación al norte de Los Andes está caracterizada por cadenas de montañas asociadas, principalmente, a fallas inversas y rumbo deslizante con direcciones preferenciales N-S a NE-SO (Taboada et al., 2000), mientras que la parte norte de Venezuela corresponde a un cinturón de deformación de al menos 100 km de ancho, en el cual ocurre acortamiento y movimiento rumbo deslizante (Soulas, 1986).

Por el contrario, en el oeste de Venezuela, la frontera de placas alcanza unos 600 km de ancho y comprende un conjunto de bloques tectónicos que se acomodan y reajustan entre las placas más grandes (Caribe, Suramérica y Nazca), entre los cuales resalta el bloque de Maracaibo (Audemard, 2000). Este bloque posee una perfecta forma triangular y está limitado al oeste por las fallas sinistral de Santa Marta-Bucaramanga en Colombia de Orientación NNO-SSE; al este por la Falla de Boconó (dextral) de Venezuela de dirección NE-SO y al norte está separado del bloque de Bonaire por la Falla dextral Oca-Ancón de orientación este-oeste (Audemard et al., 2005). Ambos bloques están siendo expulsados en dirección NNE con respecto a

Suramérica, producto de la colisión del bloque de Panamá, contra la esquina noroeste de la placa de Sur América (Audemard, 1993).

Desde el punto de vista tectónico, Venezuela está supeditada al marco geodinámico imperante, estando actualmente, surcada por un límite de placas activo de tipo compresivo-transcurrente, cuya evolución terciaria es polifásica, donde la subducción oceánica oblicua (corteza Atlántica adosada al margen pasivo suramericano, se consumió por debajo de la corteza Caribe anómalamente engrosada) pasó a colisión oblicua diacrónicamente de oeste a este para proseguir en una transpresión (Audemard 1993, 2000).

4.2 Los Andes Venezolanos y su Geología Regional.

Gonzales de Juana 1980 establece que Los Andes venezolanos, conocidos como cordillera de Mérida, corresponden a una cadena montañosa en el occidente de Venezuela que se extiende en dirección SO-NE por unos 400 km desde la frontera colombo-venezolana hasta la ciudad de Barquisimeto. Estos forman parte de una prolongación de Los Andes Orientales colombianos, poseen una extensión aproximada de 36.120 km². Esta cadena montañosa al llegar al Nudo de Pamplona se divide en dos cordilleras que son: La Cordillera de Los Andes y la Sierra de Perijá.

Geomorfológicamente, Los Andes venezolanos representan un levantamiento topográfico-tectónico cuya culminación se encuentra en la Sierra Nevada de Mérida. Esta culminación se destaca topográficamente por la presencia del Pico Bolívar con 4978 msnm de altitud, rodeado por seis gigantes más, cuyas altura varía entre 4942 msnm (Pico El Humboldt) y 4654 msnm (El Toro) y geológicamente, porque en ella afloran las formaciones más antiguas, de edad posiblemente pre-Cámbricas (González de Juana, 1980).

González de Juana et al (1980) establece que en el núcleo andino, la geología regional puede expresarse en jerarquía de secuencias depositacionales agrupadas en unidades mayores (supersecuencias) que a su vez, pueden asociarse a gran escala en sucesiones Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas. Es en Los Andes venezolanos donde afloran formaciones de edad precámbrica (\pm 650 m.a). El anticlinorio andino presenta en sus extremos dos declives opuestos, donde se encuentran abundantes rocas mesozoicas (100-200 m.a). Propiamente dicho Los Andes venezolanos comienzan en el páramo de Tamá (3.329 m.s.n.m) cerca de la frontera colombiana; en la depresión del Táchira, con alturas que van desde los 1.000 a los casi 4.000 m.s.n.m en los páramos de El Batallón y Zumbador. La información proporcionada por este autor señala una hendidura axial profunda, geológicamente conectada con un sistema de fallas longitudinales que geográficamente están marcadas por los valles de los ríos Mocotíes y Chama, los cuales se extienden al noreste por unos 170 km aproximadamente hasta el páramo de Mucuchíes y subdivide la cadena andina en dos cordilleras situadas al noroeste y sureste de la hendidura.

La cordillera septentrional culmina en el páramo de La Negra, Macizo de Tovar y Sierra del Norte o Macizo de la Culata. Esta cordillera está cortada cerca de Estanques por el Cañón del Chama. En cuanto al ramal meridional este comprende los páramos de la Tapias, Rio Negro y El Molino, La Sierra Nevada de Mérida y la Sierra de Santo Domingo, en estas Sierras se encuentran los picos más altos de toda la cordillera, estos dos ramales se unen en lo que se conoce como el nudo de Mucuchíes.

Los depósitos continentales están organizados en cuñas de crecimiento con convergencia hacia arriba, La expresión morfológica de estas estructuras en el segmento norte del flanco surandino, es un distinguido escarpe de

flexura. Ambos piedemontes andinos son zonas donde está registrado el acortamiento transversal, al cual está sometida la cadena, sumado a las deformaciones internas de la misma, mientras la Falla de Boconó acomoda transcurrencia dextral en posición subaxial a la cadena. (Audemard y Audemard, 2002; Audemard, 2003).

Renz (1959) considera al Complejo Iglesia como el basamento aflorante de Los Andes de Mérida en su parte central. Las rocas del Complejo Iglesias parecen ser de origen metasedimentario y fueron afectadas por un metamorfismo regional hasta la facies de la Anfibolita también Shagam (1972a, 1972b) establece al complejo iglesias como el basamento aflorante de Los Andes venezolanos en su parte centrales y que consiste en rocas metasedimentarias predominantemente cuarzo-feldespáticas en el grado de la anfibolita de metamorfismo regional. La unidad ha sido dividida en tres formaciones: Sierra Nevada, Bella Vista y Tostosa, las cuales son tratadas por Bellizia y Pimentel (*op. cit.*) como unidades litodésmicas con el rango de asociaciones, de edad considerada como precámbrico tardío (Código Estratigráfico de las Cuencas Petroleras de Venezuela PDVSA).

Gonzales de Juana et al. (1980) sugiere que estas unidades representan una sedimentación en ambientes de plataforma marina somera, la cual se hundió después del evento tectónico representado por un hiato donde las rocas más antiguas fueron intrusionadas por un magma granítico y mencionan que en el núcleo Andino, la geología regional puede expresarse en jerarquía de secuencias depositacionales agrupadas en unidades mayores (supersecuencias) que a su vez, pueden asociarse a gran escala en sucesiones Paleozoicas, Mesozoicas y Cenozoicas.

Durante el Paleozoico la sedimentación se produjo entre dos períodos de Orogénesis: el primero denominado Orogénesis Caparaoensis, se registra a

finales del Cámbrico y comienzos del Ordovícico y el último, conocido como Orogénesis Herciniana, se da a finales del Pérmico y comienzos del Triásico, [La Marca \(1997\)](#). El flanco Surandino del ciclo Paleozoico está constituido por la Formación Caparo, del Ordovícico-Silúrico, aflorante al sur del río Caparo en las adyacencias de la población de Santa Bárbara de Barinas, Municipio Ezequiel Zamora, Estado Barinas, [Laya y Pérez \(2001\)](#). El Silúrico originalmente, estaba representado por la Formación el Horno que fue eliminada. Cabe destacar, que en la región andina venezolana, la actividad ígnea durante el Paleozoico fue bien significativa según [La Marca \(1997\)](#), quien señala para este periodo un magmatismo eminentemente plutónico y no extrusivo, caracterizado por granitos, dioritas y granodioritas, ocurrido en tres eventos diferentes correspondientes al Paleozoico Inferior, Medio y Superior. Así mismo, el ciclo sedimentario del Paleozoico Superior es reconocido por las rocas de las Formaciones Sabaneta, Carache y Palmarito, unidades de Los Andes de Mérida al suroeste del Lago de Maracaibo aflorante en las adyacencias de la población Mucuchachí y Aricagua, excepto la Formación Carache, la cual solo aflora en el Estado Trujillo.

Durante el intervalo Permo-Triásico se producen en Los Andes centrales y Septentrionales varios eventos de granitos intrusivos con efectos de metamorfismo de contacto en la roca caja, así como posiblemente se desarrolla el patrón estructural de pilares y fosas tectónicas que va a imperar en Los Andes Venezolanos a partir de entonces, posiblemente, como consecuencia de la deriva de la Placa de América del Sur hacia la del Pacífico. Bajo estas condiciones se produce la depositación de las capas rojas continentales que constituyen la Formación La Quinta ([González de Juana et al. 1980](#)).

El inicio del Cretácico inferior está caracterizado por una transgresión marina generalizada que eventualmente cubrió todo el occidente de Venezuela. El proceso transgresivo alcanza su máxima extensión durante el Cretácico Superior, permitiendo la depositación de La Formación Capacho; Miembro Seboruco Guayacál, así como la Formación la Luna con su Miembro Tres Esquinas ([González de Juana et al. 1980](#)).

En la parte temprana de Cretácico Tardío comienza la regresión que produjo la depositación de las facies lutíticas de la Formación Colón dentro de la antifosa originada por la colisión del arco volcánico del Pacífico. A continuación se registra la depositación de la Formación Mito Juan, seguida por la erosión que afectó toda el área. Desde el noreste, un nuevo episodio transgresivo provocó el desarrollo de ambientes esencialmente deltaicos hacia el sur del occidente de Venezuela depositándose las Formaciones Barco y los Cuervos, marcando así el final del Mesozoico. Durante el Eoceno Inferior a Medio, Los Andes venezolanos fueron afectados por los efectos de un ligero levantamiento epirogénico. Por su parte, en Los Andes centrales se deposita una unidad de ambiente marino de plataforma de edad Paleoceno Tardío- Eoceno Medio conocida como Formación San Javier, así como una unidad de ambiente continental denominada Formación Mucujún ([Arellano y Rodríguez 1998](#)). En el transcurso del Eoceno medio, Los Andes y la Sierra de Perijá comienzan a ser zonas definitivamente positivas ([González 1994](#)).

En el Eoceno superior hubo un movimiento orogénico, causante de una discordancia fácilmente reconocible entre el Eoceno Inferior-Medio (Formación Misoa) y los sedimentos del Neógeno (Mioceno: Formaciones la Rosa, la Cuenca de Maracaibo e Isnotú). Durante el Eoceno Superior y el Oligoceno Inferior se produce una erosión extensa que interrumpe la

sedimentación, siendo este un periodo de fallamiento ([González de Juana et al. 1980](#)).

En el Mioceno comienza un levantamiento progresivo en el centro de la cadena andina con una fuerte subsidencia al norte y sur de los flancos, producto de la acumulación de un gran espesor de sedimentos molásicos. Durante el Mioceno Medio, un tectonismo compresional a gran escala provocó el mayor levantamiento del macizo de Santander, Sierra de Perijá y Cordillera de Los Andes. El levantamiento rápido fue acompañado de sedimentación molásica a lo largo del margen de la Cordillera Andina. Simultáneamente, se depositaron los sedimentos molásicos de la Formación Betijoque a lo largo de la Cordillera Andina. Por su parte en el Plioceno se inicia quizás el mayor cizallamiento de la Cordillera de Mérida ([González L 1994](#)). Es importante destacar que durante el levantamiento se forman dos antefosas, donde los sedimentos del Mioceno alcanzan su máximo espesor con facies características de ambientes continentales. A partir del Mioceno se produce un levantamiento progresivo en el centro de la cadena andina y a finales del Plioceno y el Plio-Pleistoceno se produce un periodo corto y violento de orogénesis dando como resultado la morfoestructura definitiva de los Andes que posteriormente es retocado por el periodo Cuaternario.

4.3 Falla de Boconó

La Falla de Boconó forma parte de un cinturón de actividad tectónica, siendo el principal accidente geológico de Venezuela, esta falla se expande unos 500 km en la parte central de Los Andes venezolanos, tiene entre 1 y 5 km de ancho y corre aproximadamente en dirección noreste; es la falla más reconocida por poseer fuerte expresión topográfica, además, está claramente expuesta a lo largo de toda su extensión. Geomorfológicamente, se

manifiesta por valles alineados, depresiones lineales y otros rasgos alineados en un corredor de 1 a 5 km de ancho. Las mayores tasas de deslizamiento de la falla es hasta 10 mm / año en el norte de América del Sur y es probablemente, una de las característica más estudiadas; su sismicidad histórica e instrumental también caracteriza a esta falla, varios terremotos importantes entre los siglos XVII y XIX se han vinculado a esta fuente sísmica. (Audemard, 2010).

Los terremotos acaecidos en tiempos históricos en el occidente de Venezuela, se han vinculado con movimientos de este sistema de fallas. Algunos investigadores han propuesto un desplazamiento principal en sentido normal a lo largo de la Zona de Fallas de Boconó (Shagam, 1972; Giegengack et al., 1976) y solo movimientos menores rumbo-deslizantes, pero recientemente, los estudios de evidencias neotectónicas a lo largo de toda su extensión (Schubert, 1980a, 1982, 1984) ha revelado la existencia en esta zona de grandes cuencas cenozoicas (cenozoico tardío) de tracción (pull-apartbasins), en las cuales, se pueden evidenciar considerables desplazamientos locales verticales (normales), separados por estrechos segmentos de fallas, con un claro desplazamiento de rumbo lateral-derecho. Tomado de (<http://celeste.ciens.ula.ve/preve/bocono.htm>)

La zona de Falla de Boconó, uno de los rasgos geotectónicos más importantes de la parte noroccidental de América del Sur, se caracteriza morfológicamente por una alineación de valles y depresiones lineales (cuencas de tracción), orientados aproximadamente en dirección N45°E. Se extiende por más de 500 km entre la depresión del Táchira (al sur de Cordero) y el Mar Caribe (área de Morón, Estado Carabobo), cruzando en forma oblicua los Andes Merideños y cortando el extremo occidental de las montañas del Caribe (Cordillera de la Costa y Serranía del Interior). A lo largo

de toda su extensión, se observan una o varias trazas activas, denominadas Falla de Boconó, la cual se caracteriza por escarpes de falla, canales fluviales desplazados, lagunas de falla, lomos de falla y otros rasgos geomorfológicos típicos de fallas rumbo deslizantes (Shubert, Singer y Soulas, 1983).

El efecto del desplazamiento a lo largo de la Falla de Boconó sobre los rasgos pleistocenos fue estudiado recientemente por Schubert y Sifontes (1970), Giegengack y Grauch (1972a, 1972b), Giegengack et al. (1976) y Schubert (1980a, 1981, 1982). Estos autores describen rasgos geomorfológicos desplazados en las cuencas altas de los ríos Chama, Santo Domingo y Aracay. Entre estos rasgos se encuentran morrenas laterales desplazadas, las cuales pertenecen al último estadio de la Glaciación Mérida del Pleistoceno Tardío (Schubert, 1974). Las determinaciones de edad radiocarbónicas (Schubert, 1970); Schubert y Sifontes (1970); Giegengack y Grauch (1976); Salgado-Labouriau et al. (1977) sugieren que estas morrenas tienen una edad mínima de 13000 años C-14 A. P; y una comparación con regiones adyacentes del norte de América del Sur, sugieren una edad máxima de 18000 años A. P. El desplazamiento rumbo-deslizante hacia la derecha observado varía entre 60 y 100 m desde que los glaciares se retiraron de su posición terminal, y 250 m desde que el glaciar del valle de la quebrada La Mucuchache llegó a su posición terminal por primera vez (Giegengack y Grauch, 1972b).

La actividad sísmica de los Andes merideños fue analizada por Fiedler (1970, 1972), quien sugirió que esta actividad puede subdividirse en dos períodos: antes y después del sismo de 1812. Raúl Esteves en una conferencia presentada en la XXX Convención Anual de AsoVAC en Mérida, demostró que el número de sismos con magnitud mayor a 5, entre 1610 y

1945, era significativamente mayor en los extremos noreste y suroeste de la Falla de Boconó (sugiriendo una mayor actividad en los extremos, posiblemente debido al amortiguamiento del desplazamiento) y que la profundidad focal hacia los extremos era de aproximadamente 30 km y en la parte central de la falla, de aproximadamente 15 km. La sismicidad de la Falla de Boconó fue estudiada en detalle por Dewey (1972) quien, con base en el análisis de “movimientos iniciales” (first motion), demostró que el desplazamiento a lo largo de la ella es consistente con un desplazamiento hacia el este de la placa del Caribe, con respecto a América del Sur, así como también de que el contacto entre ambas placas está localizado parcialmente a lo largo de la Falla de Boconó (Molnar y Sykes, 1969; Schubert, 1970; Schubert y Sifontes, 1970).

En lo que al estudio y el modelaje sísmico se refieren, proponen que la Falla de Boconó puede ser parte de una frontera de placas desde hace aproximadamente 5 millones de años (Dewey, 1972). El análisis de los mecanismos focales de terremotos recientes es consistente con un desplazamiento predominantemente lateral-derecho y profundidades focales generalmente menores de 35 km e indica una dirección aproximada de compresión este-oeste (Folinsbee, 1972; Dewey, 1972; Fernandez et al., 1977).

4.4 Cuaternario en los Andes Venezolanos.

Según Mahaney, Kalm y Bezada (1997), el cuaternario en los Andes Venezolanos fue afectado por las glaciaciones propias de éste Período geológico. Las dataciones de los eventos glaciales en los Andes Venezolanos se hizo inicialmente mediante métodos relativos que hacían asociaciones directas con los modelos alpinos y norteamericanos.

Por su parte, Schubert en 1974, propone el nombre de Glaciación Mérida para designar la glaciación de los Andes Merideños durante el Pleistoceno Tardío, dicha glaciación está compuesta por un avance temprano, en el cual la Sierra de Santo Domingo, descendió hasta elevaciones que van desde 2600 a 2800 m.s.n.m. y un avance tardío de la misma Sierra de Santo Domingo está definido por el nivel morrénico ubicado entre 3000 y 3700 m.s.n.m. por encima de este límite se pueden encontrar morrenas de retroceso menos potentes.

Suficientes evidencias confirman que la tectónica cuaternaria ha sido relevante en Venezuela, particularmente en los relieves montañosos andino-caribes y en sus áreas bajas adyacentes. Estas circunstancias parecen estar íntimamente relacionadas con la posición de nuestro país en la zona de contacto entre las placas tectónicas de América del Sur, del Caribe y de Nazca, pero especialmente entre las dos primeras. Se considera que el resultado de tal contacto son las zonas de fallas geológicas activas principales, como las de Boconó. El Pilar y Oca (Vivas, 1992).

La tectónica cuaternaria ha sido hasta ahora poco estudiada en el territorio nacional, aunque debemos reconocer laudables esfuerzos al respecto. Sin pretender desconocer otros, se quiere destacar el realizado por Carlos Schubert, donde menciona que en la Cordillera de Mérida y de manera especial a lo largo de la Falla de Boconó, es donde se han reportado las manifestaciones principales de la actividad tectónica cuaternaria venezolana, tanto en lo relativo a sus expresiones morfológicas más conspicuas, como a los movimientos sísmicos que frecuentemente afectan al territorio nacional.

En efecto, la Falla de Boconó es el accidente tectónico fundamental y más evidente que atraviesa longitudinalmente a Los Andes Venezolanos en toda

su extensión, y lo hace, a manera de surco central que se angosta en tramos y se ensancha en otros, en un recorrido de aproximadamente 450 km, desde las depresiones extremas del Táchira, al SW y de Barquisimeto-Yaracuy, al NE (Vivas, 1992).

Aunque muchos autores dudan que la Falla de Boconó sea originalmente cuaternaria y la hacen pertenecer a otros períodos geológicos anteriores que van hasta el Cretáceo, sin embargo crecientes evidencias sugieren que puede ser una estructura externa más que interna a los Andes Merideños y, a la vez, el resultado muy reciente del contacto entre dos placas tectónicas (Schubert, 1980). Por otra parte, nada de extraño sería que dicho accidente fuese cuaternario, pues como opinan muchos autores, entre ellos González de Juana (1980, p.678), Los Andes Venezolanos experimentaron un importante episodio epirogénico durante el Pleistoceno, al continuar el ascenso vertical y el fallamiento en bloques de esta Cordillera. Así lo confirman también Aubouin et al. (1973) para Los Andes Septentrionales Sudamericanos cuando opinan: “parece que el relieve de la Cordillera se debe, por su volumen positivo a un abombamiento del Mioceno Superior-Plioceno Inferior y por sus volúmenes diferenciales, es decir, cadenas culminantes y depresiones intramontañas, a los juegos de fallas plio-cuaternarias, distinguiéndose en horsts las partes altas y en grabens las partes hundidas”.

Las expresiones morfológicas de la tectónica cuaternaria existentes a lo largo del surco tectónico central andino y de sus áreas de influencia, se pueden ver claramente en las deformaciones que afectan a los depósitos detríticos pleistocenos y holocenos, en la juventud de los escarpes de falla halladas en rocas precuaternarias y en algunos aspectos de la red hidrográfica.

En lo que respecta al área de estudio, Vivas (1992) describe la depresión de los ríos La Grita y Mocotíes en un sentido contrario al de dichos ríos como una fosa angosta pero no muy profunda, donde importantes cono-terrazas y enormes deslizamientos han modelado su fondo, lo cual ha permitido la proliferación de actividades agropecuarias y de centros poblados importantes. La ciudad de La Grita está ubicada en una terraza Q_2 ; Bailadores y Tovar en el Valle del Mocotíes, en conos de deyección transversales del Cuaternario Medio, mientras que la agricultura intensiva en ambos valles se desarrolla en terrazas de Cuaternario Superior Q_1 y en los depósitos holocénicos más bajos; mientras que los deslizamientos del Cuaternario Superior rellenan los fondos de esos valles.

www.bdigital.ula.ve

CAPITULO V

SISMICIDAD HISTÓRICA E INSTRUMENTAL

5.1 Sismicidad histórica e instrumental

La evaluación de la sismicidad instrumental para fines ingenieriles ha demostrado que su utilidad puede verse muy disminuida en aquellas regiones del globo donde grandes terremotos son de baja recurrencia. Igualmente, el estudio de los sismos históricos bien documentados ha presentado algunas limitaciones en países de corta tradición escrita, tectónicamente activos y de gran complejidad estructural caracterizados por grandes sismos destructores de largo período de retorno. Por otra parte, ha sido necesario recurrir a la paleosismología para ampliar aún más la ventana de observación de la actividad en el reciente geológico de estos accidentes sismogénicos ([Frank Audemark, 1998](#)).

Historiar un sismo como cualquier otro evento natural, implica necesariamente disponer de las descripciones de los destrozos causados por el mismo y tiene como limitante: el grado de detalle con el cual fueron realizadas; la subjetividad de los narradores; la tradición escrita del lugar, íntimamente unida al número de habitantes de la región y el grado de

conservación o deterioro de la documentación compilada para su estudio (José Rodríguez, 1998).

Por su parte, el área de estudio abarca la gran extensión del Valle del Mocotíes, que se ubica al sur-oeste del Estado Mérida en Los Andes venezolanos. La actividad geomorfológica de estas zonas de montaña depende de la pendiente, la calidad de las rocas, disposición estructural de los materiales, comportamiento del agua, entre otros, que dependen de la actividad tectónica imperante en la zona.

El río Mocotíes transcurre por valles estrechos, el más ancho, con menos de 2 km, se encuentra ocupado por la ciudad de Tovar. El relieve es abrupto, con vertientes empinadas, mientras que el fondo se encuentra tapizado por rellenos aluvio-torrenciales (abanicos aluviales) cuya pendiente varía de 5-25%. Estos depósitos sirven de asiento a la mayor parte de las actividades agrícolas y urbanas. Los totales de precipitaciones van disminuyendo a medida que se gana altura; en Bailadores-La Playa el promedio anual es superior a 700 mm, para volverse a incrementar aguas arriba hasta un máximo de 1250 mm. (Ferrer y Laffaille ,1998)

Es importante destacar que los centros urbanos más importantes del Valle del Mocotíes se encuentran ubicados en Abanicos-terracea siendo más jóvenes en esta parte de la región, ocupando superficies reducidas que, en general alcanzan altitudes entre los 875 y 2400 msnm. La zona de la vertiente izquierda (norte) del río Mocotíes se caracteriza por procesos geomorfológicos muy variados y abundantes, como el desplazamiento producto de la actividad sísmica ocurrida a lo largo de un período de tiempo prolongado lo que ha generado la deformación del relieve y evidentes acciones de subdrenaje en gran parte de su extensión. La inestabilidad del terreno puede ser atribuida a la competencia de los

materiales existentes en la zona, la presencia de múltiples drenajes, la deforestación y a la tasa de erosión y meteorización producto de los agentes climáticos, entre otros.

Tovar se encuentra ubicada sobre la vertiente norte que conforma el fondo del Valle de Mocotíes, siendo el relieve un poco abrupto hacia esta zona, ya que se encuentra cortado por pequeños valles en dirección perpendicular al río Mocotíes, dicha área no se ve tan afectada por estar aproximadamente a 30 m sobre el nivel del río. En Tovar se encuentran pendientes suaves menores al 15 % como producto de las acumulaciones de tipo coluvial y torrencial en forma de abanicos-terrazza.

De igual manera, el municipio Rivas Dávila forma parte de la vertiente izquierda del río Mocotíes, su relieve es ligeramente suave, en forma de colinas, con pendientes menores a un 15% debido a los niveles de acumulación de tipo coluvial y torrencial presentándose en forma de abanicos. Los movimientos de masa inducidos por sismicidad y sus efectos colaterales de relleno parcial de estrechos valles han generado represamientos y rupturas como procesos ampliamente extendidos en regiones montañosas. El alud sísmico de La Playa y el posterior represamiento y ruptura de la presa del río Mocotíes a raíz del terremoto ocurrido en Bailadores en el año de 1610, constituyendo uno de los más importantes eventos cosísmicos que se localizan en el país (Ferrer y Laffaille, 1998). La población de La Playa se vio altamente afectada por el acontecimiento del año 2005, ya que el río Mocotíes y sus quebradas adyacentes arremetieron contra este sector, destruyendo construcciones civiles y cosechas.

En la Tabla que a continuación se presenta se observan los sismos ocurridos en el área de estudio en un lapso de 12 años, desde el año 2000 hasta el principios del 2013, logrando verificar que sus magnitudes no sobrepasan los 4.5 de magnitud, resaltando el sismo de 4.2 (MW) ocurrido hacia el noreste de Tovar el día 12 de Enero del presente año, con el cual se pretendía realizar los mecanismos focales para conocer los esfuerzos imperantes en la zona.

Tabla 1. Sismos con epicentro en la zona de estudio y sus adyacencias desde el año 2000 a principios del 2013

FECHA	HORA	LATITUD	LONGITUD	PROFUNDIDAD	MAGINITUD
24/ 8/2000,	8: 4:12.40,	8.310,00	-71.697	8.7	2.9
30/ 3/2001,	14:26:20.30,	8.376,00	-71.719	0.0	2.4
13/11/2003,	19:29:42.21,	8.378,00	-71.852	10.5	0.0
5/12/2003,	16:21:29.80,	8.429,00	-71.662	14.2	2.3,
21/ 1/2004,	15: 7:57.75,	8.420,00	-71.610	14.3	3.0,
15/ 3/2004,	21:36:30.25,	8.342,00	-71.775	7.9	0.0,
9/ 5/2004,	10: 1:68.27,	8.411,00	-71.603	16.9	2.0,
13/ 5/2004,	1:18:92.32,	8.354,00	-71.778	6.0	2.5,
17/ 5/2004,	22:10:45.65,	8.393,00	-71.720	0.0	0.0,
6/ 6/2004,	21:45:49.58,	8.383,00	-71.820	9.0	3.6,
26/ 1/2005,	18:37:69.24,	8.391,00	-71.589	15.0	2.5,
7/ 2/2005,	3:27:68.87,	8.363,00	-71.722	11.5	0.0,
20/ 4/2005,	14:54:30.97,	8.470,00	-71.518	7.9	0.0,
15/ 2/2006,	0:53:45.82,	8.322,00	-71.705	0.0	2.5,
17/11/2006,	4:17:88.97,	8.272,00	-71.753	0.0	0.0,
20/11/2006,	20: 4:28.42,	8.488,00	-71.674	0.0	0.0,
12/ 6/2007,	10:33:34.77,	8.342,00	-71.512	13.0	0.0,
4/ 4/2008,	17:30: 4.69,	8.284,00	-71.542	4.7	2.7,
8/ 3/2010,	3:52:21.13,	8.303,00	-71.779	7.1	2.4,
24/ 5/2010,	20:17: 3.86,	8.411,00	-71.700	3.9	3.0,
1/ 9/2010,	4:21:50.89,	8.542,00	-71.639	1.7	3.6,

8/ 9/2010,	11:54:18.94,	8.539,00	-71.618	4.9	2.4,
2/ 5/2012,	12: 2:54.89,	8.465,00	-71.637	13.0	2.3,
7/ 7/2012,	21:19:41.55,	8.501,00	-71.651	5.0	2.9,
16/ 7/2012,	4:43:52.92´	8.505,00	-71.577	5.0	2.9,
12/01/2013,	20:17:30.54´	8.387,00	-71.654	3.51	4.2
25/02/2013,	14:30:00.09´	8.450,00	- 71.717	5.0	2,8
08/03/2013,	10:22:06.89´	8,461,00	-71.713	20	3.1

Sin embargo, la historia sísmica de la región andina de Venezuela inicia en el año 1599, con el reporte de un terremoto que sacudió a La Grita y a otros pueblos de Mérida. Posterior a este se registra un evento del que si se tiene noticia, ocurrido el 3 de febrero de 1610, que destruyó la ciudad de La Grita y al cual se le asignó de acuerdo a los daños causados e intensidades sísmicas de ese terremoto magnitudes entre 7.1 y 7.3 con una superficie de ruptura de 9 a 11km (Audemard, 1997a). El reporte de este hecho fue escrito dos años después del mismo, por un fraile que no fue testigo presencial, es por ello, que ha generado debate entre investigadores científicos. No obstante, el escrito a que se hace referencia describe un fenómeno cosísmico del terremoto de 1610, incluyendo la ubicación del lugar donde ocurrió, el cual dejó huellas de carácter geomorfológico y cultural, que han perdurado hasta el presente, permitiendo corroborar la veracidad de la crónica del fraile (Ferrer y Lafaille, 1998).

Según Fray Pedro Simón (Ferrer y Laffaille, 1998), el terremoto ocurrió alrededor de las tres de la tarde, la tierra se movía tanto que casi no se podía caminar, se cayeron casi todas las casas y el convento, causando unas 60 víctimas, los ríos y quebradas se secaron temporalmente, desapareciendo el agua en las aberturas de la tierra que se formaron en un lecho, al día

siguiente crecieron, con aguas turbias, presentándose derrumbes y deslizamientos.

Otra de las tragedias sufridas por los habitantes de las sierras andinas venezolanas fue el gran terremoto del 28 de abril de 1894, con una magnitud estimada entre 7.1 y 7.4, lo cual lo sitúa entre los más grandes eventos sísmicos ocurridos en Venezuela. El área de daños está bien localizada y se encontraba relativamente bien poblada para la época, razón por la que existen múltiples testimonios escritos acerca de lo ocurrido en aquel entonces por efecto del terremoto (Rengifo y Lafaille, 1998). Gerónimo Maldonado (1894), habitante towareño, relató que en su pueblo los templos fueron destruidos, los edificios se hundieron y cientos de familias quedaron en miseria. El área de daños de este evento fue calculada por Centro Graü (1940) en unos 7000 kilómetros cuadrados, abarcando desde Trujillo en Venezuela, donde se derrumbó la torre de la iglesia de San Francisco, hasta cerca de Pamplona (en Colombia), siendo especialmente, intenso en la región comprendida entre Bailadores y Tabay (en ambos pueblos se derrumbaron las iglesias), donde arruinó a las poblaciones de Tovar, Santa Cruz de Mora, Lagunillas, Chiguará y Mesa Bolívar (Rengifo y Lafaille, 1998).

5.2 Mecanismos Focales

El análisis e interpretación de los mecanismos focales tiene como finalidad la determinación de la cinemática de la falla y los esfuerzos imperantes en el área de estudio, para ello debe usarse la información del registro sismológico de la zona, la misma se encuentra soportada en la Red Sismológica de los Andes y FUNVISIS. Al llevar a cabo el estudio y análisis de los eventos sísmicos se observaron ciertas inconsistencias para la construcción de los mecanismos focales usando las ondas P, debido a la baja magnitud de los eventos registrados en los últimos 30 años. No obstante, el 12 de enero del

presente año, se registró un sismo a 9 Km al noreste de Tovar de 4.2 (MW) que ciertamente cumple con la exigencia para la construcción de mecanismos focales, sin embargo, la carencia de información por parte de gran número de estaciones sismológicas impiden la determinación de soluciones focales. En la Tabla 2 se muestra la base de datos encontrada, la cual fue insuficiente, debido a que las estaciones que registraron la llegada de las ondas sísmicas de dicho evento no aportan la información requerida, es decir, dichas estaciones no logran rodear el epicentro del sismo ocurrido.

Tabla 2. Datos registrados por las estaciones sismológicas del funvisis y fundapris del sismo del 12/01/2013.

EVENTO: 20130112
 ALGORITMO: FASHYPOB
 MODELO DE CORTEZA: Funvisis
 HORA: 20:17
 MAGNITUD MB: 4.2
 MAGNITUD MC: 4.2

sta	dist	azm	ain	p-sec	tpcal	p-res	wt	s-sec	s-res	wt
agiv	104.9	60	64	31.10	17.84	.15	1	43.62	-.39	3
rav	74.7	67	64	26.37	13.05	.21	1	35.68	-.04	3
torv	192.2	48	43	45.05	30.43	1.51	4	68.26	2.44	4
uav	61.4	64	93	24.09	10.85	.12	1	.00	.00	0
cuv	76.5	58	64	26.40	13.34	-.05	1	.00	.00	0
vigv	59.3	32	93	23.53	10.49	-.07	1	31.05	-.22	3
socv	88.4	97	64	28.14	15.23	-.20	1	38.59	-.90	4
capv	92.7	231	64	28.96	15.92	-.07	1	40.74	.06	3
sdv	124.7	63	64	34.32	20.99	.22	1	49.32	-.15	3
virv	248.0	340	43	50.10	37.16	-.17	1	77.81	.34	3

error ellipse x= .37 km y= .67 km theta = 58.36

HIPOCENTRO CALCULADO

RMS= .152
 Latitud= 8.3877+- .0055n .6061km
 Longitud= -71.6542+- .0043e .4744km
 Profundidad= 3.51+- .91km
 Hora Origen= 13.11+- .10sec

COMENTARIO: Municipio Pinto Salinas edo. Mérida

Es importante mencionar que al Norte de Santa Cruz de Mora, Martín Rengifo y Jaime Lafaille en su *Reevaluación del Sismo del 28 de Abril de 1984* en el año 1999. Realizaron una reevaluación de la información macrosísmica relacionada con el Gran Terremoto de Los Andes de 1.894, con magnitud estimada en un valor cercano a los 7 (MW), lo cual lo sitúa entre los más grandes eventos sísmicos ocurridos en Venezuela, con un área de daños de unos 7mil kilómetros cuadrados, abarcando desde el Estado Trujillo (Venezuela) hasta cerca de Pamplona (Colombia), siendo especialmente intenso en la región comprendida entre Bailadores y Tabay, donde arruinó a las poblaciones de Tovar, Santa Cruz de Mora, Lagunillas, Chiguará y Mesa Bolívar. Los autores se basaron en la recopilación y análisis de información publicada en trabajos científicos, periódicos de la época, informes oficiales, entre otros, les permitió trazar la curvas isosistas para este evento y obtener algunas de sus características físicas. La localización del foco sísmico y la forma como se distribuyen las isosistas permiten adelantar hipótesis acerca de la posible vinculación de este sismo con una falla de régimen inverso o con la Falla de Boconó en una zona donde ésta presenta este tipo de comportamiento.

CAPÍTULO VI

RESULTADOS

6.1 Interpretación Geomorfológica de La Falla de Boconó en el área de estudio.

Para iniciar con esta importante etapa, el análisis fotogeológico conjuntamente con el trabajo realizado en campo, fase que pasa a ser etapa fundamental, se comenzó con la búsqueda, análisis e interpretación de deformaciones cuaternarias, lo que nos permitió determinar y conocer rasgos de la actividad neotectónica. La interpretación mencionada se fundamenta en la búsqueda y encuentro de la traza de la Falla de Boconó desde Estanques hasta La Playa de Bailadores, dicha área incluye el Valle de Mocotíes en toda su extensión, para ello se hizo un recorrido a lo largo del área antes mencionada, donde fue posible identificar depósitos cuaternarios y rasgos estructurales y tectónicos originadas durante el Cuaternario, entre ellos se evidenciaron drenajes desplazados, hombreras, cuellos de falla, lomos de obturación, trincheras de falla, facetas triangulares, entre otros. Se llevó a cabo el estudio detallado, organizado e integrado de toda la información que paso a paso, se iba obteniendo a lo largo de la ejecución de este proyecto, recalcando la importancia del trabajo en conjunto de la interpretación

fotogeológica y el realizado en campo para obtener como resultado la cartografía de la zona.

En la Figura 6.1 se muestran rasgos estructurales y geomorfológicos existentes en la zona, que posteriormente fueron corroborados en campo.

Tramo desde Estanques hasta el sector San Felipe

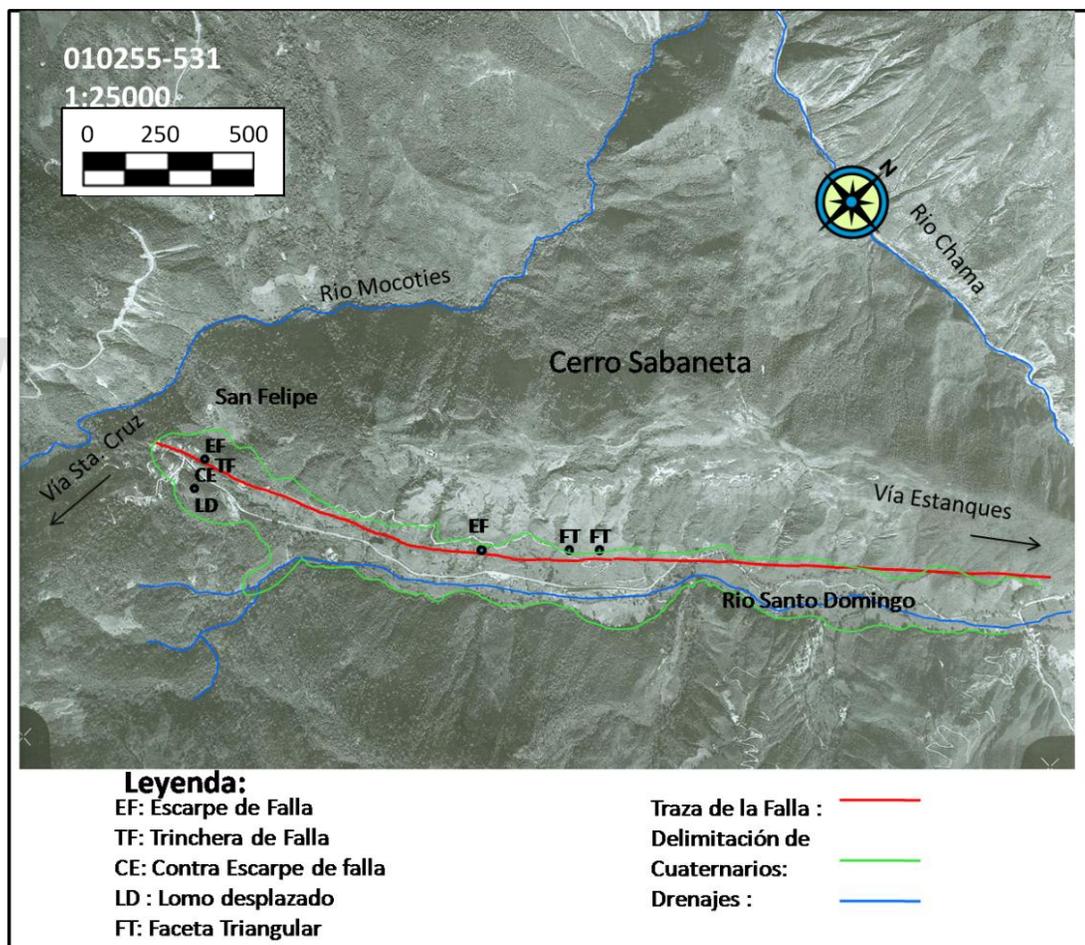


Figura 6.1. En esta fotografía aérea a escala 1:25000 se puede apreciar el tramo comprendido entre Estanques y el sector San Felipe y los distintos rasgos de la falla en esta zona.

Los rasgos morfológicos neotectónicos de la Falla de Boconó observados a lo largo de este tramo son las facetas triangulares, bermas, escarpes y contraescarpes de falla, lomo de obturación, trinchera de falla en posibles sitios estratégicos de la presencia de la traza de la Falla de Boconó (Figuras 6.2, 6.3 y 6.4). En el sector Portachuelo se observó desnivel en el terreno, evidenciando un posible escarpe de falla en la vía hacia una cercana hacienda, ubicándonos sobre éste (Figura 6.5). En las cercanías de la estación de servicio del portachuelo, se observaron facetas triangulares que son fenómenos geomorfológicos producidos por una línea de falla paralela a una cordillera (Figura 6.4). Las trincheras de falla, regularmente son depresiones de 6 metros de ancho, limitadas por escarpes y contraescarpes abruptos, con buzamientos alrededor de los 80° (Figura 6.6 y 6.7) y se desarrolla sobre sedimentos de origen aluvial posiblemente aportados por el río Mocotíes y sus afluentes.

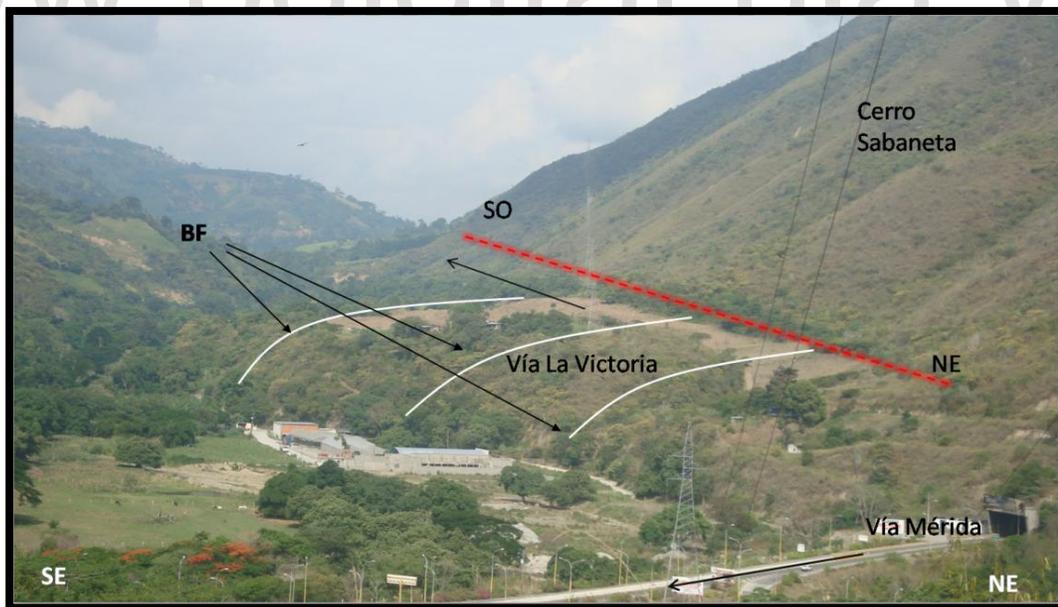


Figura 6.2 Vista desde el Alto del Anís, donde se puede observar el distribuidor de Estanques y el rumbo que toma la traza en el sector Santo Domingo. BF: Berma de Falla

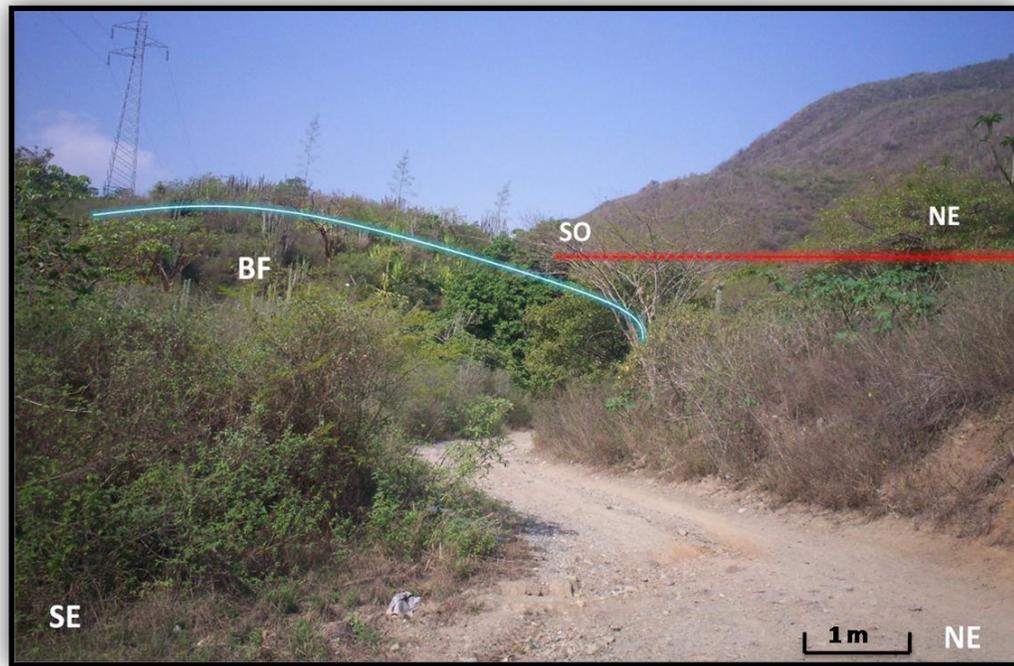


Figura 6.3 Berma de falla que denota el paso de la misma en el sector de Estanques. BF: Berma de Falla



Figura 6.4. Facetas triangulares evidenciadas. Sector Portachuelo, FT: Facetas triangulares



Figura 6.5 Entrada hacia una pequeña hacienda ubicada en el Portachuelo, donde se logró evidenciar el escarpe de falla sobre el terreno y su desnivel.

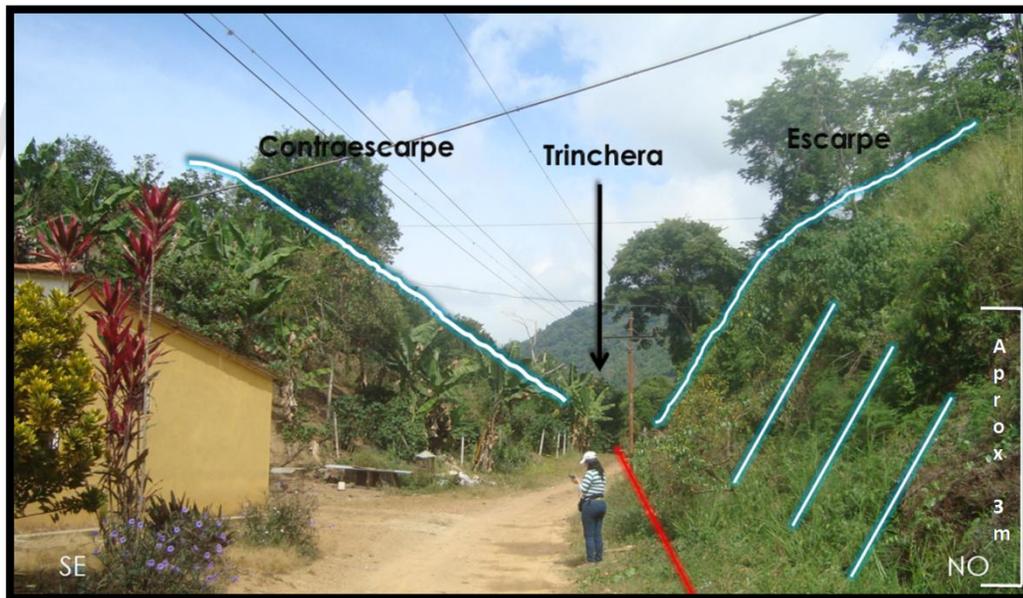


Figura 6.6. Se logra observar la trinchera de falla (carretera) y a su alrededor el escarpe y contraescarpe de falla con un ángulo aproximado de 80° . Coordenadas: N933902, E216102.

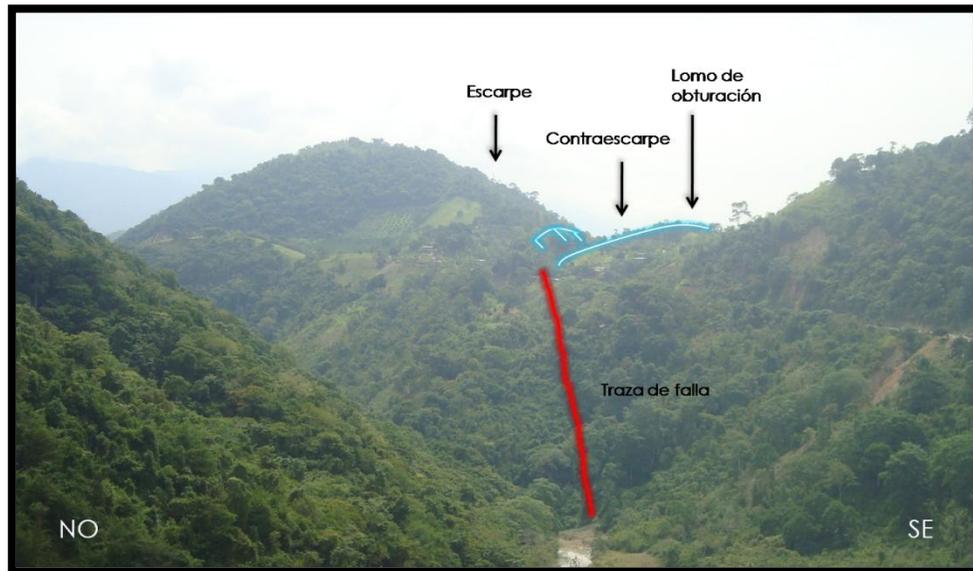


Figura 6.7 En la vista panorámica se logra observar la presencia de escarpe, contraescarpe, lomo de obturación y la traza de la Falla de Boconó que aparentemente se encausa con el Río Mocotíes (Vía Mesa Bolívar).

El siguiente tramo corresponde a la fotografía 010255-531 (Figura 6.8) la cual abarca desde el sector San Felipe hasta el sector quebrada El Barro zona en la cual no se evidenciaron abundantes rasgos del paso de la misma por lo cual se asume el paso de la misma en determinado tramo de la zona.

La abundancia de vegetación es uno de los factores determinantes que dificultan observar las posibles evidencias existentes en este tramo de la zona de estudio donde comienza el acceso al Valle del Mocotíes.

Tramo desde San Felipe hasta la Quebrada El Barro.

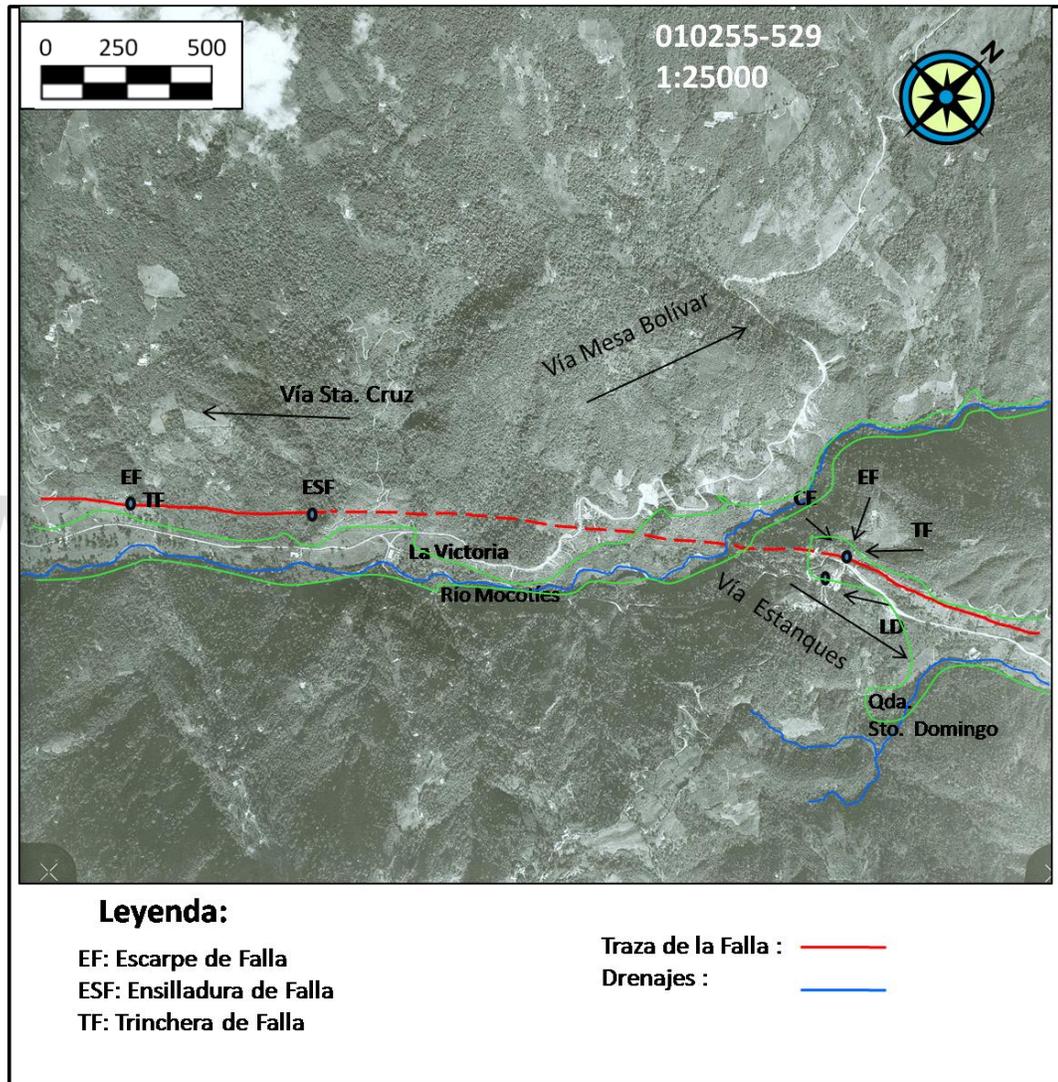


Figura 6.8 En esta vista área que va desde el sector San Felipe hasta las Adyacencias de la quebrada El Barro se observa la presencia la traza de la Falla de Boconó encausada en el Valle del Mocotíes. En la traza de estudio se observaron varios rasgos del paso de la misma.

En el tramo comprendido entre San Felipe y las cercanías de la quebrada El Barro las evidencias del paso de la falla fueron escasas debido a la vegetación y la actividad erosiva y sedimentaria imperante en la zona, lo cual dificultó la observación a cabalidad de los posibles rasgos en el área. La Figura 6.9 muestra una ensilladura de falla perfectamente definida en la que se puede observar la traza de la misma con una dirección NE-SO la cual concuerda con las direcciones previamente determinadas en dicha traza, el rasgo observado está justo al frente de la planta de gas comunal PDVSA adentrándonos en la quebrada. Luego a escasos 150 m de este punto nos encontramos con una secuencia de ensilladuras de falla en sucesión con la anteriormente señalada (Figura 6.10), al llegar a una zona despejada de la vegetación boscosa, se observó una trinchera de falla acompañada de un escarpe de aproximadamente 3 m, la cual está alineada con la dirección de la traza en estudio (Figura 6.9). Continuando con el recorrido aproximadamente a 50 m, se tuvo acceso a un abanico aluvial activo el cual por medio del estudio fotogeológico previo da evidencia del paso de la falla, pero en su reciente actividad deja expuesto un afloramiento compuesto por filitas de la Asociación Tostós, en este no se observaron cambios significativos en la foliación ni se evidencia paso de la falla en ese punto.

Continuando con el trayecto, a 100 m del abanico mencionado se evidenció un escarpe de falla en alineación a las ensilladuras que hemos observado anteriormente (Figura 6.11). Posteriormente, en las cercanías a la quebrada El Barro (frente a Cofemca) se observó cambio de pendiente brusco en la ladera de la montaña y se logra determinar la presencia de un escarpe y trinchera de falla (Figura 6.13 y 6.14); también se observó un pequeño lomo de falla a escasos metros en dirección hacia Santa Cruz de Mora (Figura 6.12).



Figura 6.9. Se evidencia una ensilladura de falla y la traza de la misma. Ubicación: frente a la planta de gas comunal PDVSA. Coordenadas: N931940, E212820. ESF: Ensilladura de falla

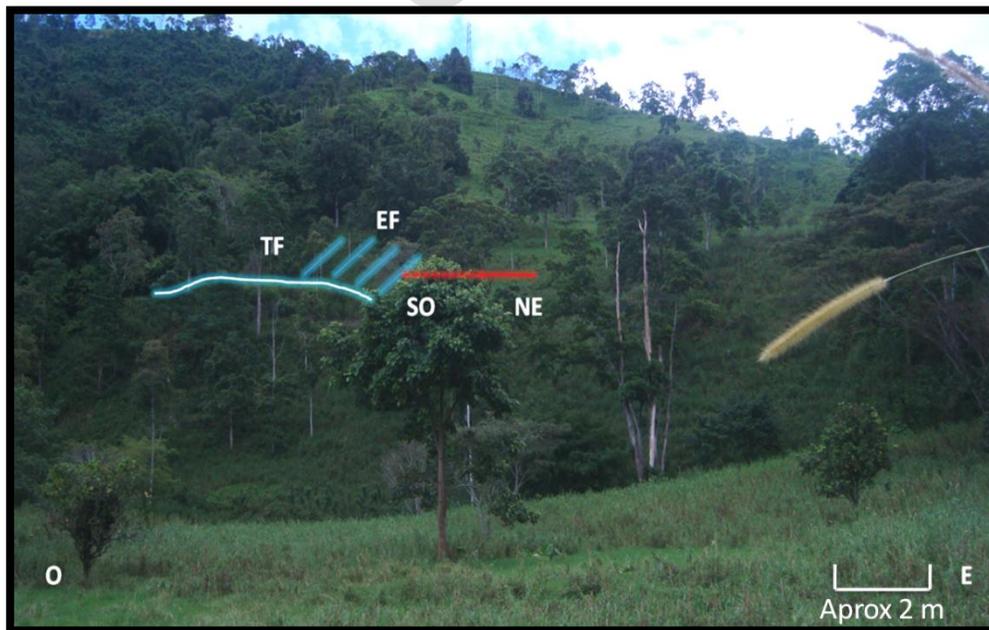


Figura 6.10. Escarpe de falla acompañado de una trinchera. EF: Escarpe de falla, TF: Trinchera de falla.

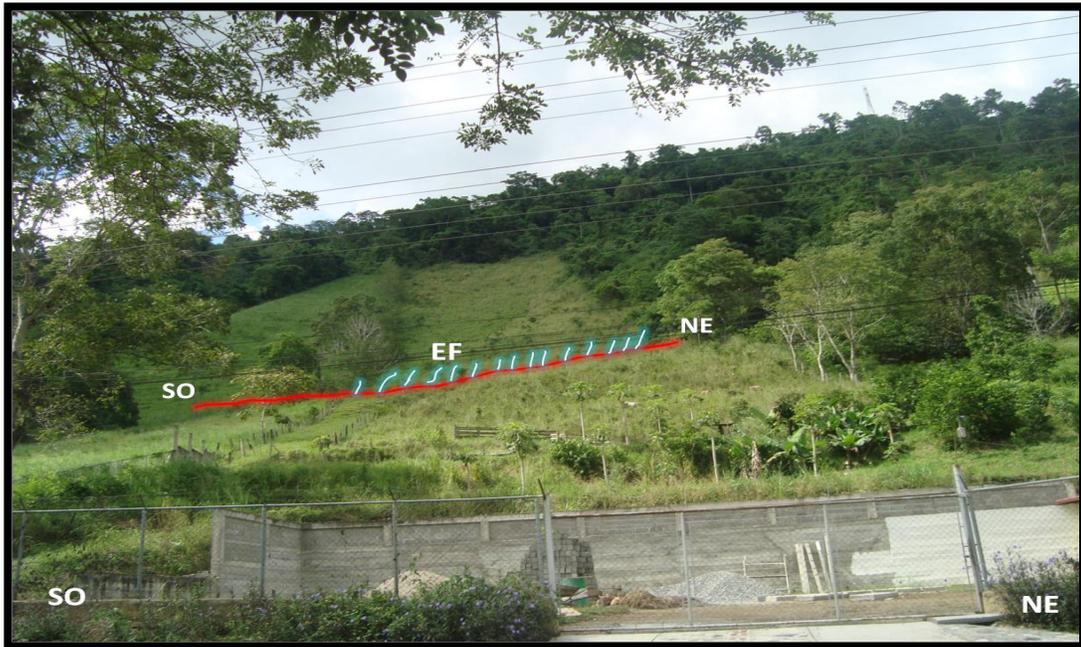


Figura 6.11. Escarpe de falla. Sector cercano a la planta de gas comunal. EF: Escarpe de falla.



Figura 6.12. Tendencia de la falla en el sector Quebrada El Barro donde se puede apreciar el lomo de falla. LF: Lomo de falla

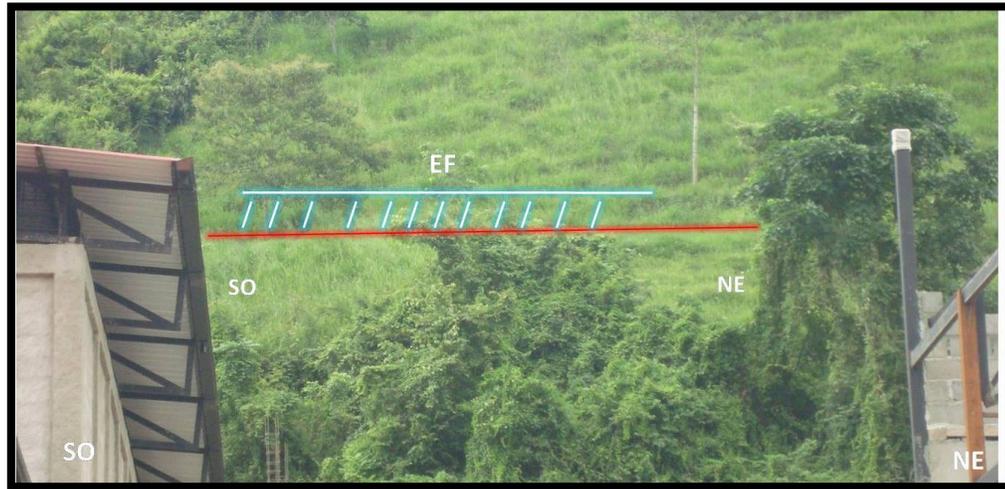


Figura 6.13. Se aprecia un escarpe de falla en las cercanías de la Cofemca sector Quebrada El Barro. Coordenadas N931161 E211553. EF: Escarpe de falla.

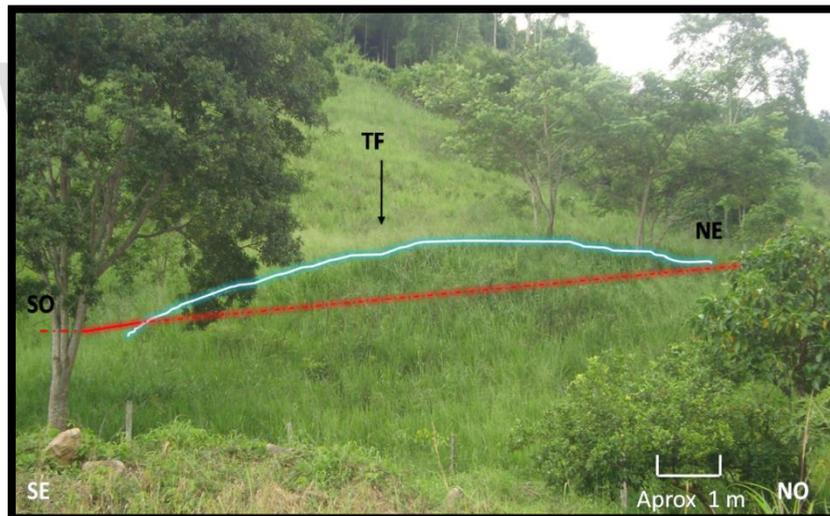


Figura 6.14. Trinchera de falla en secuencia con el escarpe observado en la figura anterior en el sector Quebrada El Barro. Coordenadas N931078 E211413. TF: Trinchera de falla.

El siguiente tramo comprende el sector que va desde la quebrada El Barro hasta la población de Santa Cruz de Mora en la cual se pudieron observar múltiples evidencias directas del paso de la traza activa de La Falla de Boconó en esta zona. (Figura 6.15)

Tramo desde la Quebrada El Barro hasta la población de Santa Cruz de Mora

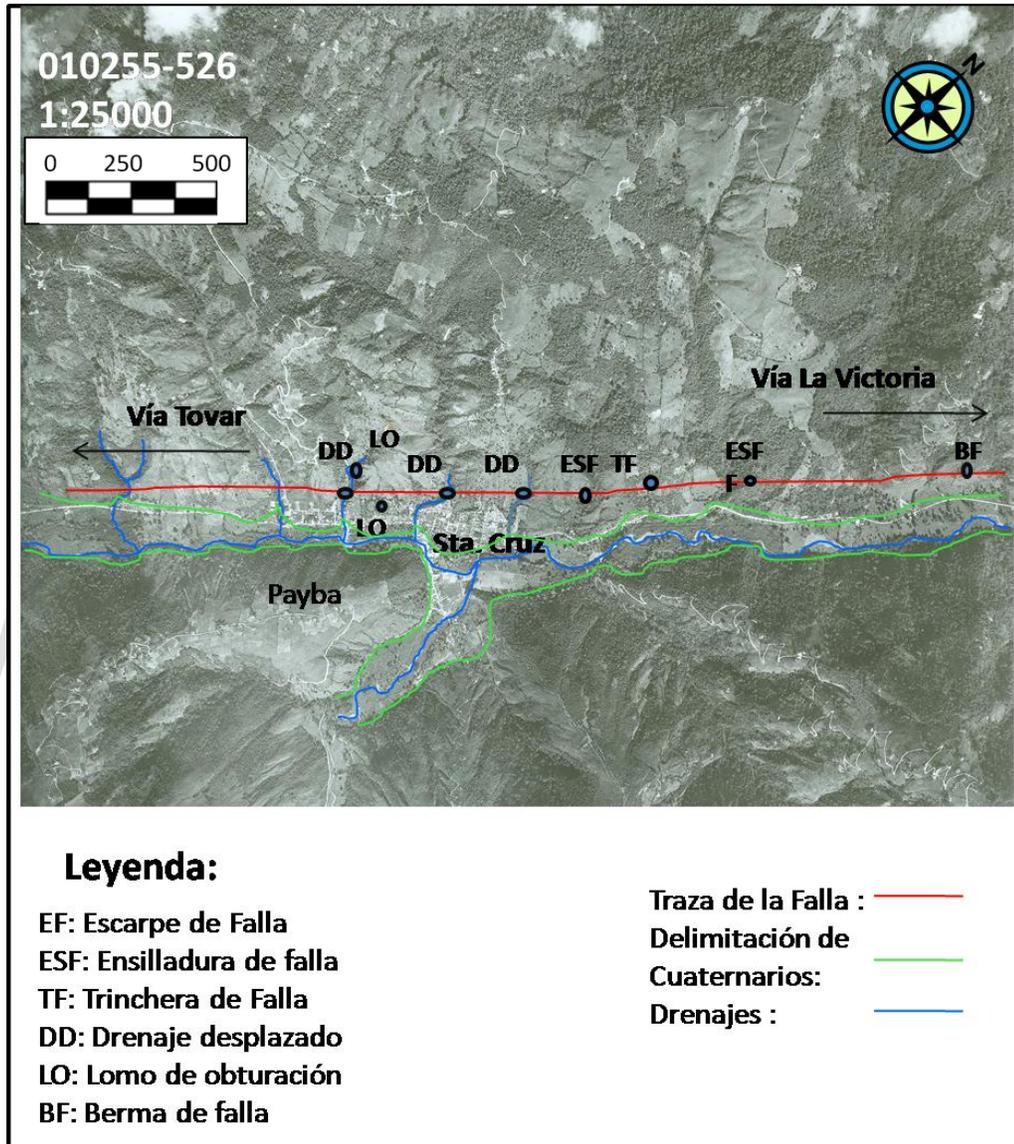


Figura 6.15. La fotografía aérea abarca desde las cercanías de la Quebrada El Barro hasta las adyacencias de la población de Santa Cruz de Mora; en ella se demarcaron drenajes desplazados, Ensilladuras y trincheras de falla, lomos de obturación y bermas de falla.

En este sector, se denotó con mayor claridad la traza de la Falla de Boconó, gracias a la presencia de rasgos geomorfológicos evidentes a pesar de la intervención antrópica existente en la zona. En el sector denominado La Piedrota se observó un cuello, berma y escarpe de falla que sin duda ponen de manifiesto la traza de la falla en estudio con una dirección NE-SO (Figura 6.16). En la figura 6.17 se logró evidenciar la traza de la falla, la misma da lugar a la formación de dos ensilladuras de falla; a escasos metros y continuando en La Piedrota continúa denotándose la traza de la falla en estudio y se observa una ensilladura de falla en continuidad a las anteriormente vistas (Figura 6.18).

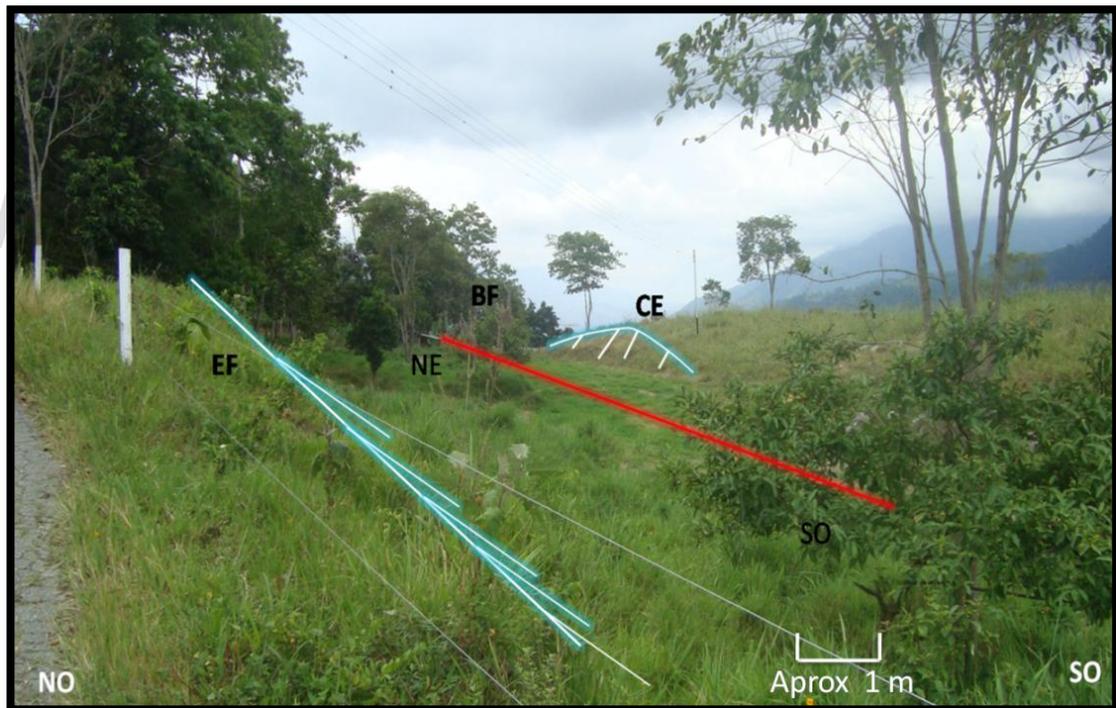


Figura 6.16. Hacienda en el sector La Piedrota. Coordenadas: N931208, E210385. EF: Escarpe de falla, CE: Contra escarpe de falla

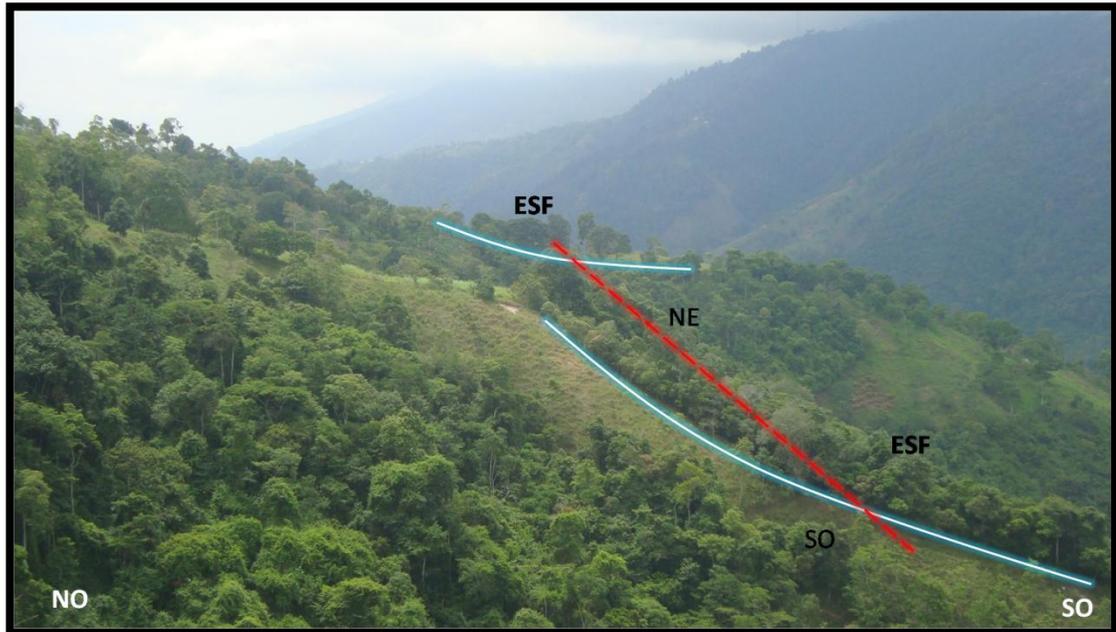


Figura 6.17. Traza de la falla da lugar a la formación de las ensilladuras de falla. ESF: Ensilladura de falla.

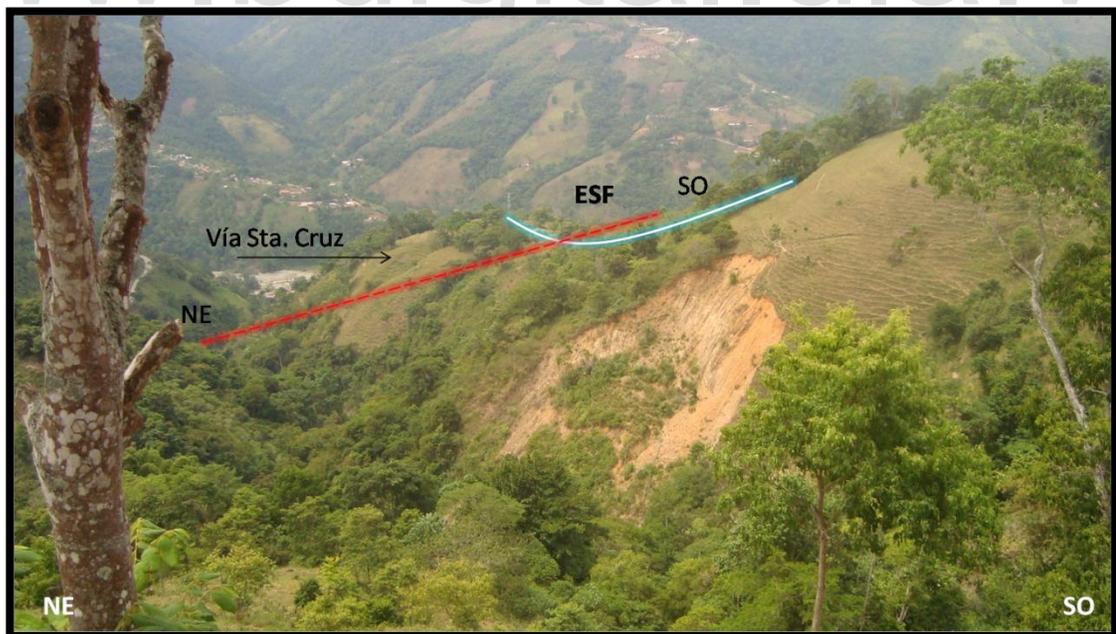


Figura 6.18. Vista panorámica desde la carretera hacia la población de Zea. ESF: Ensilladura de falla.

Desde las cercanías a la población de Santa Cruz de Mora, en un lugar denominado La Parada El Diamante, aproximadamente a 20 metros de la Panificadora Industrial Monte Carmelo, alejado de la vía principal se observa un pequeño lomo desplazado por la traza de la falla en dirección SO-NE (Figura 6.19). Llegando al semáforo de Santa Cruz de Mora, se logra observar cómo la falla deja rastros geomorfológicos en la parte superior del pueblo; estas zonas son de difícil acceso, ya que no hay manera de llegar a la misma. En la figura 6.20 se logra observar la continuidad de la traza con dirección SO-NE desplazando el lomo existente. Desde la vía hacia Tovar, se logró obtener una vista panorámica hacia Santa Cruz de Mora, evidenciándose el cuello de falla que se muestra en la figura 6.21, no se denotó el paso de la traza de la falla posiblemente debido a la abundante vegetación existente en la zona, lo que dificulta la determinación de la misma.

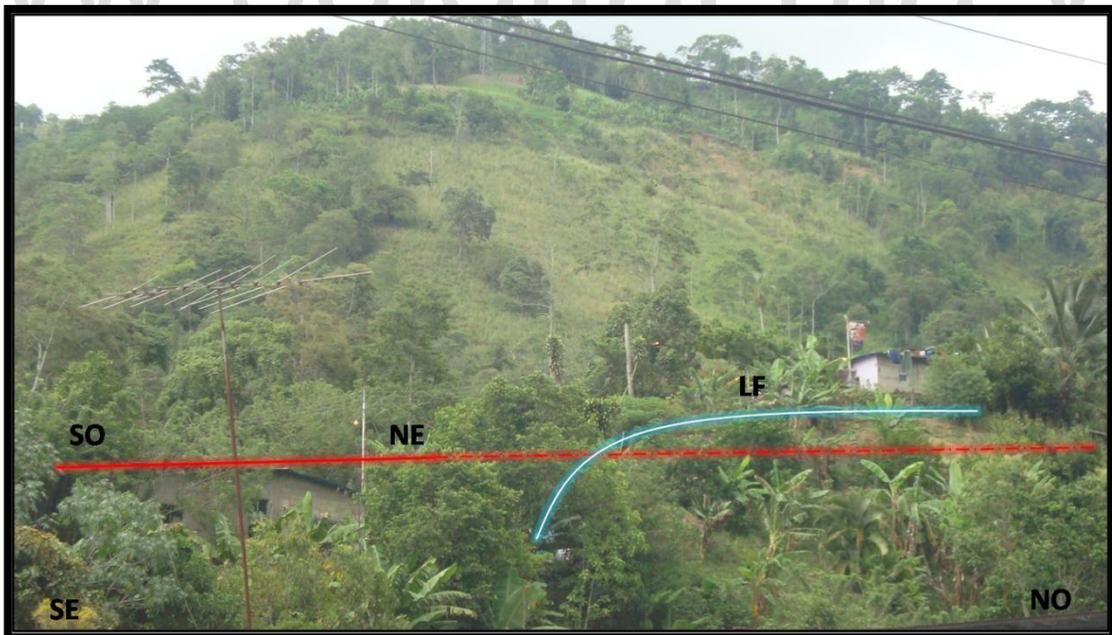


Figura 6.19. Se evidencia un lomo de falla generado por la traza. Ubicación: La Parada El Diamante. Coordenadas: N929800; E209852. LF: Lomo de falla.

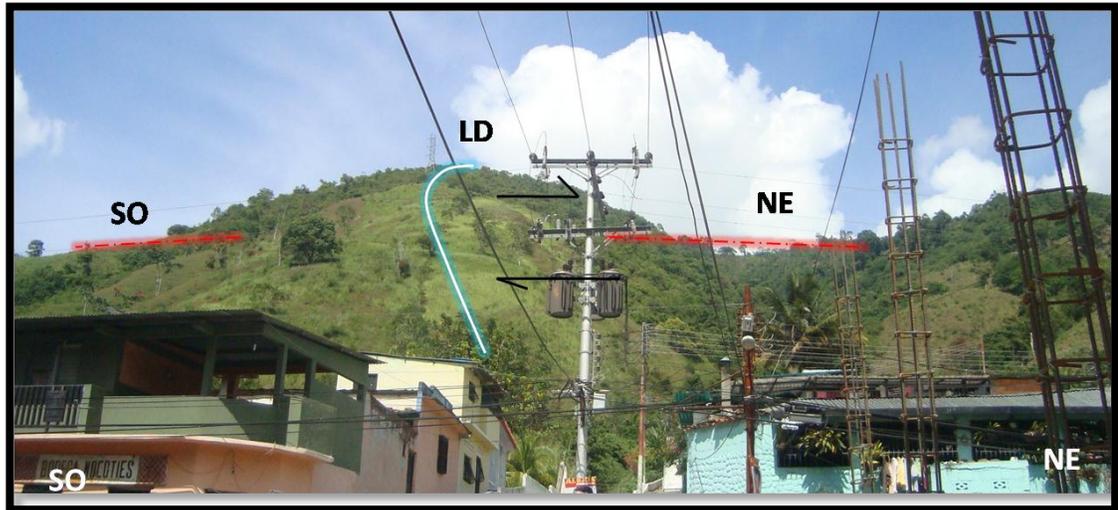


Figura 6.20.Ubicación: Saliendo de la población de Santa Cruz hacia la vía a Tovar. Se observa un lomo desplazado por la falla en dirección SO-NE. LD: Lomo desplazado.



Figura 6.21. Vista panorámica a Santa Cruz de Mora desde la vía hacia Tovar. ESF: Ensilladura de falla.

En el tramo comprendido entre el sector Cuba Libre y San Diego fue posible observar evidencias tanto directas como indirectas que ayudaron a dilucidar el paso de la misma a lo largo de esta zona (Figura 7.22)

Tramo desde el sector Cuba Libre hasta San Diego

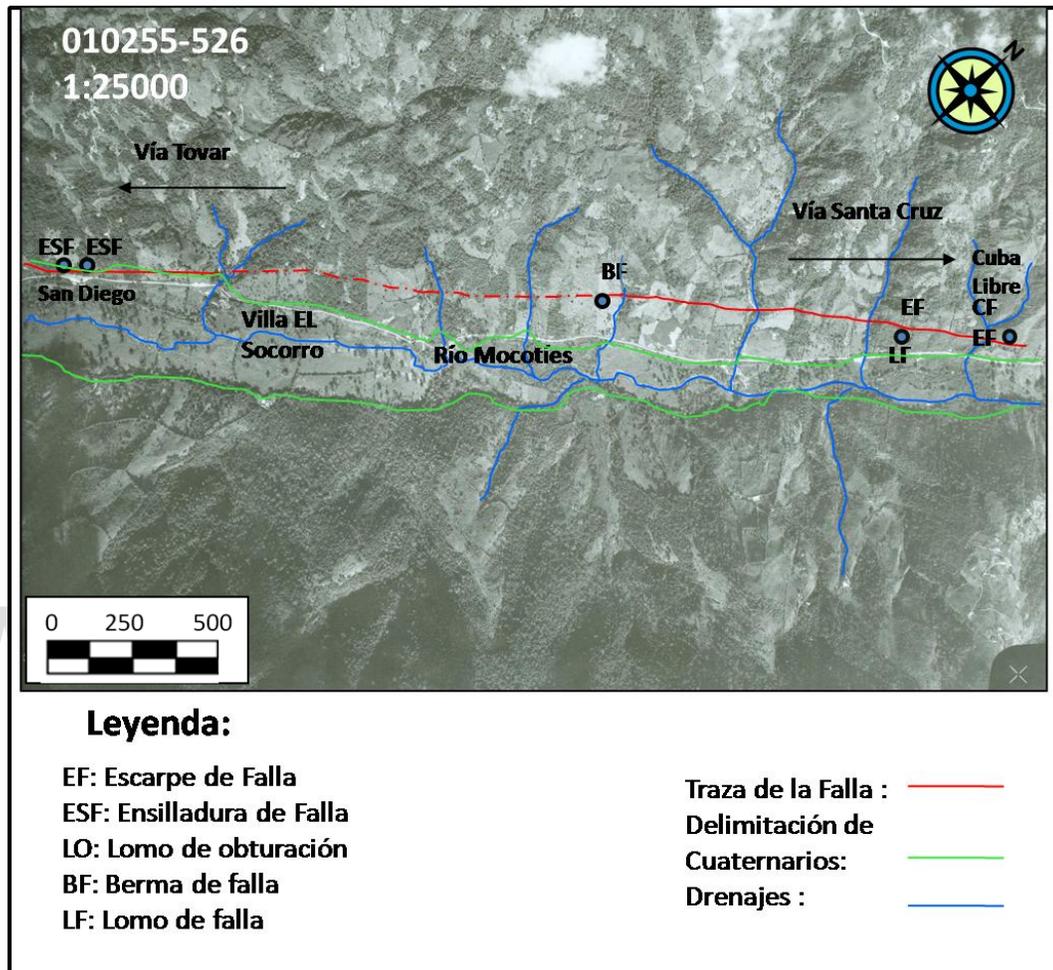


Figura 6.22. La fotografía aérea comprende desde el sector Cuba Libre (cercañas del pueblo de Santa Cruz Mora) hasta San Diego. Se observan distintos rasgos de la traza de la falla sobre la zona.

En este tramo se hace evidente una serie de rasgos que dejan en evidencia el paso de la Falla de Boconó, ciertamente en el sector denominado Cuba Libre, se observó una ensilladura de falla formado por la traza de la misma, ésta pasa de forma paralela al tanque de cemento (Figura 6.23). Continuando en la vía hacia Tovar, en el camino hacia la

posada “Mi Querencia” se logra evidenciar un lomo y escarpe de falla que muestran la traza de la falla en estudio, así mismo a escasos metros se observó un lomo desplazado, una ensilladura y escarpe de falla (Figuras 6.24, 6.25 y 6.26).

Posteriormente, en el Tabacal, cerca de la Unidad Educativa que lleva el mismo nombre se encuentra ubicada una pequeña terraza, que presenta un cambio de pendiente abrupto, a su vez se denota el paso de la falla en dirección SO-NE, formando una berma de falla (Figura 6.27).



Figura 6.23. Se denota la traza de la falla en dirección SO-NE, la misma da lugar a la formación de un cuello de falla. Sector Cuba Libre. Coordenadas: N928097, E206598. ESF: Ensilladura de falla, EF: Escarpe de falla.



Figura 6.24. Se observa un lomo y escarpe de falla que dejan en evidencia la traza de la falla. Ubicación: Entrada a la posada Mi Querencia (cercañas del sector Cuba Libre). LF: Lomo de falla, EF: Escarpe de falla.

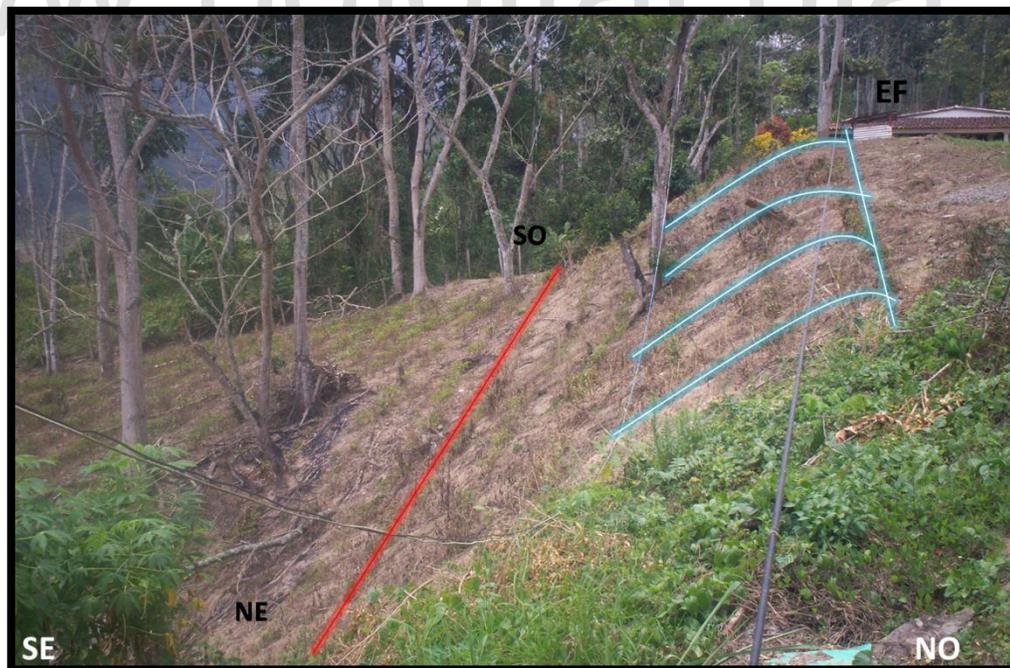


Figura 6.25. Se logra observar de mejor manera el escarpe producto del paso de la falla en las cercanías de la posada Mi Querencia. EF: Escarpe de falla.



Figura 6.26. Se observan rasgos geomorfológicos en la vía principal hacia el pueblo de Tovar. EF: Escarpe de falla, CE: Contra escarpe de falla.

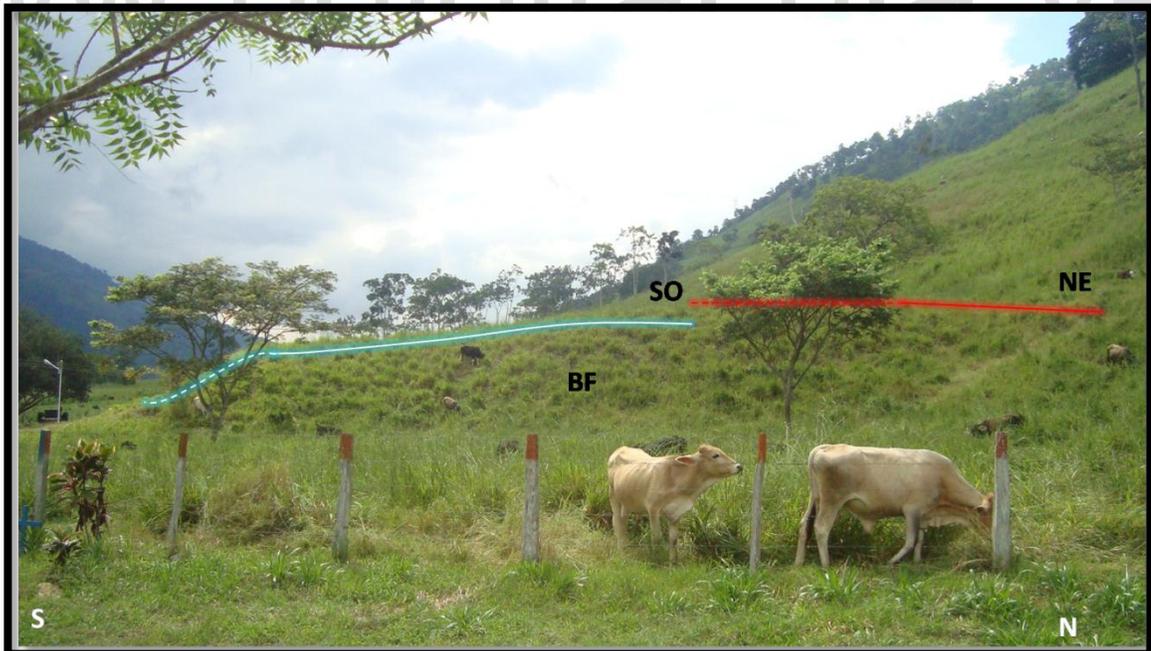


Figura 6.27. Terraza donde se evidencia una berma de falla producto del paso de la falla. Lugar: El Tabacal. Coordenadas: N927600, E205743. BF: Berma de falla.

En la figura 6.28 se observa como del otro lado de la quebrada lo que parece ser la continuidad de la berma mencionada anteriormente ha sido removida producto de la intervención antrópica, aquí solo se logra evidenciar el paso de la falla por un escarpe que se encuentra pegado a la ladera de la montaña.



Figura 6.28 En esta fotografía se puede observar la zona donde antiguamente se encontraba una berma de falla la cual fue removida para realizar la construcción que observamos en la misma. Al fondo se puede observar un escarpe de falla que denota el paso de la misma. EF: Escarpe de falla.

Antes de llegar a El Peñón, en un sector denominado San Diego se destaca la presencia de ensilladuras de falla formadas por el marcado paso de la traza de la falla de Boconó en la zona, es importante mencionar que la vegetación arbórea es abundante lo que no permite apreciar bien los rasgos existentes en la zona (Figuras 6.29 y 6.30).

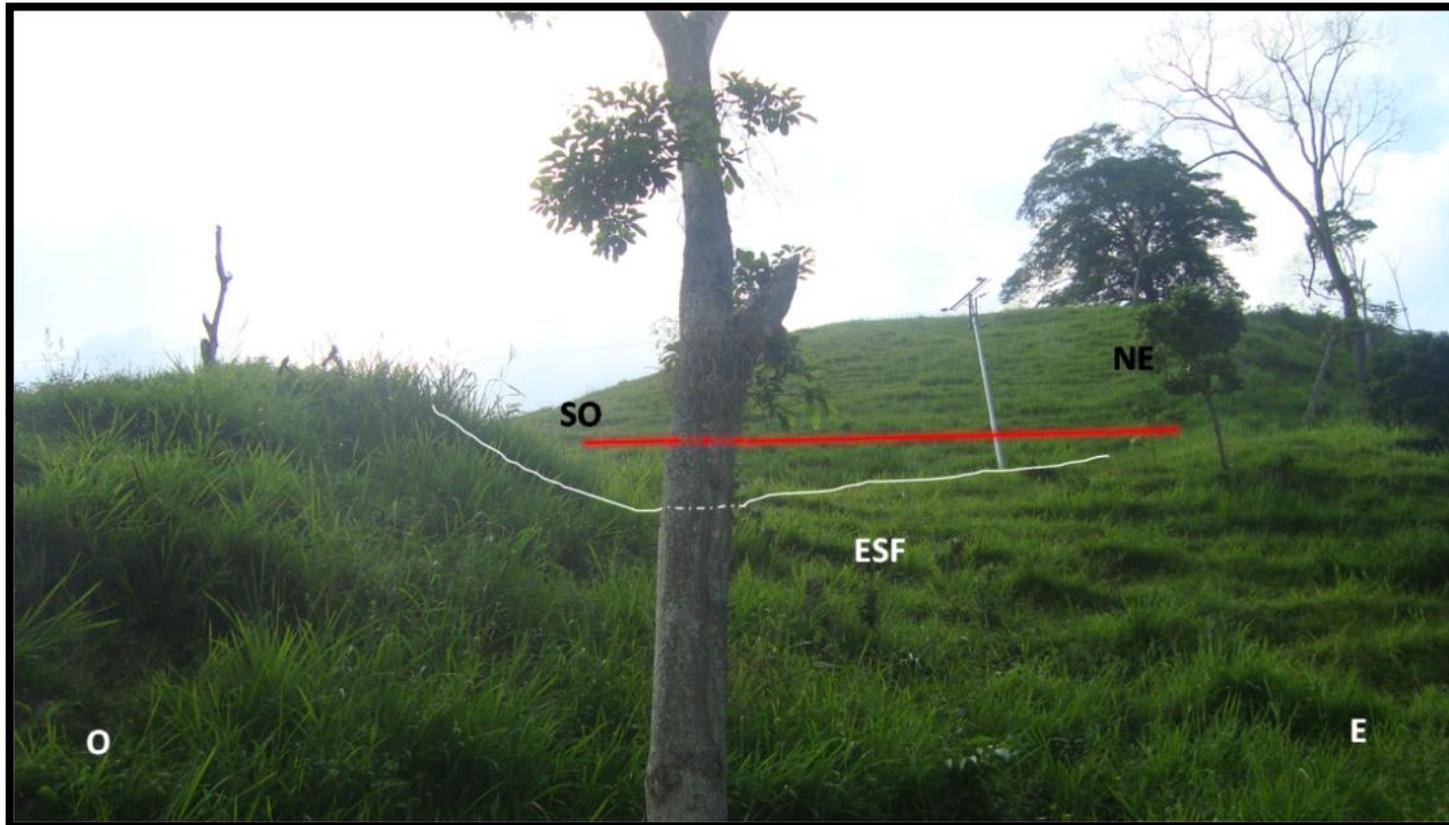


Figura 6.29. Se observa una hombrera de falla formada por el paso de la falla. Dirección de la falla: SO-NE. Lugar: San Diego. ESF: Ensilladura de falla.

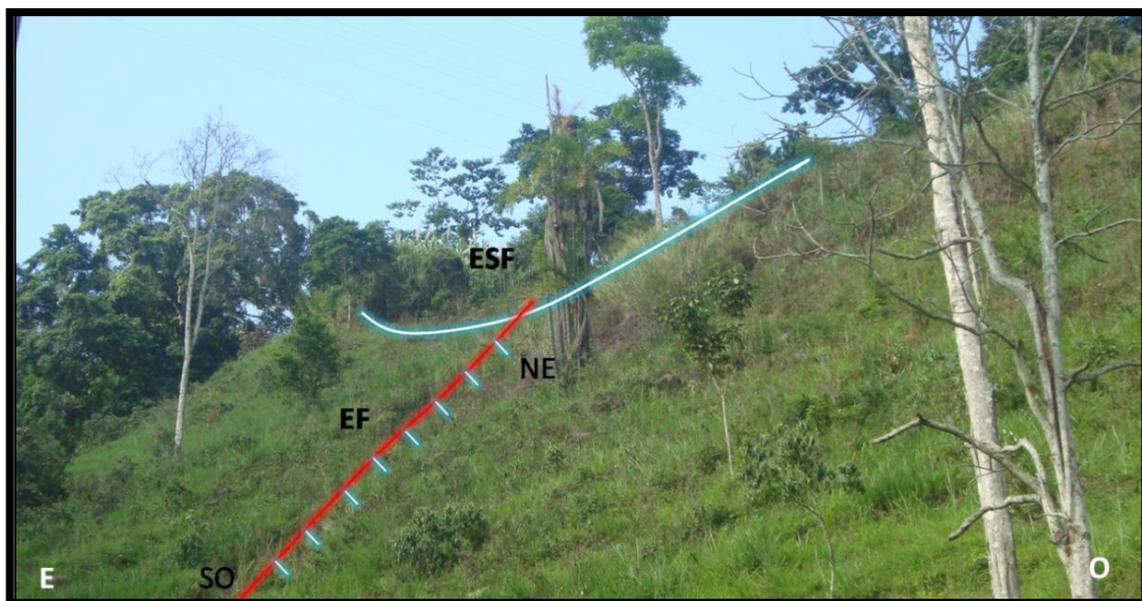


Figura 6.30. Se aprecia la traza de la falla en dirección SO-NE, dejando como evidencia una hombrera de falla. EF: Escarpe de falla, ESF: Ensilladura de falla.

En cuanto a lo que respecta a la zona entre San Diego y Tovar se pudieron observar múltiples evidencias geomorfológicas que ayudan a comprender el comportamiento de la traza activa de La Falla de Boconó y fue posible corroborar en campo estas evidencias. (Figura 6.31).

En esta zona se observaron varios drenajes desplazados además de ser el único tramo, donde se pudo observar una superficie de falla, la cual se evidencia por una zona donde la roca se encuentra muy fracturada como consecuencia del movimiento de la falla en esta zona, dicha superficie quedó expuesta gracias a la acción erosiva del agua de la quebrada en el sector el Peñón. (Figuras 6.32, 6.33)

Tramo desde el sector San Diego hasta la población de Tovar.

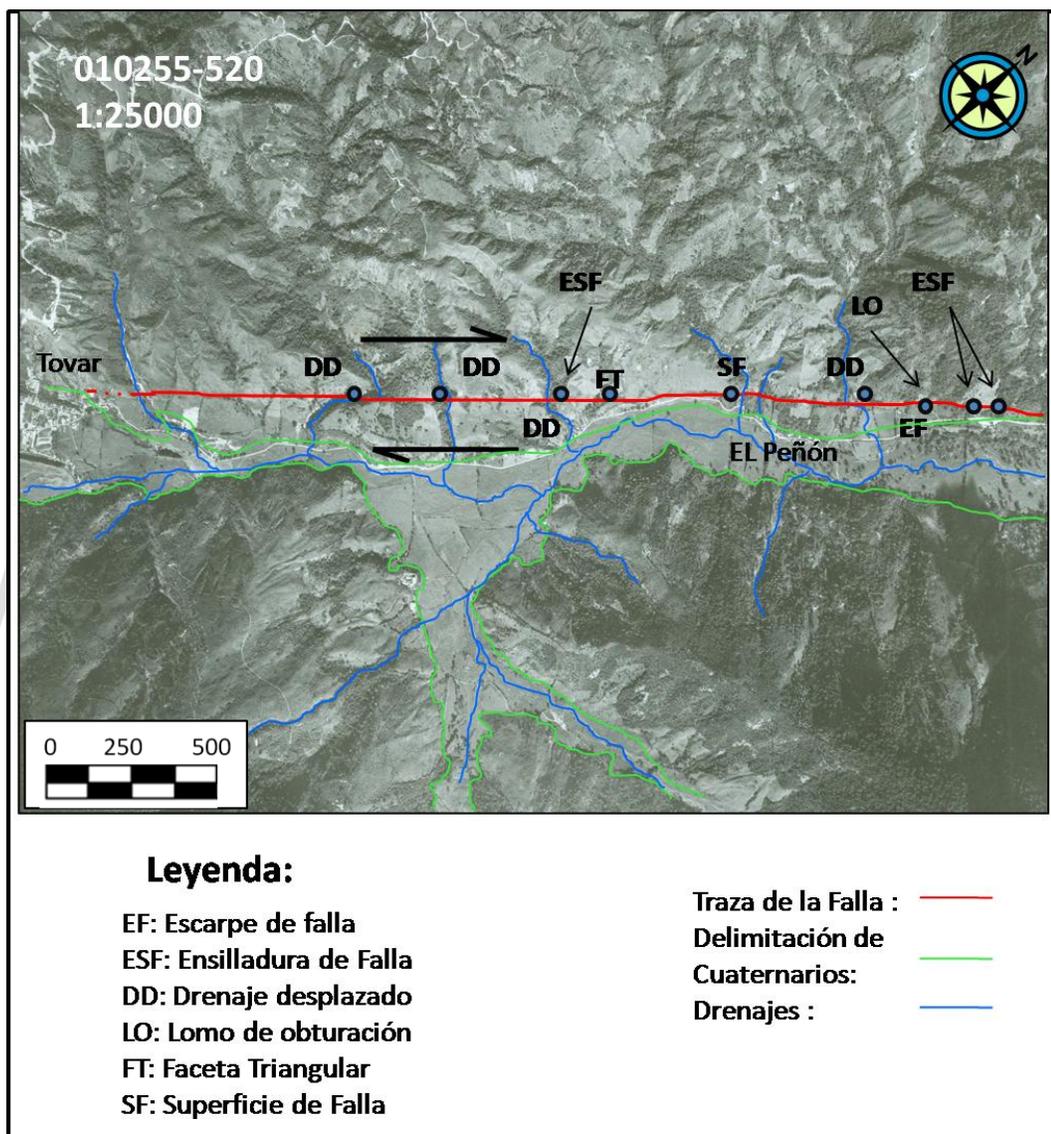


Figura 6.31. La vista aérea abarca desde las cercanías de El Peñón hasta las adyacencias de la población de Tovar. Se observan distintos rasgos geológicos sobre la zona.

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.



Figura 6.32. La traza de la falla da lugar a un escarpe de falla y lomo de obturación. EF: Escarpe de falla, LO: Lomo de obturación.



Figura 6.33 Zona donde se logra apreciar una aparente superficie que nos muestra un corte transversal de la falla y el material muy fracturado producto del movimiento de la falla en el sector El Peñón.

El último tramo de la zona de estudio es el comprendido entre Tovar y La Playa, es en este donde se logra observar lo que denominamos traza B la cual discurre en la cara sur del valle del Mocotíes y se evidencia por un valle lineal que encausa el río Mocotíes en el Sector La Galera, además de varios deslizamientos alineados con el mismo. En lo que respecta a la traza principal se evidencia por múltiples ensilladuras alineadas entre la población de Tovar y La Playa (Figura 6.34).

Tramo desde Tovar hasta La Playa de Bailadores.

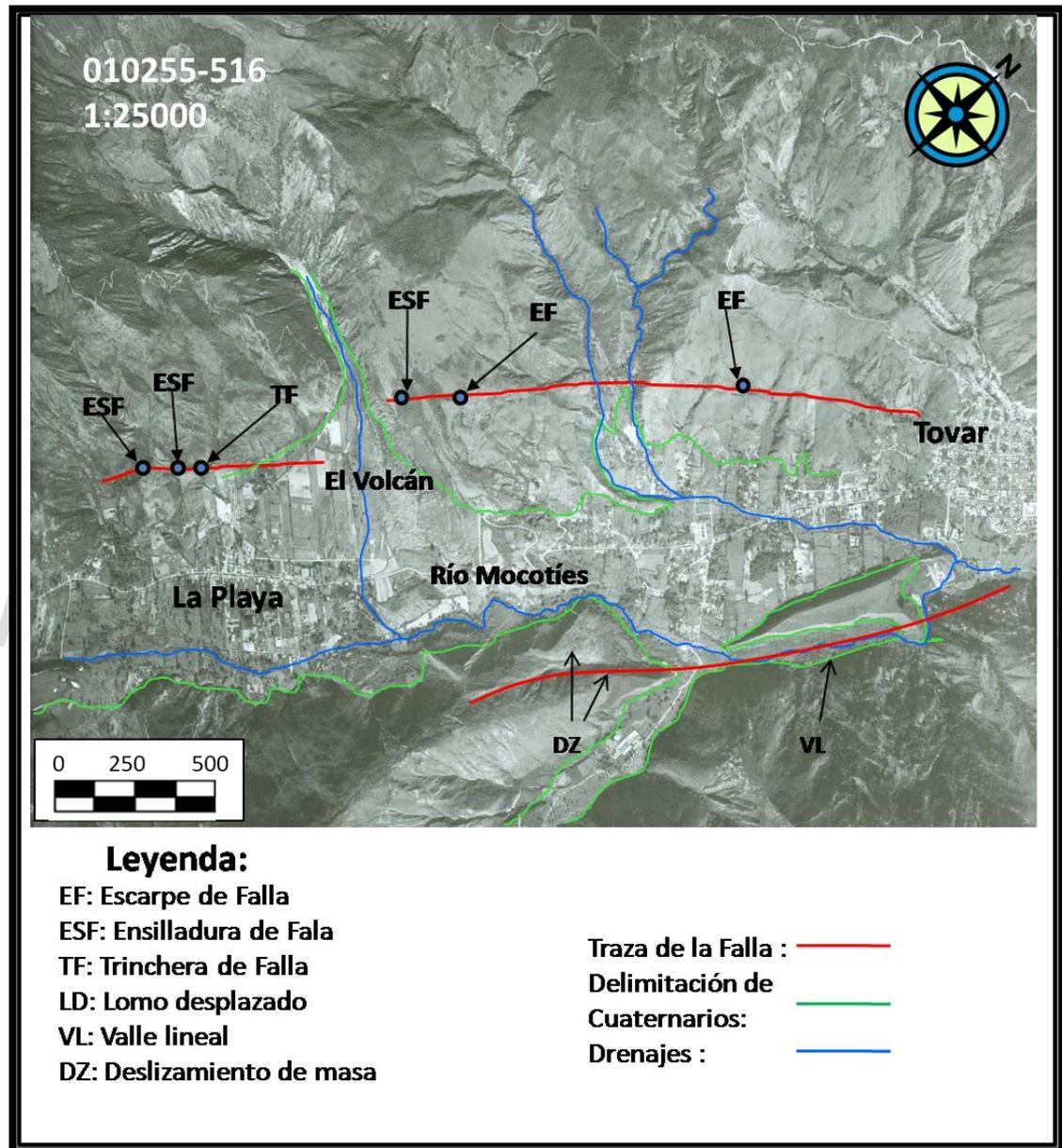


Figura 6.34. La vista aérea comprende el recorrido desde la población de Tovar hasta La Playa de Bailadores, abarca el sector denominado El Volcán. Se logra apreciar la presencia de rasgos geomorfológicos que afirman la presencia fehaciente de la Falla de Boconó en la zona de estudio.

En el poblado de Tovar la traza de la Falla de Boconó se vuelve muy sutil y las evidencias geomorfológicas se hacen escasas, debido a la fuerte actividad antropica y abundante vegetación, lo que implica que no pueda seguirse con claridad la traza principal de la falla, es por ello, que se hizo uso de las fotografías aéreas y mapa topográfico, asumiendo su trayectoria casi lineal; sin embargo, desde una vista panorámica hacia Tovar, desde un punto de la carretera que conduce hacia Zea logró observarse unas ensilladuras de falla y facetas triangulares (Figura 6.35). en lo que respecta a la figura 6.36, se pudo observar el paso de otra falla, la cual se une con la traza que anteriormente se ha seguido, ésta discurre por el lado derecho o sur del valle del Mocotíes, alineando el paso del río por detrás del paso de la terraza cuaternaria que está frente a la población de Tovar.

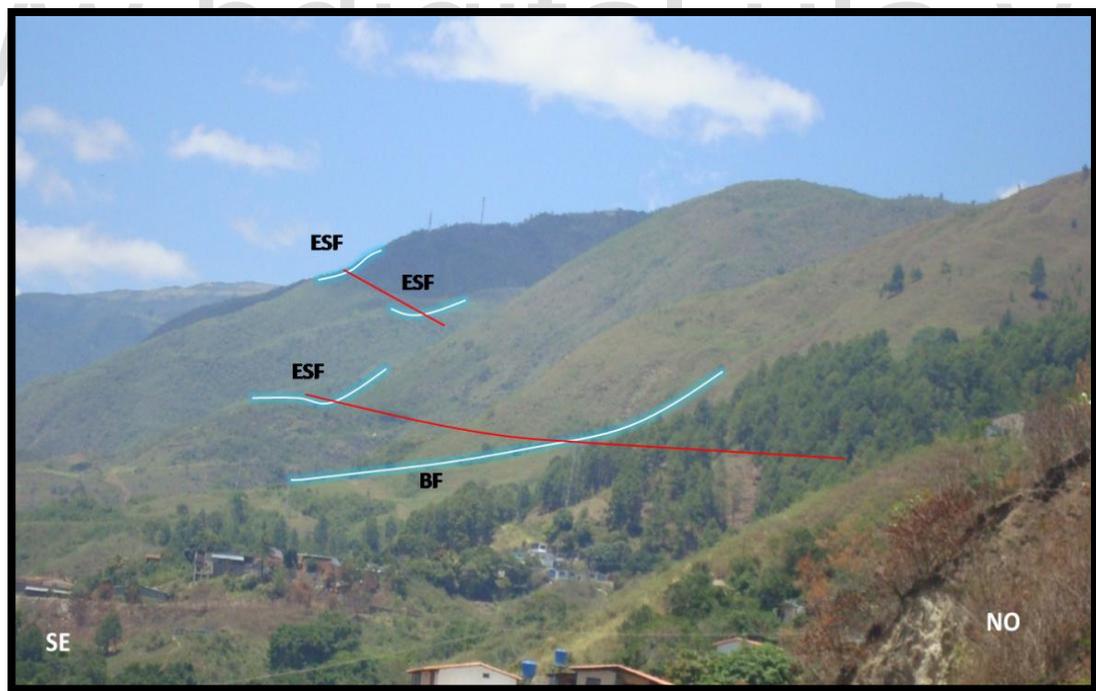


Figura 6.35. Vista panorámica a Tovar desde la carretera hacia la población de Zea, el paso de la falla deja marcadas evidencias geomorfológicas.

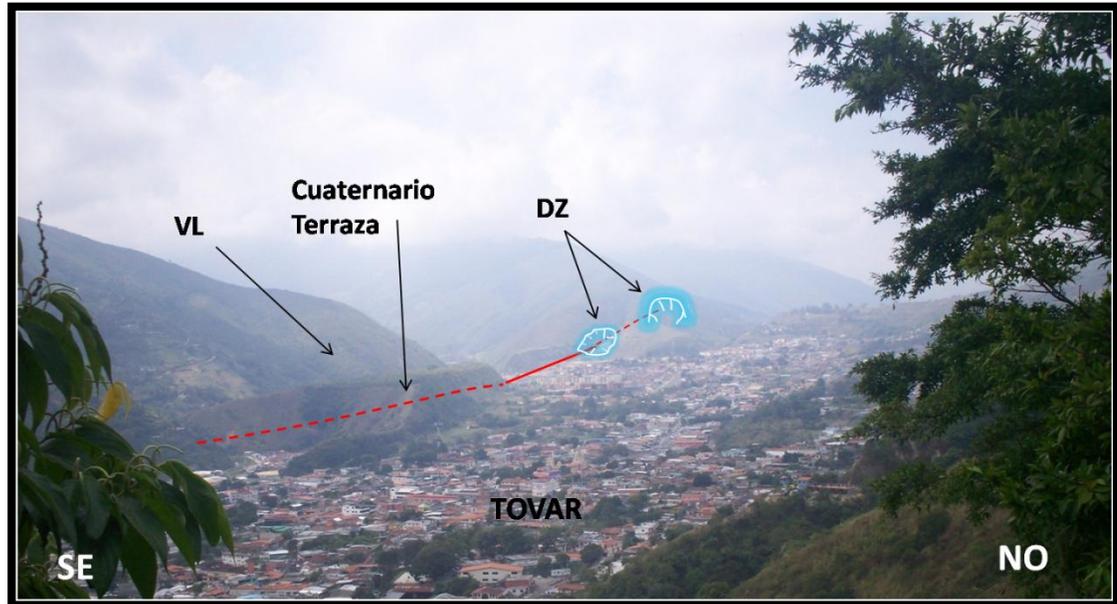


Figura 6.36 Paso de la falla por detrás del cuaternario formando una valle lineal y deslizamientos que coinciden con el paso de la traza en la zona cercana a la playa. DZ: Deslizamiento, VL: Valle lineal.

En el sector de Quebrada Arriba, antes de llegar La Playa de Bailadores, el paso de la falla deja como evidencia una ensilladura de falla (Figura 6.37). Entre el sector Quebrada Arriba y el sector El Volcán se puede observar una ensilladura de falla acompañada de un deslizamiento activo, ladera abajo también se observa la presencia de una berma de falla, los rasgos mencionados nos evidencian el paso de la traza de falla por esa zona y la actividad de la misma (Figura 6.38). En la población de La Playa de Bailadores la falla muestra muy buena expresión geomórfica, desde las cercanías donde se ubica el tanque de INOS se hace evidente la presencia de ensilladuras de falla (Figura 6.41 y 6.42), así como el desarrollo de una trinchera de falla con una depresión de aproximadamente 6 metros de ancho

y una profundidad de 2 metros, junto a ella un lomo desplazado (Figura 6.39 y 6.40).



Figura 6.37. Ensilladura de falla en el sector Quebrada Arriba.

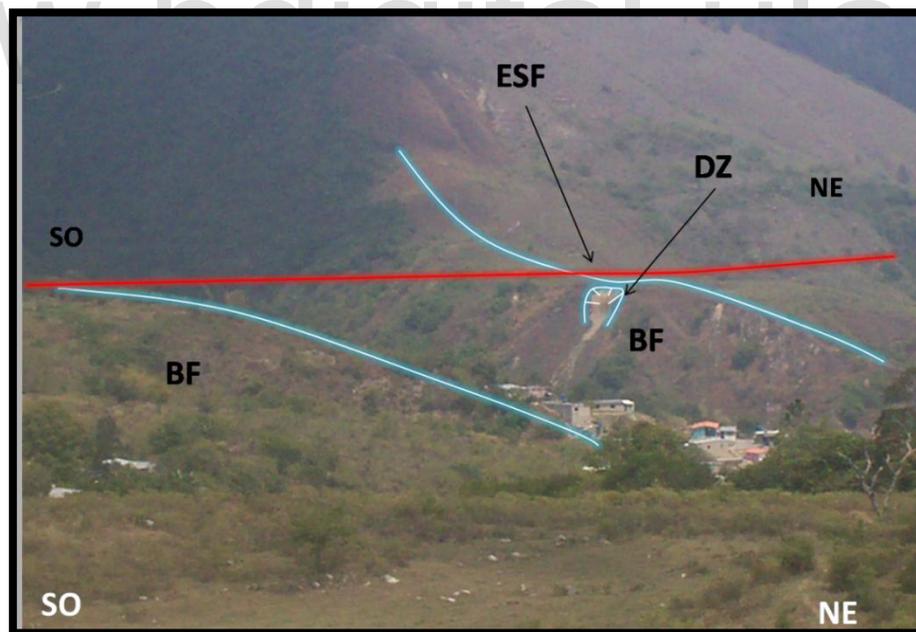


Figura 6.38. Ensilladura de falla en la cual se denota un deslizamiento seguido de una berma en la parte más baja de la ladera. Cercanías del sector Qda. Arriba. ESF: Ensilladura de falla, DZ: Deslizamiento de masa, BF: Berma de falla

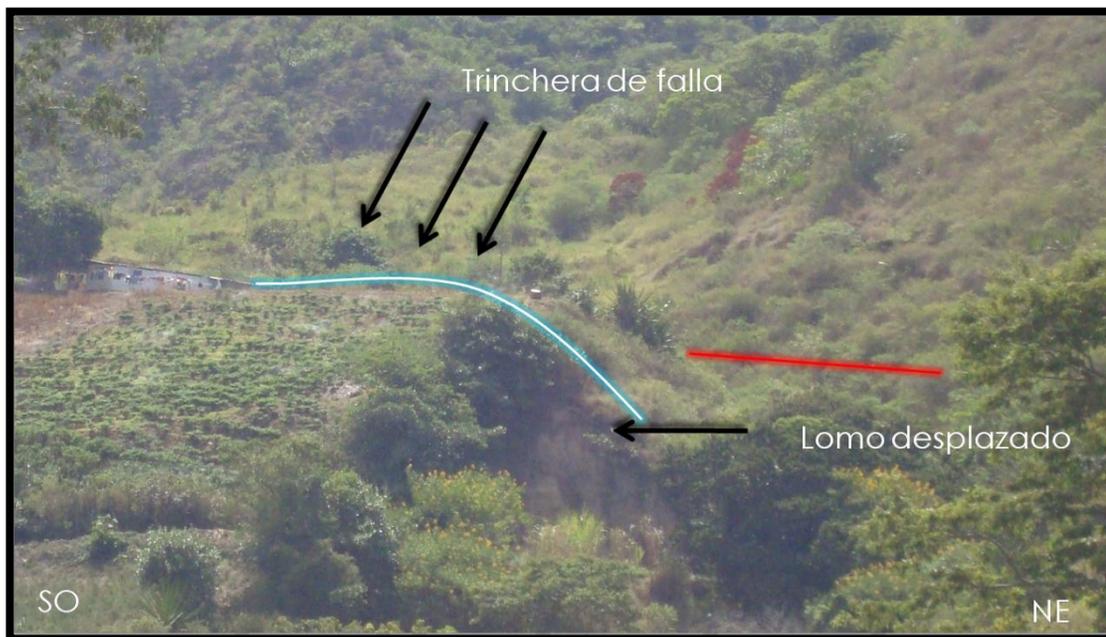


Figura 6.39. Vista panorámica de la trinchera de falla y el lomo desplazado.



Figura 6.40. Trinchera de falla. Coordenadas: N919250, E192988.



Figura 6.41. Ensilladura de falla situada justo al lado del tanque de INOS. Sector: La Playa. Coordenadas: N919189, E 192827.



Figura 6.42. Lado derecho del tanque de INOS, se observa una ensilladura de falla.

6.2 Modelos Digitales de Elevación

Se construyeron modelos digitales de elevación en 3D usando distintas bases de datos, obtenidas de las imágenes satelitales que fueron proporcionadas para la realización de este trabajo. Estos modelos permiten confirmar y observar de una mejor manera rasgos geomorfológicos que evidencian el paso de La Falla de Boconó y que a causa de la vegetación y los rasgos antrópicos de la zona no se pueden ver fácilmente.

Dichos modelos permiten tener una visión más amplia y general de lo que es toda la zona de estudio, la cual comprende El Valle del Mocotíes, y el valle generado por el río Santo Domingo, de igual manera, los modelos junto con las imágenes satelitales y las fotografías aéreas permitieron dilucidar mejor lo que está ocurriendo geológicamente en el área y a su vez, señalar sobre los mismos, rasgos que no se observarían a simple vista en las imágenes satelitales y fotografías aéreas.

Para su elaboración se usaron datos de imágenes landsat 7 (L71007054-05420030309-MTL.L1G,product_creation_time=2003-07-21t23:34:51z) obtenidos por medio del software Global Mapper 13, estos datos se utilizaron para generar el modelo de elevación en el software 3DEM, indicando los rasgos importantes que predominan en el área de estudio. Además, demostrar con variaciones de colores la altura sobre el nivel del mar presente en todo el modelo. Véase Figura 7.2.1

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.

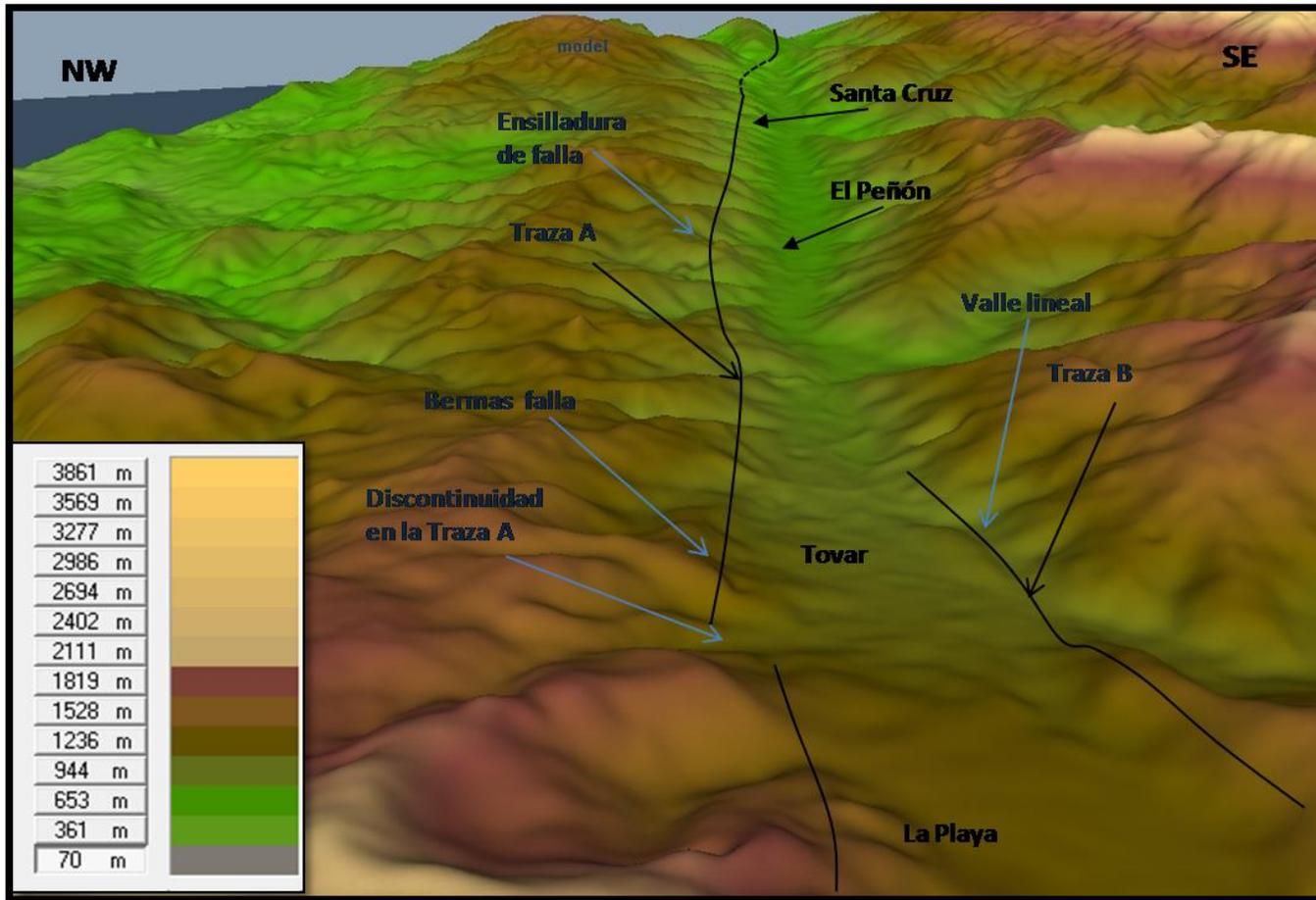


Figura 6.2.1 Modelo de elevación digital donde se logra observar el recorrido de ambas trazas de falla y algunos rasgos distintivos que se pudieron resaltar por medio del modelo. (Software utilizado 3DEM).

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.

También se generó otro modelo de elevación basado en datos obtenidos de otras imágenes satelitales, Se trata de una imagen ASTER GDEM Worldwide Elevation Data (1.5-arc-second Resolution) [Use <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> if fails] la información proporcionada por esta se uso para generar un modelo de elevación utilizando el software conocido como Arcgis 10. Este modelo es un complemento del anterior, y aquí se puede observar más detalladamente el desnivel entre las poblaciones de La Playa y Tovar así como el ensanchamiento del Valle del Mocotíes en esta área. Véase Figura 7.2.2

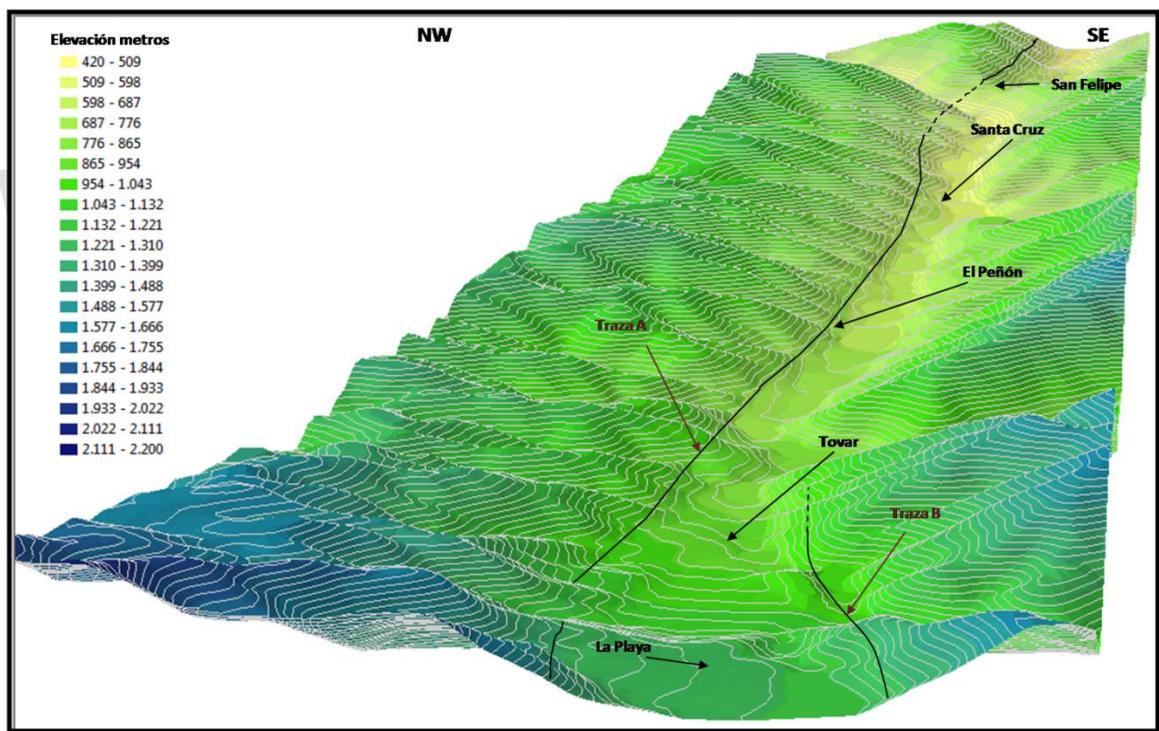


Figura 6.2.2 Modelo de elevación generado mediante el programa Arcgis 10. ArcScen 10, en el cual se puede observar un modelo en base a la topografía obtenida por medio de la imagen ASTER GDEM Worldwide Elevation Data (1.5-arc-second Resolution) Use <http://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp> if fails]

6.3 Cartografía Neotectónica

Para la realización de la cartografía neotectónica de la traza principal de La Falla de Boconó en el área, se analizaron todos los datos obtenidos por medio de fotografías aéreas, imágenes satelitales y levantamientos realizados en campo, corroborando los mismos mediante fotografías y adquiriendo evidencias que no se pueden apreciar en las mismas. Una vez analizada toda la información se procede a generar el modelo neotectónico usando el software Arcgis 10 y plasmando la información sobre una imagen satelital Spot (Volume: NETWORK CVP0014069, Order Number TS5, Date: 2008-10-0, 08:16:26). Con todos estos datos se pudo generar un modelo neotectónico que plantea una hipótesis sobre lo que ocurre en el área comprendida entre Estanques y la Playa de Bailadores. (Ver anexo 1)

Además, se generó un modelo de sismicidad histórica reciente (2000 al primer trimestre del 2013) con datos obtenidos por la red sismológica de Los Andes proporcionados por el Fundapris. Dicho mapa nos permitió obtener mayor información acerca de la ubicación, magnitud y ocurrencia de sismos en la zona. De igual manera, estos datos se plasmaron sobre el mapa base generado anteriormente. (Ver anexo 2) en el cual se puede observar que en la última década la sismicidad sobre la zona ha sido bastante moderada, en cuanto a su magnitud, sobresaliendo el sismo ocurrido el 12 de Enero de 2013, cuya magnitud es la mayor que se ha registrado a lo largo de estos 10 años.

CAPÍTULO VII

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

7.1 Modelo Estructural

La Falla de Boconó es la responsable de numerosos desplazamientos (Anexo 1) en la topografía y en las estructuras geológicas. Los autores que han estudiado dicha falla proponen diversas teorías acerca de su comportamiento, uno de los primeros tratados realizados fue el de Rod (1956b) el cual consideró a La Falla de Boconó, como una falla rumbo deslizante con desplazamiento relativo hacia la derecha.

En lo que respecta al área estudiada, la falla presenta rasgos característicos que permitieron corroborar los alineamientos presentes.

Un grupo de estructuras geológicas alineadas permitieron confirmar el paso de La Falla de Boconó en toda la zona de estudio, muchos de estos fueron inicialmente ubicados mediante el análisis de imágenes satelitales y fotografías aéreas para posteriormente, complementar todo lo observado en

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

dicho análisis con la etapa de campo y así poder ubicar nuevas estructuras que no pudieron ser observadas mediante el análisis fotogeológico.

De acuerdo a lo expuesto por Rod (1956b), en el análisis fotogeológico se ubicaron una serie de drenajes y lomos desplazados (Figura 6.15 y 6.31) que fueron corroborados en campo, los cuales transfieren una connotación de falla rumbo deslizante a la traza A de La Falla de Boconó.

En tanto Cluff y Hansen (1969) hacen referencia a un desplazamiento vertical de la falla. Giegengack (1972) afirma la teoría de la existencia de un desplazamiento vertical donde el lado norte está deprimido con respecto al lado sur, y a su vez, un desplazamiento secundario paralelo al rumbo de la falla en sentido hacia la derecha. Schubert (1980a) indicó este desplazamiento de rumbo hacia la derecha y que el desplazamiento vertical aparente, de algunas de las estructuras producto de esta falla, se debe a la erosión y al desplazamiento lateral de rasgos con topografía variable.

En el tramo entre Estanques y Santa Cruz de Mora predominan la presencia de facetas triangulares, bermas, ensilladuras y escarpes de falla que oscilan entre los 1m y 3m aproximadamente (Figuras 6.6; 6.11; 6.13; 6.16; 6.23) estas evidencias denotan un desplazamiento aparentemente vertical normal de la misma, en la zona.

Luego el tramo comprendido entre la población de Santa Cruz de Mora y Tovar, es clave para indagar acerca de la cinemática de la falla, dada la presencia de una serie de lomos de obturación y drenajes desplazados, los cuales sugieren que ésta tiene un comportamiento transcurrente dextral con una componente vertical normal.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

En cuanto al tramo entre Tovar y La Playa de Bailadores, se pudo constatar, que el alineamiento estructural A o traza principal de La Falla de Boconó, específicamente en la zona de Tovar, las evidencias son un tanto escasas debido a la acción antrópica en las últimas décadas, sin embargo, unas pocas estructuras y las evidencias observadas en el análisis fotogeológico ayudaron a esclarecer el paso de la traza principal de La Falla de Boconó en esta zona por medio de una berma y las ensilladuras de fallas (Figura 6.35) que se logran observar desde la población de Tovar, donde a su vez se observa el salto que se produce en dicha traza al llegar a la población de La Playa.

En la zona de Tovar, al lado sur del Valle del Mocotíes se observó lo que se denominó como el alineamiento estructural B o Traza B, el cual se extiende sobre el lado sur del Valle del Mocotíes, pasando por detrás de la depósito cuaternario conocida como La Galera, (Figura 6.36) donde la falla se evidencia por formar un valle alineado en el cual se ve encausado el río Mocotíes; siguiendo las evidencias se constató como la traza continuaba sobre la ladera de la montaña conocida como Las Cruces de La Playa, donde dos coronas de deslizamiento alineadas (una de ellas activa) y la trinchera en continuidad con estas, denotan su paso. Este alineamiento estructural se hace paralelo al alineamiento estructural A con una misma dirección SO-NE.

Al llegar al sector conocido como El Volcán de La Playa, la traza experimenta un salto en su continuidad, para luego verse evidenciada al final de la zona de estudio por ensilladuras de fallas, una trinchera y un lomo desplazado. (Figuras 6.38- 6.42).

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.

El alineamiento estructural A se define por poseer la mayor extensión a lo largo del área de estudio, atraviesa toda la zona desde Estanques hasta La Playa de Bailadores y muestra la mayor cantidad de rasgos geomorfológicos que definen su paso, esto posiblemente, se debe a la extensión, ya que este mismo alineamiento estructural ha sido documentado en zonas adyacentes al área de estudio por [Alvarado \(2008\)](#).

Este alineamiento estructural se ha caracterizado en su mayoría por un conjunto de geoformas a lo largo de la zona, dado que los rasgos en roca dura han sido muy escasos, el mismo tiene su paso en zonas muy cercanas a los caseríos y poblados presentes en el área, la accesibilidad para su estudio en algunas zonas es relativamente fácil, pero en otras dada la abundante vegetación, la topografía y la falta de caminos se ha dificultado.

El paso de este alineamiento por zonas donde se han desarrollado poblados y actividades antrópicas, que progresivamente van aumentando su actividad, ha ocasionado que los mayores rasgos de expresión topográfica de los cuaternarios hayan sido borrados por las actividades de construcción civil y agrícola.

De manera general y como ya se ha mencionado anteriormente para todo el alineamiento estructural A, la cinemática corresponde al tipo transcurrente dextral con una componente normal, lo cual se ha corroborado por la cantidad de lomos y drenajes desplazados en conjunto con los escarpes presentes.

Dentro de las expresiones más destacadas de esta traza, están las presentes en el sector San Felipe, donde esta exhibe una trinchera que se alinea con el camino de tierra y su respectivo escarpe y contraescarpe,

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

sobre este último se observa lo que es un lomo desplazado, todo sobre sedimentos de origen fluvial posiblemente aportados por el Río Mocotíes y Santo Domingo.

Entre otras de estas expresiones resaltan los drenajes y lomos desplazados presentes en la zona de Santa Cruz de Mora y sus adyacencias, los cuales son evidencias claves para determinar la cinemática del alineamiento estructural A.

El siguiente rasgo de relevancia encontrado, que denota el paso de esta traza es el observado en El Peñón en la Quebrada San Rafael, donde en un afloramiento, el paso de la falla se denota por la presencia de una zona de brecha de falla, encontrándose el material muy fracturado debido a la naturaleza de la roca presente y al movimiento de la traza en esta zona. (Figura 6.33)

Las últimas evidencias resaltantes están justo al final de la zona de estudio en el sector La Playa de Bailadores, donde resaltan la presencia de una secuencia de ensilladuras de falla que comienzan en el sector donde se encuentra el tanque del INOS y se extienden hacia el SO, acompañadas de una trinchera y un lomo desplazado.

En lo que respecta a los rasgos relevantes del alineamiento estructural B, como ya se han mencionado, son pocos, en esta traza encontramos el valle lineal generado por la traza en la meseta cuaternaria conocida como La Galera, en Tovar, en la cual se encuentra encausado el río Mocotíes. Mas al SO se observan dos coronas de deslizamiento alineadas que indican el paso y la actividad de la traza B por la zona cercana a la entrada hacia San

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.

Francisco y a su vez, una trinchera de falla de extensión considerable, en el sector conocido como Las Cruces frente a la población de La Playa.

Las falta evidencias diagnóstico de movimiento, impidieron precisar la cinemática de la traza B, asumiéndose un comportamiento dextral, que ayuda a comprender mejor lo que está sucediendo estructuralmente en esta zona, ya que se pudo observar cómo el Valle del Mocotíes al llegar a la población de Tovar sufre un notable ensanchamiento lateral. Al observar dicho valle desde la población de La Playa hacia Tovar, este muestra un descenso abrupto en cuanto a su altura.

Dado que no se pudieron realizar los Mecanismos Focales (Insuficiencia de datos) ni se encontraron estrías de falla sobre la superficie de falla hallada por estar muy fracturada lo que dificultó el modelo estructural. Con todas las evidencias estructurales mencionadas anteriormente y los análisis previos de la cartografía generada (anexo1), se logro analizar y proponer una cuenca de tracción (pull-apart-basin) en la zona de Tovar dada la cinemática transcurrente dextral de ambas trazas, lo que indica una zona en la que domina un régimen tectónico transtensivo, en el cual opera un sistema de esfuerzos que genera una zona de extensión oblicua la cual puede estar generando una grieta de tracción oblicua que posiblemente puede ser una falla con dirección oblicua, al desplazamiento de ambas trazas, es decir, un estado intermedio entre extensión y movimiento transcurrente, generándose escalones distensivos de fallas de rumbo que producen depresiones conocidas como cuencas de tracción (pull-apart-bassins) Twiss y Morores, 1992.

Es por ello que se observa dicha irregularidad en la topografía del Valle del Mocotíes, en la zona entre la Playa y Tovar, dada la depresión

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.

topográfica producida por una curva o escalón distensivo producto de la cinemática e interacción imperante entre la Traza A conocida como la Falla de Boconó y la Traza B.

Es relevante resaltar, el hecho de encontrar continua y regularmente rasgos geomorfológicos desplazados o deformados en la traza A, sobre material cuaternario, por lo cual se deduce que estos rasgos están asociados a la actividad tectónica de fallas activas y no se les atribuye exclusivamente a otros procesos modificadores del relieve como los procesos erosivos.

Cortes Geológicos

Estos cortes se realizaron con la finalidad de comprender de una manera más detallada la complejidad estructural de la zona de estudio. Igualmente, se muestra el posible buzamiento de los planos de falla en los cortes geológicos.

- **Corte A-A´ :**

En su lado más NW se extiende desde la vía hacia Mesa Bolívar pasando por El Cerro Sabaneta, sector San Felipe hasta la vía de Mesa de Las Palmas. Atraviesa el alineamiento estructural A, donde esta exhibe un comportamiento dextral con una componente normal. El buzamiento de la falla es de alto ángulo. Se tiene la presencia de un contacto ígneo por falla en la zona la cual corresponde a la presencia del Granito de Estanques, que a su vez, posiblemente corresponde a un dique presente en la zona. Además se observa el basculamiento que ha sufrido la Asociación Tostos y la Formación Mucuchachí producto de la orogénesis que afectó la zona.

El comportamiento normal de la falla quizá, sea producto de una fase de distensión postorogénica. (Anexo 3)

▪ **Corte B-B´:**

Este corte fue realizado atravesando transversalmente la zona conocida como Quebrada El Barro. En su zona más al NW se exhibe la Formación Capacho del Cretácico y Aguardiente, la cual buza hacia el NE y se encuentra en contacto de falla con la Asociación Tostós que buza hacia el NW, encontrándose afectada por La Falla de Boconó, buzando con alto ángulo hacia el NE, presentando una cinemática dextral normal.

Al atravesar el Valle del Mocoties se encuentra suprayacente y discordante a la Asociación Tostós, la Formación Mucuchachí. Ambas se encuentran basculadas productos de la orogénesis que afectó la zona. (Anexo 4).

www.bdigital.ula.ve

▪ **Corte C-C´:**

Se ubica entre las poblaciones de Tovar y Santa Cruz de Mora, en El Peñón, específicamente. Este corte atraviesa la traza activa principal de La Falla de Boconó, denominándose traza A, la cual buza de manera casi perpendicular con su característico movimiento dextral normal, encontrándose intraformacionalmente en la Asociación Sierra Nevada, justo en esta zona se puede observar una ensilladura de falla gracias a la acción de ésta. (Anexo 5)

▪ **Corte D-D´:**

En lo que respecta a este corte, se realizó en la población del Sector Quebrada Arriba al NW hasta la vía hacia San Francisco al SE.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

En este se puede observar el cambio de pendiente de NW a SE producto del movimiento de ambas trazas. La Falla que está más al NW es La Falla de Boconó o alineamiento estructural A, la cual sigue mostrando su comportamiento dextral normal, pero en esta zona, interactuando con la denominada traza B del Sistema de Fallas de Boconó, que se encuentra más al SE y cuya cinemática es de una falla transcúrrente dextral, indicando el porqué del cambio de pendiente observado en la zona y a su vez, fundamenta la depresión topográfica que se observa entre La Playa de Bailadores y Tovar, producto de una cuenca de tracción (Pull-apartbasin) generada por la interacción de ambas trazas.

(Anexo 6)

www.bdigital.ula.ve

CONCLUSIONES

- En la zona de estudio se lograron registrar dos trazas de falla activas, siendo necesario reconocer la presencia y persistencia de rasgos geomorfológicos, los cuales pudieron ser observados tanto en campo como por medio de análisis de fotografías aéreas e imágenes satelitales lo cual permitió general un modelo estructural en base a estos rasgos, dicho modelo permitió estudiar y comprender de una manera más clara la actividad tectónica en la zona.
- La cartografía generada a partir de todos los datos obtenidos aporta información relevante sobre los procesos tectónicos que están imperando en el área de estudio y a su vez proveen una data más actualizada sobre la cartografía neotectónica de la zona.
- De las trazas encontradas, sólo la traza de La Falla de Boconó o alineamiento estructural A, presenta continuidad a lo largo de la zona, mientras que la traza B, no presenta continuidad en toda la extensión del área zona de estudio, lo cual hace de esta área una zona tectónicamente compleja.
- La cinemática de la traza principal de la Falla de Boconó fue determinada por medio del análisis de fotografías aéreas y la observación en campo de evidencias como lomos y drenajes desplazados, donde se evidenciaron drenajes y lomos desplazados por la acción de ésta en determinadas zonas. Y en correspondencia con los distintos autores que

Cartografía Neotectónica del área comprendida entre Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.

precedieron en estudios sobre esta falla, la misma mostró un comportamiento transcurrente dextral normal.

- La denominada traza B o alineamiento estructural B solo se encuentra en el tramo final del área de estudio, extendiéndose desde las cercanías de Tovar en dirección NE-SO y denota rasgos como deslizamientos recientes en referencia al tiempo geológico, lo que denota la actividad de la misma a lo largo de la zona.

- El alineamiento estructural B ejerce un control estructural sobre el río Mocotíes, en el área comprendida entre la entrada a San Francisco y la entrada a la Galera, donde el río sigue el patrón estructural de la falla, siendo éste rectilíneo que forma un valle lineal.

- El movimiento dextral de ambas trazas de falla, produce la depresión topográfica que se observa entre la población de La Playa de Bailadores y Tovar, el cual es un desplazamiento en curvas o escalones distensivos producto del desplazamiento de ambas trazas, generándose una cuenca de tracción (pull-apartbasin) en la zona de Tovar.

- La cinemática preponderante que afecta la zona de estudio es transcurrente dextral, acompañada de las diferentes geometrías generadas como consecuencia de este movimiento que a su vez, genera la zona de trastensión, cuyo ejemplo más relevante es la cuenca de tracción de Tovar.

RECOMENDACIONES

- Complementar la cartografía neotectónica propuesta en este trabajo, con estudios sedimentológicos y estratigráficos que ayuden actualizar la leyenda estratigráfica de la zona.
- Mejorar la información neotectónica de la zona a través de la realización de estudios de microtectónica para afianzar la cinemática propuesta en este trabajo.
- Realizar nuevos estudios fotogeológicos a una escala más detallada, que permita realizar una reinterpretación de la zona, para así ubicar nuevas evidencias que se encuentran en zonas no accesibles y que con una escala a mayor detalle se podrían captar.
- Realizar análisis de imágenes satelitales y de radar, usando distintos software para la interpretación de las mismas e imágenes actualizadas con distintas bandas, que permitan encontrar rasgos que no se evidencian en las fotografías aéreas ni en campo.
- Realizar estudios paleosismológicos en el área de estudio por medio de excavación de trincheras.
- Complementar lo expuesto en este trabajo con estudios geofísicos de profundidad que ilustren y a su vez, ayuden a comprender de una mejor manera el comportamiento de esta falla a lo largo de toda el área.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Alvarado, M. (2008). Caracterización neotectónica de la cuenca de tracción Las González, Mérida Venezuela. (Tesis). Facultad de Ingeniería. Universidad Central de Venezuela. Venezuela.

Aubouin, J. et al. “ De Quelques Problemes Géologiques et Géomorphologiques de la Cordillere Des Andes”. Revue de Géographie Physique et de Géologie Dynamique (2) Vol XV, Fasc. 1-2. pp. 207-216 – 1973.

Audemard, F. A. (1993). Néotectonique, Sismotectonique et Aléa Sismique du Nord-Ouest du Vénézuéla (Système de failles d'Oca-Ancón). Tesis PhD. Universidad de Montpellier II, Francia 369 p.

Audemard, F. A. y Singer, A. (1996). Parámetros sismotectónicos para fines de la Evaluación Sísmica en el Noroccidente de Venezuela. Ponencia presentada en el VII Congreso Venezolano de Geofísica. Caracas: Sociedad Venezolana de Ingenieros Geofísicos. 51-56 p.

Audemard, F.A. y Singer, A. (1997). La Ingeniería de Fallas Activas en Venezuela: historia y estado del arte. Seminario Internacional de Ingeniería Sísmica: Aniversario del Terremoto de Caracas de 1967. Andrés Bello, Caracas, 11–27 p.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

Audemard, F.A. (1998). Contribución de la paleosismología a la sismicidad histórica: Los terremotos de 1610 y 1894 en los Andes Venezolanos Meridionales. REV. GEO.VENEZ. Vol.39, 87-105, 1998 (1 y 2).

Audemard, F. A. (2000). Geomorphic and geologic evidence of ongoing uplift and deformation in the Mérida Andes, Venezuela. Quaternary international. 101-102: 43-65.

Audemard, F.E. y Audemard, F. A. (2002). Structure of the Mérida Andes, Venezuela: relations with the South America–Caribbean geodynamic interaction Tectonophysics 345: 299-327.

Audemard, F. A. (2003a). Geomorphic and geologic evidence of ongoing uplift and deformation in the Mérida Andes, Venezuela. Quaternary international. 101-102C: 43-65

Audemard, F. A. y Ollarves, R., Diaz, G. (2005). Paleoseismic assessment of the main strand of the Boconó fault in its central section, at Mesa del Caballo, Mérida Andes, Venezuela. VI International Symposium on Andean Geodynamics, Barcelona, España, Septiembre 12-14.

Audemard, F. A., Carrillo, E. y Beck, C. (2007). Fieldtrip Guidebook for International Workshop on “Blind dip-slip faulting and strain partitioning in an active orogen: The Mérida Andes case, Venezuela”, Santo Domingo, Estado Mérida, Venezuela. 77 p.

Audemard, F. (2009). Falla de Boconó. Atlas de deformaciones cuaternarias de Los Andes. Publicación geológica multinacional. 7: 259 – 271 p.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

Burbank, D., Anderson, R. (2001). Tectonic Geomorphology. Blackwell Science, Oxford, UK, 274 pp.

Cantos, G., Pérez, E. (2011). Tectónica Activa de la Falla de Boconó en el Valle del Alto Chama, Mérida – Venezuela. (Tesis). Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Venezuela.

Cluff, L., Hansen, W. (1969). Seismicity and Seismic-Geology of northwestern Venezuela. Unpublished Woodward-Clyde's report for Shell. 2 Volumes.

Dávila, J., Pacheco, A. (2009). Cartografía neotectónica del área comprendida entre Ejido y Tabay, Mérida, Estado Mérida. (Tesis). Facultad de Ingeniería. Universidad de Los Andes. Venezuela.

Dewey, J. W. (1972). Seismicity and tectonics of western Venezuela. Bulletin of the Seismological Society of América, 62, 1711-1751.

Ferrer, C. (1988). Evidencias geomórficas de rotación de bloques en los Andes Centrales de Venezuela. Una evaluación preliminar II Reunión Nacional de Geomorfología (Caracas – Venezuela): 27 p.

Ferrer, C., Laffaille, J., Rengifo, M. (1998). El Alud Sísmico de La Playa: Causas y Efectos, El Terremoto de Bailadores (1610). REV. GEO.VENEZ. Vol.39, 23-86, 1998 (1 y 2).

Fiedler, G. (1970). Die seismische Aktivität in Venezuela im Zusammenhang mit den wichtigsten tektonischen Bruchzonen. Geol. Rundsch; 59: 1203-1215.

Flint R. (Hardcover-1965). Introduction to Physical Geology.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

Giegengack, R., Grauch, R. I. (1972a). Boconó fault, Venezuelan Andes (discusión): Science, v. 175, p.558-560.

Giegengack, R., Grauch, R. I. (1972b). Geomorphologic expression of the Boconó fault, Venezuelan Andes or geomorphology to a fault. Geol. Soc. Am., Abstr. Progr., 4: 719-720.

Giegengack, R., Grauch, R. I. (1976). Late Cenozoic climatic stratigraphy of the Venezuelan Andes: Bol. Geol., Pub. Esp. 7, v. 2, p. 1187-1200.

Giegengack, R., Grauch, R. Shagam, R. (1976). Geometry of late- Cenozoic displacement along the Boconó Fault, Venezuelan Andes. Boletingologic (Venezuela). II: 1201-1223.

González de Juana, C.; J. Iturralde de Arozena y X. Picard, 1980. Geología de Venezuela y de sus Cuencas Petrolíferas. Caracas, Editorial Foninves.

Jahn, A. (1925). Observaciones Glaciológicas en Los Andes Venezolanos. Cultura Venezolana. N°. 64.

Kaiser, K.(1969) The Climate of Europe During the Quaternary Age. Quaternary Geology and Climate Vol.16 10-37p.

Keller, E., Pinter, N. (1996). Active tectonics: Earthquakes, Uplift and Landscape. Prentice-Hall, New Jersey, USA. 338 p.

McCalpin, J. (Ed.). (1996). Paleoseismology. McCalpin, Academic Press, 588 pp.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

Molnar, P. and Sykes, L. R. (1969). Tectonics of the Caribbean and Middle America regions from local mechanisms and seismicity. Geol. Soc. Am. Bull; 80: 1639-1684.

Palme de Osechas, C., Col, J., Morandi, M. (2001). Mecanismos Focales sísmicos y esfuerzos tectónicos en la región norte de Los Andes merideños, Venezuela. Interciencias. 26: 201-209.

Pavrides, S. B. (1996). Paleoseismology: a branch of Neotectonics linking Geological, Seismological and Archaeological data – an introduction. En Archaeosismology (Stiros, S.; Jones, R.E; editors), British School at Athens, Fitch Laboratory Occasional Paper 7: 8-15.

Proyecto multinacional andino. (2009). Atlas de deformaciones cuaternarias de los Andes. 2009. Movimientos. Publicación Geológica Multinacional N°: 7.

Rengifo, M; Lafaille, J. (2000). Acta Científica Venezolana, 51:160-175,2000.

Renz, O. (1959). Estratigrafía de cretáceo en Venezuela Occidental, Boletín geológico. Caracas. v.5, 3-48 p.

Rod, E. (1956b). Earthquakes of Venezuela related to strike slip faults? American Association of Petroleum Geologists Bull. 40: 2509–2512.

Rod, E., Jefferson, C., Von der Osten, E., Mullen, R. Y Graves, G. (1958). The determination of the Boconó fault. Bon. Inf. Asoc. Ven. Geol. Min y Petróleo, 1:69-100.

- Rodriguez, J. (1998). De la Sismicidad Histórica a la Sismicidad Instrumental: El Terremoto de Cumana de 1929. REV. GEO.VENEZ. Vol.39, 189-201, 1998 (1 y 2).
- Royo y Gómez, J.(1956) El Cuaternario en Venezuela. Léxico Estratigráfico de Venezuela. Boletín de Geología, Caracas, Publicación Especial, N° 1, pp 199-209
- Salgado – Labouriau, M. L; Schubert, C and Valastro, S. (1977). Paleoecologic analysis of a Late Quaternary terrace from Mucubají, Venezuelan Andes. J. Biogeogr; 4: 313-325.
- Shagam, R. (1972). Geología de los Andes Centrales de Venezuela. Memoria IV Congreso Geológico Venezolano, 1969, Boletín de Geología, Publ. Esp. N° 5, Tomo II, p. 935-938.
- Schubert, C. (1970). Geología glacial del alto Río Santo Domingo, Andes venezolanos. Bol. Inf. Asoc. Ven. Geología, Minería y Petróleo, v. 13, p. 233-261.
- Schubert, C. (1974). Late Pleistocene Mérida Glaciation, Venezuelan Andes: Boreas, v. 3, p. 147-152.
- Schubert, C y Valastro, S. (1980). Quaternary Esnujaque Formation, Venezuela Andes: Preliminary Alluvial Chronology in a Tropical Mountain Range. Z. dt. Geol. Ges. 131-927-947. Hannover 1980.
- Schubert, C. (1980a). Morfología neotectónica de una falla rumbo-deslizantes e informe preliminar sobre la falla de Boconó Andes merideños. Acta Científica Venezolana. 31: 98-111.

***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***

Schubert, C. (1980b). Late-Cenozoic pull-apart basins, Boconó Fault zone, Venezuelan Andes. *Journal of Structural Geology*. 2: 463-468.

Schubert, C. (1981). Evolución postglacial de un valle morrénico, Andes merideños: *Acta Científica Venezolana*, v.32, p.151-158.

Schubert, C. (1982). Neotectonics of Boconó fault, wester Venezuela: *Tectonophysics*, v.85, p. 205-220.

Schubert, C. (1988). Aspectos neotectónicos de la Falla de Boconó, entre Mérida y Santo Domingo, estado Mérida. Mérida, 1era. Escuela Latinoamericana de Geofísica, Guía de la Excursión: 10 p.

Schubert, C. y Sifontes, R. S (1970). Boconó fault, Venezuelan Andes: evidence of postglacial movement: *Science*, v.170, p. 66-69.

Schubert, C y Vivas L. (1993) El cuaternario de la cordillera de Mérida Andes Venezolanos. ULA/Fundación Polar, pp 345.

Shagam, R., Hargraves, R. B. (1972). Estudio Paleomagnético de las Formaciones Sabaneta y Mérida, Andes Venezolanos. Congreso Geológico Venezolano 4th, Memoria, Vol. 2.

Soulas, J. P. (1983). Tectónica cuaternaria de la mitad Sur de los Andes Venezolanos – Grandes rasgos. XXXIII Convención AsoVAC. Caracas. *Acta Científica Venezolana*, Vol. 34, Sup. N° 1, p. 525, resúmen.

**Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.**

Soulas, J. P. (1986). Neotectónica y tectónica activa en Venezuela y regiones vecinas. VI Congreso Geológico venezolano, Caracas-1985, 10, 6639-6656.

Taboada, A., Rivera, L, Fuenzalida A., Cisternas, A., Philip, H., Bijwaard, H., Olaya, J., Rivera, C. (2000). Geodynamics of the northern Andes: Subductions and Intracontinental deformation (Colombia). *Tectonics*, 19: 787-813.

Tricart, J y Michel, M. (1965). Monographie et carte geomorphologique de la region de Lagunillas (Andes Venezueliennes). *Rev. Geomorphologie Dynamique*, IV Annee, N° 1-2-3, pp 1-33.

Twiss, R. Moores, E. (1992). *Structural Geology*. W.H Freeman & Co. 497p.

Vivas, L. (1992). *El Cuaternario*. Universidad de los Andes. Consejo de Publicaciones. Mérida- Venezuela.

Wesson R.L. et al (Paperback - 1975). *Studies for seismic zonation of the San Francisco bay region*.

<http://www.pdv.com/lexico/q00w.htm>. (s.f.).

Pereira, N. (s.f.). Obtenido de

http://iies.faces.ula.ve/Merida2020/Vision_Compartida/diagnostico/D-Fisico-Ambiental/cap-i-caracteristicas-fisico-geograficas.pdf

Pereira, N. (Mayo de 2012). *Merida Estado Competitivo 2020*.

Obtenido de

http://iies.faces.ula.ve/Merida2020/Vision_Compartida/diagnostico/D-Fisico-Ambiental/cap-i-caracteristicas-fisico-geograficas.pdf

ANEXOS

www.bdigital.ula.ve



**Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.**



Anexo 1

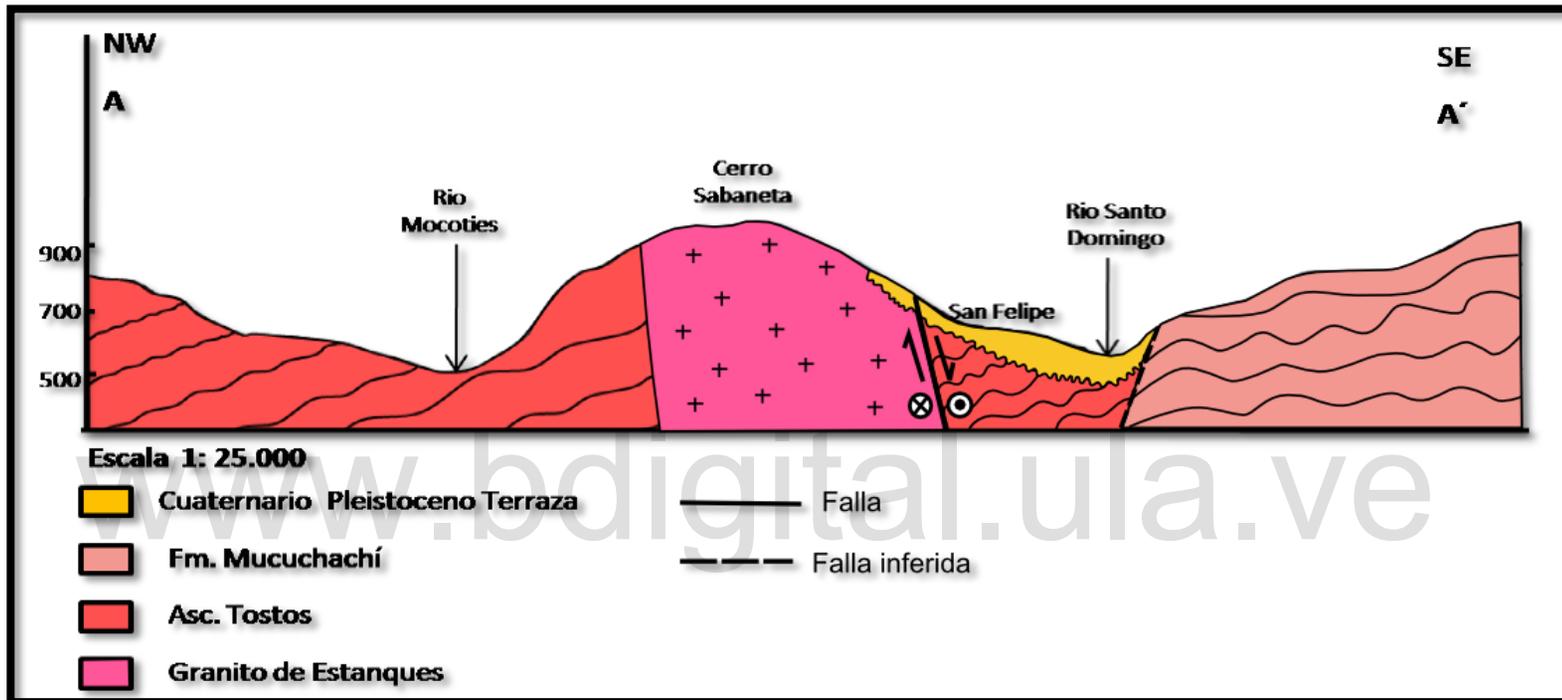
www.bdigital.ula.ve



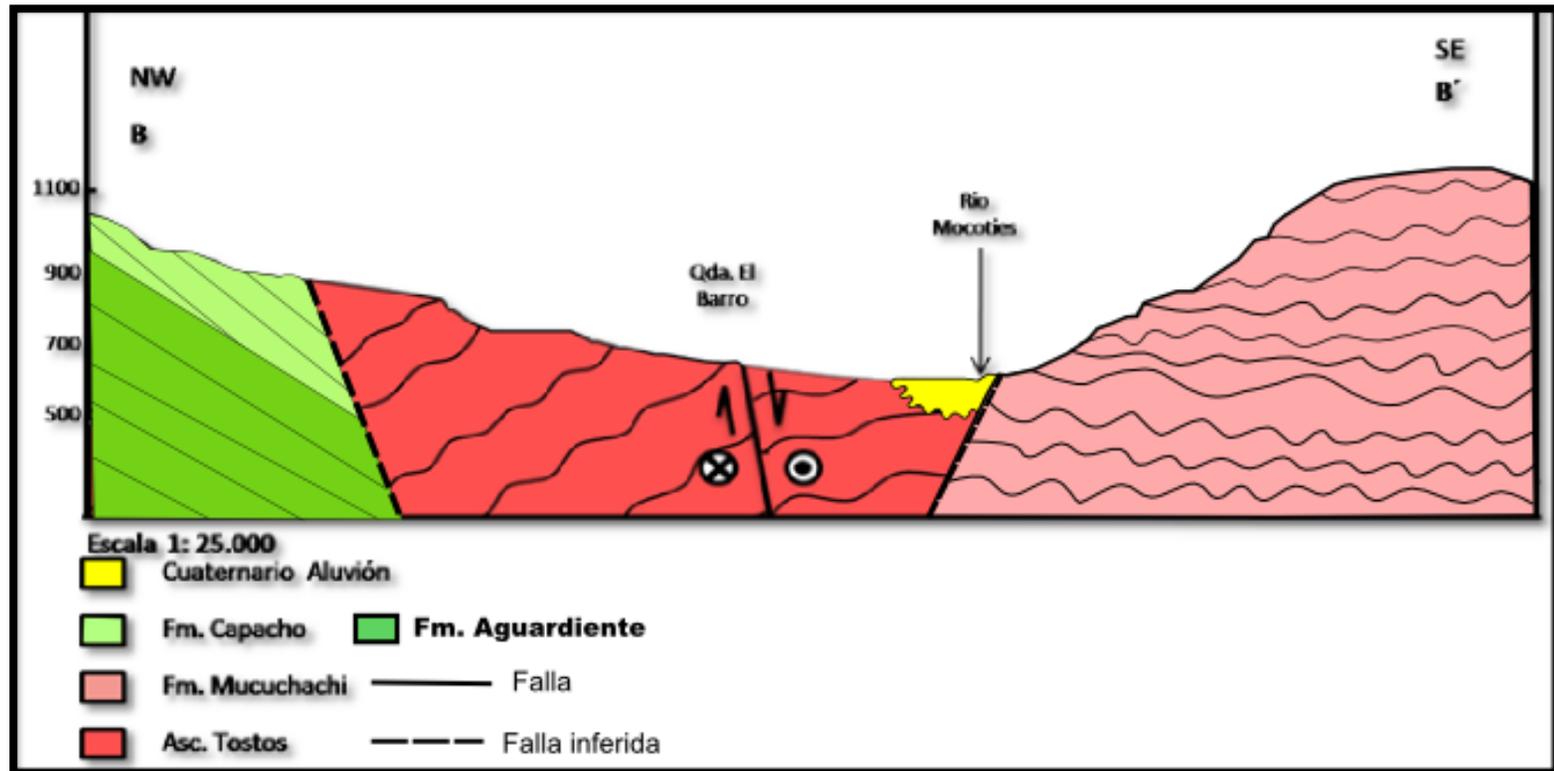
***Cartografía Neotectónica del área comprendida entre
Estanques y la Playa-Bailadores, Estado Mérida.***



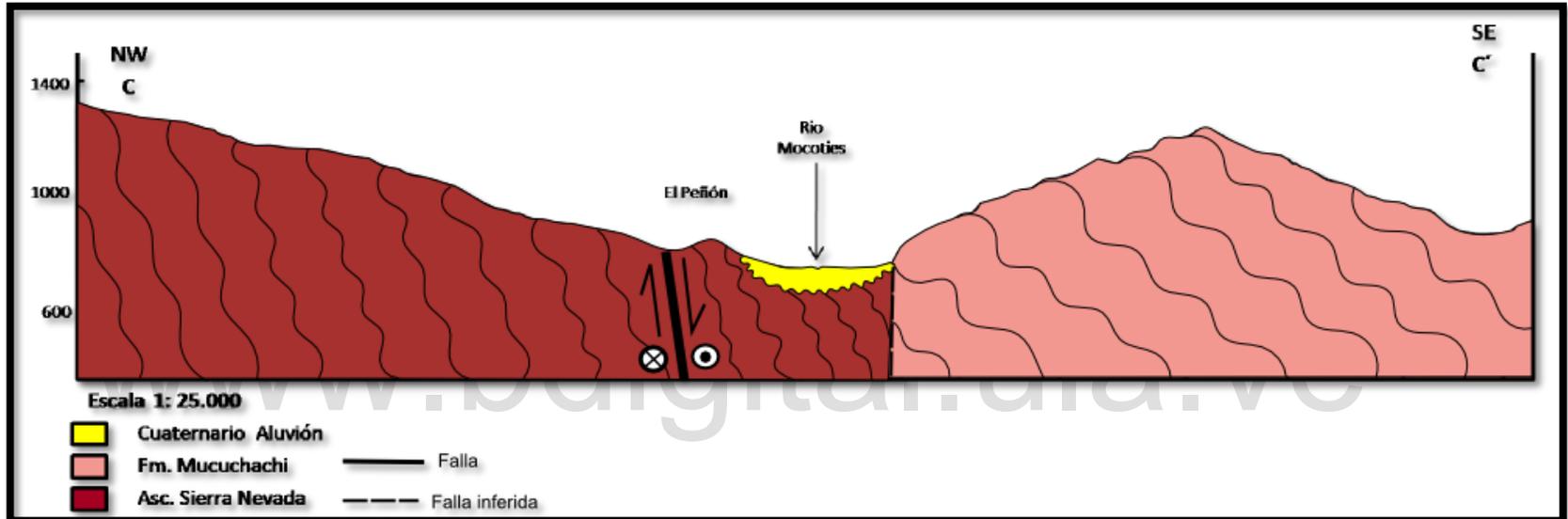
www.bdigital.ula.ve **Anexo 2**



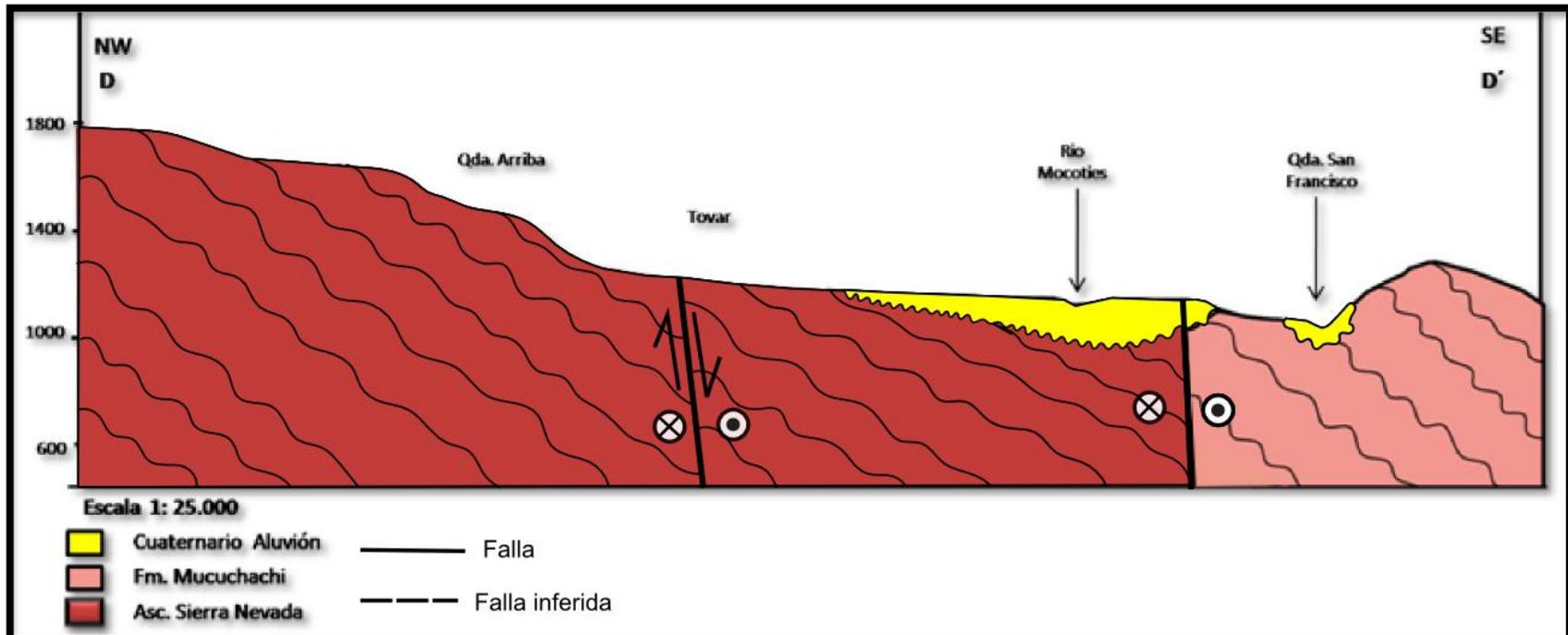
Anexo 3. Corte Geológico A-A' ubicado entre la zona de Estanques y la Victoria. Atravesando el sector San Felipe. Se muestra la disposición de la traza A o Falla de Boconó, la cual presenta un movimiento transcurrente dextral con una componente normal. Presenta un buzamiento de alto ángulo hacia el NE.



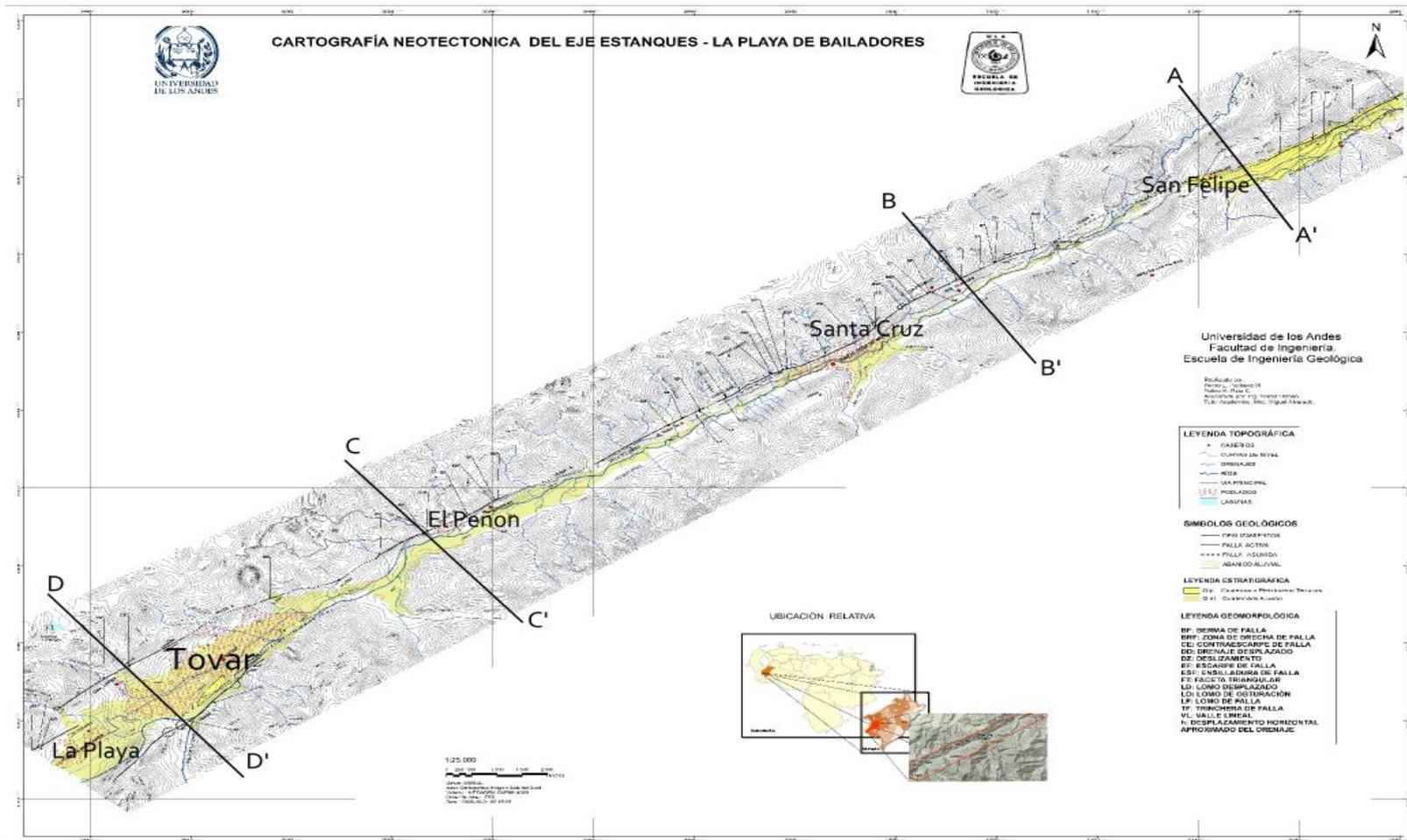
Anexo 4. Corte Geológico B-B' ubicado entre la Victoria y Santa Cruz de Mora, atravesando el sector Quebrada El Barro, donde se observa el traza A o Falla de Boconó mostrando su movimiento transcurrente dextral con componente normal. Con un buzamiento de alto ángulo hacia el NE.



Anexo 5. Corte C-C' atraviesa el sector conocido como El Peñón, donde se observa la traza A, la cual mantiene su cinemática dextral normal se encuentra intraformacionalmente atravesando la Asociación Sierra Nevada y exhibe justo al lado de la traza una ensilladura de falla.



Anexo 6. Corte D-D' muestra la disposición de las trazas, A más al NW y B al SE. Ambas poseen una cinemática dextral y poseen un ángulo de buzamiento alto hacia el NE. Estas debido a su cinemática están generando una cuenca de tracción (pull-apart basin) entre la población de La Playa de Bailadores y Tovar.



Ubicación relativa de los cortes en la zona de estudio