



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

**FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍA  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA**

**Seminario de graduación para optar al título de Ingeniero Geólogo.**

**Actualización Cartográfica de la parte NE y SE, de la hoja Topográfica Larreynaga a  
escala 1: 50,000.**

**Elaborado por: Jael del Socorro Pérez.**

**Tutor: Msc. Gema Velásquez.**

**Managua 2017.**

## ***Dedicatoria.***

### ***A Dios***

Por haberme permitido llegar a este punto y haberme dado salud para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

### ***A mi madre Paula Pérez.***

¡por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

### ***A mi padre Elvis Castellón.***

Por su ejemplo de constancia y perseverancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor que ha mostrado para salir adelante y por su amor.

### ***A mis familiares.***

A mis hermanas Nahomy y Heydi las cuales siempre me han apoyado, a mi mamita Victoriana Figueroa por su gran amor y apoyo en toda mi vida, mis sobrinos Jeremy y Paulette por ser la bendición más grande de mi vida y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de este seminario de graduación.

### ***A mis amigas.***

Que nos apoyamos mutuamente en nuestra formación profesional y que siempre seguiremos siendo amigas: Johana Mendoza, Lesbia Sánchez, Alejandra Amaya.

¡Gracias a Ustedes!

## **Agradecimientos**

*Agradezco primeramente a Dios por darme sabiduría y fortaleza para culminar mis estudios. A mi madre Paula Pérez y mi padre Elvis Castellón por su apoyo incondicional y su ejemplo de perseverancia, superación, constancia e inteligencia.*

*A mis hermanas Nahomy Castellón y Heidy Pérez que han sido un apoyo en el transcurso de mi vida, mi segunda madre Victoriana Figueroa por su amor y confianza en mi persona.*

*A Msc Gema Velásquez le agradezco su tiempo, disposición y comentarios que ayudaron a mejorar esta monografía.*

*Al instituto de geología y geofísica (IGG-Ciego) por las facilidades prestadas de utilizar el laboratorio de geotecnia para la elaboración de secciones delgadas. A Máyela Martínez por su disposición a la hora de describir las secciones delgadas.*

*A Juan Mendoza y Magdalena Velásquez por brindarnos su casa y su cariño durante la etapa de campo.*

*A mis amigas Johana Velásquez, Lesbia Sánchez, Alejandra Amaya por su ayuda y conocimientos intercambiados durante todos estos años.*

*A las personas que nos acompañaron en la etapa de campo que se tomaron el tiempo de guiarnos.*

*¡Muchas Gracias!*

---

## **Resumen.**

Este trabajo de investigación se basa en la actualización cartográfica de la parte NE y SE, correspondiente a la hoja topográfica Larreynaga escala 1: 50,000. El área de estudio cubre aproximadamente 165 km<sup>2</sup> y es un conjunto de estructuras volcánicas localizadas dentro de la provincia geológica central de Nicaragua. Los cuales dieron origen a las diferentes unidades geológicas.

Tomando en cuenta lo antes mencionado este trabajo se divide en una etapa de gabinete, donde se recopiló información relevante del sitio de estudio, se hizo fotointerpretación para elaborar un mapa preliminar y así proceder a la etapa de campo; donde los objetivos principales fueron la caracterización de las unidades litológicas, definir patrones estructurales, y fases de fallamiento a partir de los rumbos y buzamientos tomados en los afloramientos expuestos en el área.

Al analizar los datos obtenidos en campo se definió que litológicamente el área de estudio está constituida por rocas de composición andesita, sobreyacida por dacitas, riolitas y aglomerado. Geomorfológicamente, el relieve de Larreynaga está definido por cadenas volcánicas Terciarias alargadas con alturas de 200-600 m. A través del análisis e interpretación de los datos estructurales se definió la sucesión de eventos tectónicos locales, los cuales se clasificaron en dos fases de fallamiento NE-SW y NW-SE las cuales giran en sentido de las manecillas de reloj coincidiendo con la actual posición de la zona de subducción.

---

## Contenido

Capitulo I. Introducción.....	1
1.1 Localización y Vías de Acceso.....	2
1.2 Antecedentes.....	4
1.3 Justificación.....	5
1.4 Planteamiento del problema.....	6
1.5 Objetivo general.....	6
1.5.1 Objetivos Específicos.....	6
1.6 Metodología de trabajo.....	7
1.6.1 Trabajo de gabinete.....	7
1.6.2 Trabajo de campo.....	8
1.6.3 Trabajo de laboratorio.....	9
1.6.4 Procesamiento de los datos.....	9
1.6.5 Enfoque.....	9
1.6.6 Población y muestra.....	10
1.6.7 Instrumentos de trabajos.....	10
1.12 Muestra.....	10
Capitulo II. Tectónica de Centroamérica y geología regional de Nicaragua.....	11
2.1 Geología Estructural de Nicaragua.....	13
2.2 Geología Regional de Nicaragua.....	13
2.2.1 Provincia de la Costa del Pacífico.....	14
2.2.2 Provincia de la Depresión de Nicaragua.....	15
2.2.3 Provincia del Norte.....	15
2.2.4 Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica.....	15
2.2.5 Provincia Central de Nicaragua.....	16
Capítulo III Análisis y discusión de los resultados.....	18
3.1 Geología Local.....	18
3.1.1 Unidad Andesita (Tmca).....	19

---

3.1.2 Unidad de Dacita (Tmcd) .....	20
3.1.3 Unidad de Riolita (Tpci).....	22
3.1.4 Unidad de aglomerado (Tpcl).....	24
3.1.5 Unidad de sedimentos aluviales (Qal).....	25
3.2 Geomorfología. ....	25
3.2.1 Unidad de colinas Denudacionales (D3).....	26
3.2.2 Unidad de coladas de lavas (V9). ....	26
3.2.3 Unidad remanentes de calderas y estructuras semicirculares (V14). ....	27
3.2.4 Unidad de llanuras aluviales (F3).....	28
4. Geología Estructural.....	29
4.1 Consideraciones Teóricas.....	29
4.1.1 Criterios de Cizalla. ....	29
4.1.2 Indicadores Cinemáticos.....	30
4.1.3 Sistema Paralelo. ....	30
4.1.6 Bloques Escalonados.....	32
4.2 Fases de fallamiento. ....	33
4.2.1 Fallamiento NE- SW.....	33
4.2.1.1 Falla El Porvenir.....	33
4.2.2 Fallamiento NW-SE.....	34
4.2.2.1 Falla El Guacucal. ....	35
4.2.2.3 Falla Rincón de Gámez.....	36
4.2.2.4 Caldera El Aguacate. ....	37
4.2.2.5 Estructura semicircular Santa Lucía.....	37
4.2.2.6 Estructura semicircular Las Mesas. ....	38
Conclusiones.....	39
Recomendaciones.....	40

---

Bibliografía..... 41

### **Índice de figuras**

Figura 1: Mapa de ubicación.....3  
Figura 2: Mapa tectónico de Centroamérica.....11  
Figura 3: Mapa provincias geológicas de Nicaragua.....14  
Figura 4: Modelo de cizalla pura, cizalla simple.....29  
Figura 5: Sistema paralelo.....30  
Figura 6: Diferentes estructuras sigmoidales.....31  
Figura 7: Diagrama de espejo de falla.....32  
Figura 8: Formación de estrías y bloques escalonados.....32  
Figura 9: roseta de fractura NE-SW.....34  
Figura 10: roseta de fractura NW-SE.....37

### **Índice de fotos**

Foto 1: Toma de muestra en etapa de campo.....8  
Foto 2: Muestras unidad andesita, Rincón de Gámez.....20  
Foto 3: Muestra microscópica unidad andesita.....21  
Foto 4: Muestras unidad dacita, San Antonio.....21  
Foto 5: Muestra sub unidad de brecha, Carretera el Sauce.....22  
Foto 6: Muestra unidad riolita, NW cerro Piedra Parada.....22  
Foto 7: Muestra unidad riolita silicificada.....23  
Foto 8: Muestra microscópica, unidad riolita.....23  
Foto 9: Muestra unidad aglomerado, cerro El Aguacate.....24

---

Foto 10: Muestra unidad aglomerado, San Antonio.....	24
Foto 11: Geomorfología, unidad Denudacional.....	26
Foto 12: Geomorfología, unidad coladas de lavas.....	27
Foto 13: Geomorfología, unidad remanentes de calderas.....	28
Foto 14: Geomorfología, unidad de llanuras aluviales.....	28
Foto 15: Indicadores cinemáticos, falla El Porvenir.....	33
Foto 16: Indicadores cinemáticos, falla El Guacucal.....	35
Foto 17: Indicadores cinemáticos, falla El Aguacate.....	36
Foto 18: Indicadores cinemáticos, en el NE caldera El Aguacate.....	37

**Índice de tabla.**

Tabla 1: Clasificación geomorfológica propuesta por Van Zuidam.....	43
Tabla 2: Clasificación de minerales, roca andesita.....	44
Tabla 3: Clasificación de minerales, roca riolita.....	45

---



## **Capítulo I. Introducción.**

La actualización de la parte NE y SE correspondiente a la hoja topográfica Larreynaga escala 1:50,000 perteneciente a la Provincia Central; se hace con el fin de mostrar cómo se han modificado las formas del terreno después de su última actualización realizada por Hodgson en 1972. La geología de la Provincia Central se caracteriza por presentar grandes afloramientos de rocas y estructuras volcánicas de edad Terciaria, las cuales se han originado por la subducción de las placas tectónicas.

El área de estudio posee muy poca información, en lo que se refiere a su geología, la información que existe ya está desactualizada, por lo tanto es necesaria la actualización geológica de este sitio la cual servirá de referencia a estudiantes e igualmente será material de apoyo para posteriores estudios.

La metodología consistió en una etapa de gabinete donde se compiló información de trabajos realizados en el área. Se realizó fotointerpretación y se elaboró un mapa preliminar, se procedió a la etapa de campo donde se hizo reconocimiento del terreno, mediciones de rumbo y buzamiento; y posteriormente el análisis petrográfico, y poder caracterizar sus unidades litológicas.

El área de estudio está siendo controlada por dos fases de fallamiento la primera es NE-SW y la segunda NW-SE, las cuales se componen principalmente de fallas, calderas y pequeñas estructuras circulares como: Santa Lucía y El Guacucal. Su litología se compone de rocas volcánicas de composición andesitas en su parte basal sobreyacida por flujos de dacita, riolita y aglomerado.

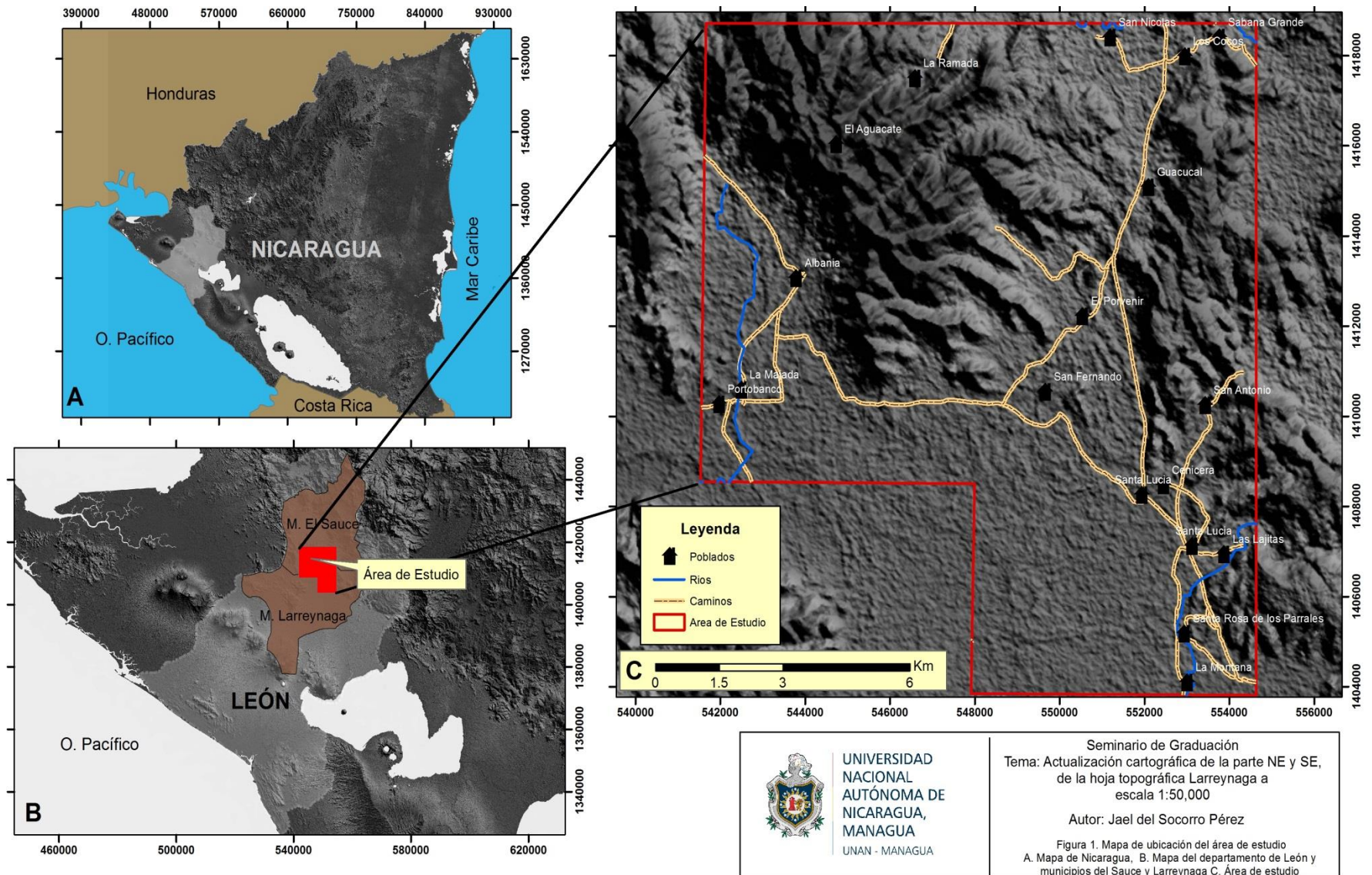
### **1.1 Localización y Vías de Acceso.**


El área de estudio se localiza a 110 km de la ciudad de Managua, forma parte del departamento de León, en Nicaragua, cuya cabecera municipal es la ciudad de Malpaisillo.

Cuenta con una extensión aproximada de 165 km<sup>2</sup> forma parte de la hoja topográfica Larreynaga (2854-II), a escala 1:50,000 editados por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER, 2006).

El área de estudio es la parte NE y SE, limita al Norte con el Municipio Villanueva, al Sur con el Municipio de La Paz centro, al Este con el Jicaral, y al Oeste con los Municipios de León y Telica (Instituto Nacional de estadísticas y Censo, 2016). Dentro del área de estudio se encuentran las comunidades Santa Rosa de los Parrales, La Cenicera, San Antonio, El Guacucal, Santa Lucía, Rincón de Gámez (**Figura 1**).

Las vías de acceso al área de estudio son la carretera nueva La Paz Centro (1233571N, 866556E), otra vía importante es carretera nueva a León (1226838N, 864757E), carretera el Sauce (126574N, 864719E) a partir de cual se desprenden caminos de terracería que conducen a los sitios de estudio.



 <p>UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA UNAN - MANAGUA</p>	<p>Seminario de Graduación Tema: Actualización cartográfica de la parte NE y SE, de la hoja topográfica Larreynaga a escala 1:50,000</p>
	<p>Autor: Jael del Socorro Pérez</p>
	<p>Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio A. Mapa de Nicaragua, B. Mapa del departamento de León y municipios del Sauce y Larreynaga C. Área de estudio</p>

## 1.2 Antecedentes.

Existen documentaciones con referencias al mapeo geológico, entre las cuales se destacan la de Hodgson 1971, el cual elaboró un documento sobre la geología y anotaciones mineralógicas de la Planicie Noroeste y la pre-cordillera Occidental, incluyendo las áreas de las hojas topográficas de Cinco Pinos (2855 IV), San Juan de Limay (2855-I), Somotillo (2855-III), Achuapa (2855-II), Puerto Morazán (2754-I) Villa Nueva (2854-IV) El Sauce (2854-I) San Nicolás (2954-IV), Larreynaga (2854-II), Santa Rosa del Peñón (2954-III), San Francisco del Carnicero (2953-IV), Y Momotombito (2953-III). El área tiene una extensión aproximada de 5,500 km<sup>2</sup>. El propósito de este estudio es realizar un levantamiento geológico a nivel de semidetalle a escala 1:500,00.

**Hodgson (1972), y El Servicio Geológico Nacional de Nicaragua** (supervisado por la Parsons Corporation.) preparó el mapa Geológico y anotaciones mineras del cuadrante Larreynaga donde está incluido parte del Distrito Minero de El Limón. **El Geólogo Zeron R, (1972)** preparó el mapa geológico Villa 15 de Julio. Los mapas geológicos fueron elaborados con las nuevas normas estratigráficas establecidas por el Servicio Geológico Nacional (SGN) durante el desarrollo de la cartografía Geológica de Nicaragua (1972).

**Lilljequist y Hodgson, (1983)**, realizaron un estudio donde indicaron el desplazamiento de Actividades volcánicas durante el Terciario Cretáceo Superior y la relación entre paleo-arco volcánico y depósitos de minerales de Nicaragua. Reflejando la relación entre depósitos minerales y estructuras de paleo-arco en el Distrito minero El Limón.

**Ubieta K, (1993)**, Realizó un estudio gravimétrico y magnético el cual consistía en determinar las anomalías para buscar relación de los cuerpos en superficie, y estructuras circulares asociados a cuerpos intrusivos, estas anomalías encontradas se relacionaron con la estructura circular el sauce de más de 30 km.

### **1.3 Justificación.**

La cartografía se ha mantenido, desde el desarrollo inicial de las Ciencias de la Tierra, como una herramienta básica en la investigación y en la exploración geológica de los recursos naturales. Los únicos estudios realizados en la carta geológica Larreynaga después del servicio geológico (SGN) en 1972, fueron estudios geofísicos realizados por, Ubieta K, (1993) donde propone nuevas estructuras circulares en el sector NW del área de estudio.

Tomando en cuenta lo antes mencionado se propone actualizar el mapa geológico del Municipio Larreynaga, del cuadrángulo 2854-II, incluyendo la nueva estratigrafía convencional de la geología de Nicaragua establecida por el Servicio Geológico Nacional (SGN) en 1972. En la actualidad con la ayuda de herramientas tecnológicas (Arc GIS, fotografías aéreas a escala 1:40,000) podemos identificar y comprobar estructuras geológicas y unidades litológicas. Permitiendo al Geólogo y profesionales afines, un rápido entendimiento global de la geología del área. Considerando importante la actualización del mapa geológico del Municipio Larreynaga la cual permitirá al lector conocer las informaciones geológicas actualizadas.

#### **1.4 Planteamiento del problema.**

La última cartografía geológica del área de la Larreynaga fue elaborado por el servicio geológico en 1972. Hasta hoy ninguna institución cuenta con un mapa completo actualizado, existen varios estudios Hodgson (1972), Raúl Zeron, (1972) Lilljequist y Hodgson, (1983) que han aportado a la actualización de la hoja topográfica (2854-II), tomando en cuenta lo antes mencionado esta investigación se basa en la recopilación, revisión en campo del área de Larreynaga (Parte NE y SE) para dar por concluido la actualización de la hoja topográfica (2854-II) Larreynaga a escala 1:50,000

#### **1.5 Objetivo general**

Actualizar la cartografía geológica del NE y SE correspondiente a la hoja topográfica Larreynaga a escala 1:50,000.

##### **1.5.1 Objetivos Específicos**

- ✓ Caracterizar las unidades litológicas al NE y SE del área de estudio.
- ✓ Realizar un análisis petrográfico para identificar las unidades litológicas.
- ✓ Proponer la columna estratigráfica del sitio de investigación.
- ✓ Describir los patrones estructurales que se presentan en el área de estudio.
- ✓ Establecer la secuencia de las fases de fallamiento tectónico del área.
- ✓ Caracterizar las unidades geomorfológicas de la zona.

## **1.6 Metodología de trabajo.**

En este trabajo se presentan dos tipos de estudios: Exploratorio, descriptivo.

Estudio Exploratorio: son las investigaciones que pretenden darnos una visión general, de tipo aproximativo, respecto a una determinada realidad, este tipo de investigación se realiza especialmente cuando el tema elegido ha sido poco explorado y reconocido. En este caso el tema abordado en el trabajo no se encuentra mucha información relacionada con la parte NE y SE de municipio de Larreynaga, y se encuentra desfasada y no ha sido actualizada desde hace 40 años.

Estudio descriptivo: es un tipo de metodología para deducir un bien o una circunstancia que se esté presentando; se aplica describiendo todas sus dimensiones, en este caso se describe el órgano u objeto a utilizar en el trabajo se realiza la descripción de cada una de las unidades litológicas presentes en el área, los indicadores cinemático y las fases de fallamiento (Hernández Sampier, 1996)

A continuación se describe la metodología que se siguió durante este trabajo para alcanzar los objetivos planteados.

### **1.6.1 Trabajo de gabinete.**

El trabajo de gabinete consistió en la recopilación de estudios publicados, necesarios para el análisis de la información previa del área de estudio, análisis de mapa topográfico de Larreynaga a escala 1:50,000. Así mismo, se solicitó al Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), fotografías aéreas para su análisis e interpretación. A través de imágenes ASTER- DEM (1996) se elaboraron modelos de elevación y modelo de sombra del relieve los cuales fueron utilizados para realizar un análisis morfoestructural de las principales estructuras y unidades de Larreynaga con el apoyo del software (ArcGIS 10.2). De acuerdo al análisis morfoestructural, se elaboró un mapa preliminar mediante los modelos de sombra del relieve y las distintas estructuras y sus respectivos

depósitos, el cual fue utilizado para la etapa de campo, en donde se comprobó la interpretación geológica.

### 1.6.2 Trabajo de campo

El trabajo de campo se ejecutó entre agosto- septiembre del año 2016 para lo cual se utilizaron mapas con los modelos digitales de elevación previamente elaborados en ArcGIS 10.2; para diferenciar de una manera más fácil las estructuras que conforman la parte NE y SE del municipio de Larreynaga, se describieron afloramientos, indicadores cinemáticos, se hizo el reconocimiento de contactos litológicos, se caracterizaron las rocas existentes en área, color, textura, tipo de alteración, rumbo, buzamiento, se cartografiaron las nuevas estructuras encontradas, se recolectaron muestras y se tomaron fotos de los afloramientos de la zona **(Foto 1)**.



**Foto 1: Toma de datos geológicos durante la etapa de campo.**



### **1.6.3 Trabajo de laboratorio.**

Se seleccionaron dos muestras de todas las recolectadas en campo: una de Rincón de Gámez (N1412850, E0547932) y la otra de Piedra Parada (N1412370, E055256) correspondientes a las unidades de mayor interés para elaborar láminas delgadas en el laboratorio de petrografía del Instituto de Geología y Geofísica (IGG- CIGEO/ UNAN- Managua) para su posterior descripción petrográfica con la ayuda del microscopio petrográfico. Para el análisis petrográfico se identificaron las primeras fases minerales, característico de cada roca, de esta manera poder definir las unidades con base a su asociación mineralógica y abundancia. También se realizó una estimación visual del porcentaje de los cristales en la roca.

### **1.6.4 Procesamiento de los datos.**

En esta etapa se procedió a ordenar los datos, de acuerdo a lo encontrado en la etapa de campo, se elaboró otro mapa geológico con el software antes mencionado donde se plasmaron las unidades litológicas de acuerdo al análisis petrográfico y nuevas estructuras que fueron fotointerpretadas y comprobadas en campo.

### **1.6.5 Enfoque.**

El conocimiento geológico es la base para otros estudios ya sea de peligros geológicos, yacimientos minerales, o incluso estudios de aguas subterráneas, además la información puede servir como base para las autoridades correspondientes en la planeación de obras y/o asentamientos humanos, por lo tanto es necesario el estudio geológico de nuestro territorio para tener una base y poder ejecutar obras donde las personas sean expuestas a peligros debido a los fenómenos naturales.

En este sentido el área de estudio contempla en su totalidad rocas volcánicas de edad terciaria, en muchos casos son edades relativas, por lo tanto es indispensable establecer la temporalidad de los eventos volcánicos que han generado las distintas estructuras volcánicas. El presente estudio se presenta un

mapa geológico con la distribución de todas las unidades de roca, así como la ubicación de fallas fracturas y composición mineralógica de las rocas presentes en la parte NE y SE del municipio de Larreynaga. Esta información servirá de base para futuros estudios dependiendo del interés científico que tengan.

### 1.6.6 Población y muestra

La población en este estudio es el municipio de Larreynaga y la muestra es la parte NE y SE del mismo municipio.

### 1.12 Muestra.

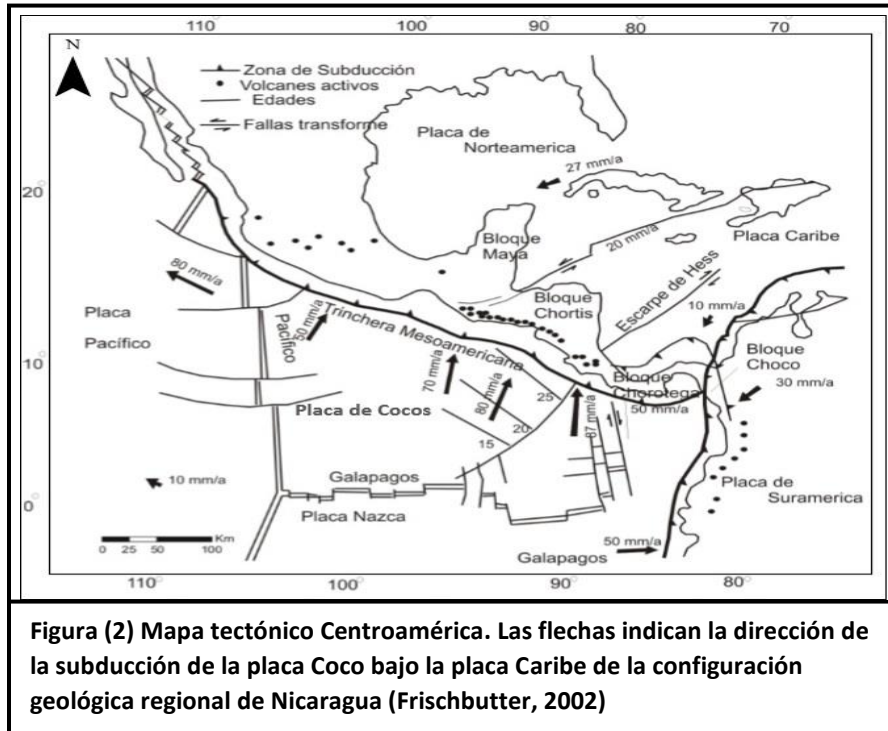
Rocas, indicadores cinemáticos, fallas, fracturas y alteraciones hidrotermales.

### 1.6.7 Instrumentos de trabajos.

		
Brújula	Lápiz de dureza	Piqueta
		
Lupa	GPS	Ácido clorhídrico
		
Cinta métrica	Libreta de campo	

## Capítulo II. Tectónica de Centroamérica y geología regional de Nicaragua.

Centroamérica se localiza en el margen W de la placa Caribe e interacciona con las placas Norteamérica, Suramérica, placa de Cocos y la placa Nazca (**Figura 2**) y por consiguiente presenta una historia geológica compleja (Frischbutter, 2002).



Nicaragua está alineado a lo largo del borde W de la placa del Caribe, la cual está limitada en el W y SW por la placa de Cocos y la de Nazca, en el N y E por la Placa Norteamericana y en el SE por la placa de Suramérica. El límite W de la placa, está definida por la fosa mesoamericana que se encuentra a 100 km del continente en el océano Pacífico, donde está la subducción activa de la placa flotante Cocos debajo del Caribe. El límite N por una falla de rumbo transcurrente está definido por el sistema de falla Motagua – Polochic- Jocotán y la fosa del Cayman rumbo E-W (Frischbutter, 2002).

Al E la placa del Caribe activamente está en subducción debajo de la placa Norteamericana y está manifestada en la cadena volcánica de las Antillas menores. Mientras el límite con la placa Nazca y la placa Suramérica es complejo, pero por lo general influye el fallamiento lateral izquierdo, subducción y mega estructura que define el límite entre la placa Nazca y la placa Suramérica (Dengo y Case, 1990; Donnelly et al., 1990)

El occidente de Nicaragua, así como el resto del occidente de Centroamérica, está dentro del llamado Cinturón de Fuego Circumpacífico, caracterizado por una intensa actividad sísmica y volcánica. Tanto la cadena volcánica como la fosa Mesoamericana son producto de la subducción que se da entre la placa Cocos (placa oceánica) y la placa Caribe (placa continental), así mismo, es la causante de la formación del graben o depresión nicaragüense, que es paralela a la fosa Mesoamericana en el continente (McBirney and Williams, 1965).

La placa de Cocos es una placa tectónica debajo del océano Pacífico de la costa oeste de Centroamérica. La placa de Cocos tiene límites divergentes con la placa Pacífica en el oeste y con la placa de Nazca en el sur. El límite con esta última está constituido por la dorsal de Galápagos. Las Placas de Cocos y Nazca provienen de la antigua placa de Farallón, que se fragmento en placas menores hace cerca de 23 millones de años. En la parte sur de la placa de Cocos se encuentra la dorsal de Cocos una cordillera submarina que corre entre Panamá y las islas Galápagos (McBirney and Williams, 1965).

## 2.1 Geología Estructural de Nicaragua.

Existen sistemas de fallas principales y secundarias, cubriendo principalmente las provincias del Norte y Central, (Lilljequist 1983). En Nicaragua los sistemas que constituyen los elementos estructurales más prominentes fueron agrupados en tres sistemas principales: NW-SE, NE-SW y NS, de edades Terciario- Cuaternario.

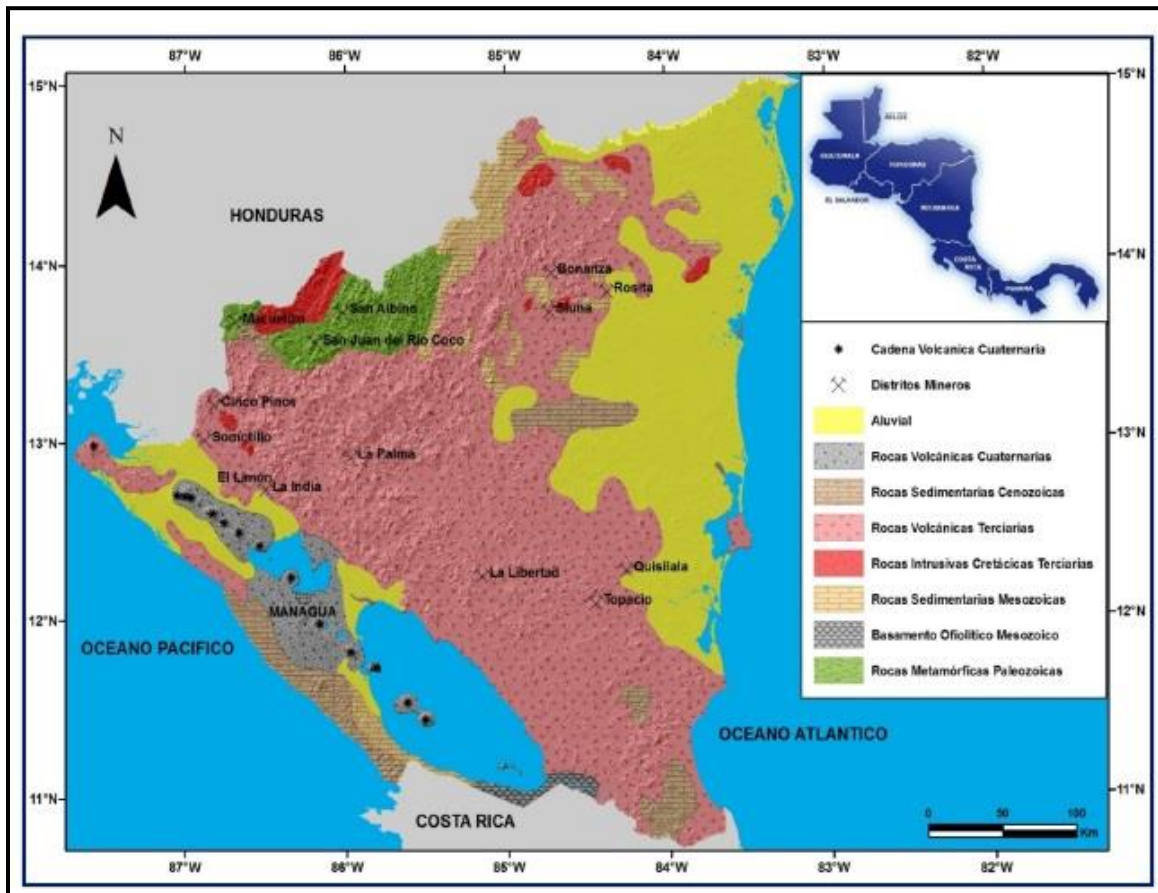
Fallas NW-SE: se ha señalado que estas fallas coinciden con el rumbo de la cordillera Amerrisque (Hunting, 1972) cubriendo principalmente las provincias del Norte y Central, las fallas son prominentemente normales o de gravedad. Estas fallas son consideradas de haberse formado como resultado de regímenes tensionales durante el Pleistoceno. Fallas NE- SW (Hunting, 1972), coincide con el rumbo de la cordillera Isabelia, son fallas de desplazamiento lateral (horizontal strike slip faults).

Fallas NS: son estructuras transversales (transcúrrente) a la cadena volcánica expresada en alineamientos de conductos volcánicos de Centroamérica, en Nicaragua estas fallas se desplazan a la cadena volcánica activa y han sido interpretadas como cizalladuras de primer orden. (Hunting, 1972).

## 2.2 Geología Regional de Nicaragua.

Los diversos eventos geológicos proporcionan las características empleadas en la subdivisión del país. En 1976 Nicaragua fue dividida en 5 provincias geológicas, diferenciadas por su geomorfología, estratigrafía, geología tectónica, histórica y económica (McBirney, 1965; Hodgson G, 1977). Las que se describen a continuación (**Figura 3**).

- Provincia de la Costa del Pacífico.
- Provincia de la Depresión o Graben.
- Provincia del Norte.
- Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica.
- Provincia Central.



**Figura 3: Mapa de las provincias geológicas de Nicaragua (Modificado del preliminar, Esc, 1, 000,000, (1973). Tomado de Rodríguez, (1994)**

### 2.2.1 Provincia de la Costa del Pacífico.

Se localiza en el margen Pacífico de Nicaragua, en la parte occidental de la placa Caribe en el área de antearco del Pacífico y se extiende costa dentro hasta el graben, donde se delimita el arco volcánico activo. Alcanzando un espesor aproximado de 8,200 m (Kuang J, 1971). En esta provincia se destacan 6 formaciones cuyas edades varían entre el cretáceo superior y plioceno. Formación Rivas, Formación Brito, Formación Masachapa, Formación El Fraile, Formación Tamarindo y Formación El Salto. (Giudice., 1958).

Las rocas que caracterizan estas formaciones son calizas, grauvacas, lutitas, conglomerados y tobas, exceptuando la Formación Tamarindo representada

principalmente por rocas volcánicas y en su parte inferior lutitas y areniscas de la Formación El Fraile (Kuang J, 1971)

### **2.2.2 Provincia de la Depresión de Nicaragua.**

Se extiende desde el Golfo de Fonseca hasta el extremo sureste de Nicaragua. Contiene la Cadena Volcánica Cuaternaria Nicaragüense, incluyendo los lagos de Nicaragua y la Depresión o Graben Nicaragüense por el cual la provincia fue nombrada por Garayar en 1971. La depresión forma parte de la zona marginal del Pacífico de Centroamérica, la cual está caracterizada por presentar fosa de mar profunda, regiones de plataforma, cadenas de arcos de islas activos y rasgos tectónicos activos. La geología que caracteriza la provincia son depósitos aluviales y piroclásticos que están rellenando la depresión formando un espesor aproximado de 2,000 m, (Hodgson, 2000) los depósitos piroclásticos se han agrupado en los Grupos las Sierras y Managua, (Kuang 1971).

### **2.2.3 Provincia del Norte.**

Se localiza al Norte de Nicaragua y abarca los departamentos de Nueva Segovia, Madriz y parte Norte de departamento de Estelí y gran parte del área central y Norte del departamento de Jinotega y NW de Zelaya, (McBirney, 1965)

Esta provincia se caracteriza por la ocurrencia de rocas metamórficas de edad Paleozoica, consideradas como las rocas más antiguas de Nicaragua, integradas por esquistos (Del guidice, 1960). La cual han sido instruidas por un gran batolito granítico de Nueva Segovia. Igualmente se han descubierto la presencia de fillitas, mármoles, cuarcitas, gneiss, (Garayar, 1971).

### **2.2.4 Provincia de los Llanos de la Costa Atlántica.**

Esta provincia abarca la Cuenca de la Mosquitia, la Cuenca Costera y el Banco de Nicaragua. Está comprendida entre el límite de la provincia del Norte, la Región Central, Río Coco en el norte y Río Indio en el Sur, en el Este del mar Atlántico. Geológicamente se han definido 5 formaciones y un miembro, (Hodgson, 2000) y se caracteriza por el predominio de rocas sedimentarias recientes del pleistoceno,

los sedimentos están representados por las gravas, arenas, arcillas, bajo la formación Bragman's Bluff y aluviones recientes, rocas como areniscas, lutitas y calizas, conformando la parte superior de la cuenca Mosquitia, en la parte NW se señala el afloramiento del gran batolito, y la presencia de rocas extrusivas, ocupando la parte central-oeste.

### **2.2.5 Provincia Central de Nicaragua.**

El área de estudio de la parte NE y SE de Larreynaga corresponde a la provincia geológica central de Nicaragua y por lo tanto será la que más información contenga; esta provincia abarca el área comprendida entre el límite S de la provincia del N, el límite W de la provincia de la Depresión Nicaragüense donde comienzan las tierras bajas de la Costa Atlántica a su vez gran parte está dentro del bloque Chortis y un pequeña porción dentro del bloque Chorotega.

El mayor conocimiento se ha obtenido de los estudios de McBirney (1965), ya que fueron los primeros en hacer un estudio del vulcanismo Terciario de Nicaragua. Posteriormente se ejecutaron una serie de estudios sistemáticos, (Hodgson & C, 1972), relacionado con la estratigrafía y el aspecto químico acompañado con un gran número de dataciones radiométricas. McBirney incluye en esta Provincia de la plataforma ignimbrítica y se refiere al relieve en forma de mesas y amplias mesetas que bordean la Depresión de Nicaragua en el N y E del Lago de Managua ofreciendo un contraste con las lomas irregulares de las serie Matagalpa.

(McBirney, 1965), reconocieron tres divisiones para los productos volcánicos que se diferencian generalmente por sus especies de roca y su relieve topográfico:

- A) Una sección inferior, compuesto por sedimentos volcánicos, lava andesítica y basáltica.
- B) Una serie intermedia: La serie Matagalpa compuesta por lava andesítica-dacítica y depósitos piroclásticos de edad Mioceno Inferior. Datación radiométrica de la parte superior señala 19.1 millones de año (m.a), (McBirney, 1965).



C) Y un tercer grupo; Contemporáneo, en parte con el Matagalpa compuesto de ignimbrita andesita y dacita e intercalaciones de toba y delgadas capas de lava basáltica, su interdigitación con la parte superior del Matagalpa, lo coloca dentro de la edad Mioceno- Plioceno.

(Hodgson G. Ferrey C; Garayar J. et, al 1971), le asignaron el nombre de grupo Coyol al tercer grupo de McBirney y lo subdividieron en dos subgrupos cada uno con varias formaciones litológicas, cuya secuencia estratigráfica coincide con edades radio-métricas que se describen a continuación:

Subgrupo Coyol superior: a) formación de lava y aglomerado superior (Tpcl). Edad variable entre 4.2 (m.a) a 6.65 millones de años (m.a). (Plioceno Superior).  
b) Formación Toba e ignimbrita- riolita (Tpci). Edad variable entre 12.5-13.4 (m.a) (Plioceno Inferior).

c) formación basalto, andesita y aglomerado (Tpcb- Tpca). Edad hasta 17.8 (m.a) se han calculado para esta formación edad del Plioceno- Mioceno Superior.

Subgrupo Coyol superior: a) formación toba con ignimbrita dacita y andesita (Tmcd). Edad variable entre 14.9-18.4 m.a (Mioceno medio).

b) formación andesita, aglomerado-basalto, predominando andesita (Tmca-Tmcg). Edad variable entre 15.0-30.3 m.a. edad entre 15-25 m.a. para el área de la libertad (22.m.a. promedio). Mioceno Inferior.

En esta provincia se desarrolló intensa actividad volcánica del Terciario se señala también del Mesozoico y del Paleozoico (Hodgson, Venable y Mayers), cuyas evidencias están indicadas en la gran cantidad de rocas y estructuras volcánicas como cráteres (algunas grandes calderas) cuyas estructuras circulares todavía se observan en el terreno, los fenómenos geológicos favorables para la mineralización fueron muy distribuidos en toda la provincia, los conos han sido destruidos, erosionados, alterados algunas afectadas por fenómenos hidrotermales posteriores, pero existen abundantes relictos de ellos dispersos en toda la provincia los cuales están relacionados con depósitos minerales.

## Capítulo III Análisis y discusión de los resultados

### 3.1 Geología Local.

La hoja topográfica Larreynaga se encuentra dentro de la provincia geológica central de Nicaragua, la cual se caracteriza por un fuerte tectonismo y vulcanismo que ha dado origen a los procesos geológicos constructivos más importantes en la evolución geológica, (McBirney and Williams, 1965) reconocieron tres divisiones para los productos volcánicos de esta provincia A): una sección inferior, B) Una serie intermedia C) y un tercer grupo contemporáneo. Hodgson & C, (1972) le asignaron el nombre de Coyol al grupo contemporáneo descrito por McBirney en 1965 y lo subdividieron en dos subgrupos: subgrupo Coyol inferior, subgrupo Coyol superior.

En el área de estudio se reconocieron rocas principalmente del tipo extrusivas, de acuerdo con la composición que presentaban la roca se clasificaron en cinco unidades litológicas. Las cuales se definieron en base a una descripción macroscópica y análisis petrográfico estas unidades no se encuentran de una manera uniforme en el área de estudio y varían en cuanto a su contenido mineral a nivel macroscópico, contacto entre unidades, textura y tipo de alteración (**Anexo 5**)

A continuación se describen las unidades litológicas, de la más antigua a la más reciente siguiendo el orden en que se depositaron:

- Unidad Andesita. (Tmca)
- Unidad de Dacita (Tmcd).
  - Sub unidad de Brecha tipo Dacita. (Tmcb)
- Unidad de riolita (Tpci).
- Unidad de Lava y Aglomerado (Tpcl).
- Unidad de Sedimentos Aluviales (Qal).

### 3.1.1 Unidad Andesita (Tmca)

Las rocas de composición andesítica, forman extensos flujos lávicos y corresponden a la parte basal de la secuencia estratigráfica, tienen carácter regional y por lo tanto se caracteriza por ser la más representativa en el área de estudio, con un área aproximada de 40 km<sup>2</sup>; la mayor expresión de esta unidad se presenta en la parte SE y SW (Cerro San Nicolás, Rincón de Gámez). Morfológicamente forma montañas bajas alargadas (200-300 m). Se encuentra sobreyacida por la unidad de dacita y aglomerado.

En la roca se observa meteorización activa del tipo mecánico, por ellas fluye el agua originando meteorización química y da como resultado un suelo color rojizo **(Foto 2A)** el cual se ve muy representativo en Rincón de Gámez (N1412321, E0547278)

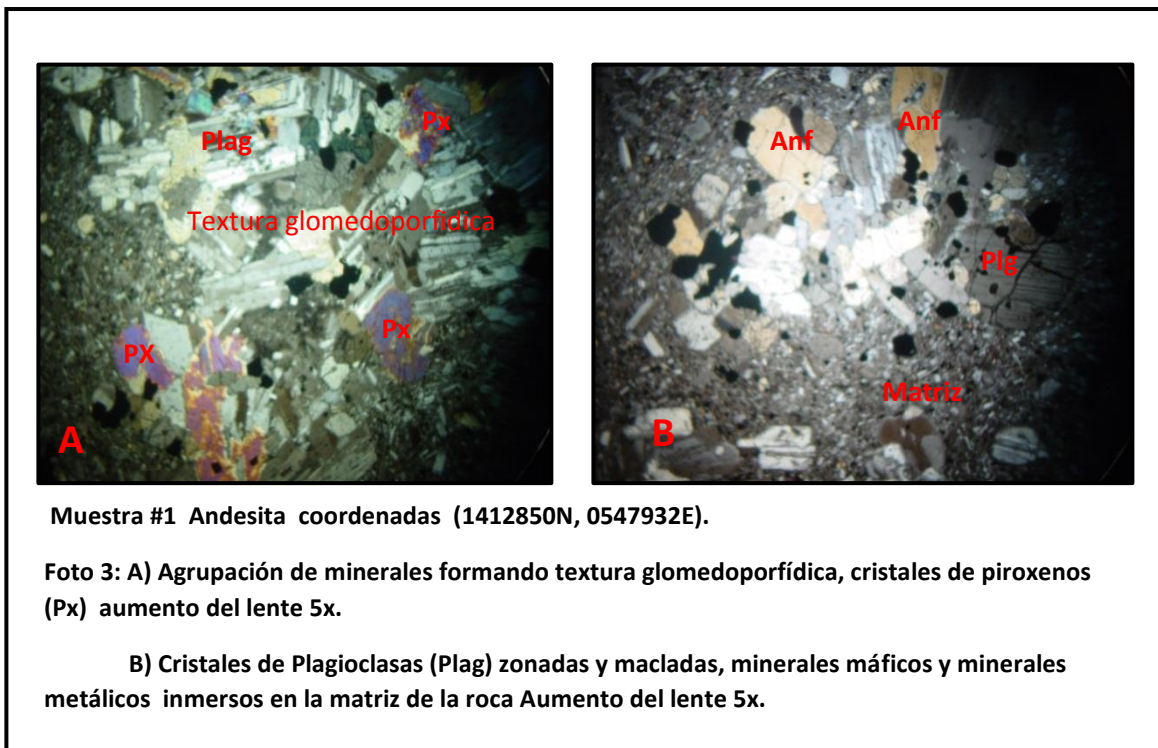
Macroscópicamente la roca es de grano fino con textura de porfirítica a afanítica con fenocristales de plagioclasas y piroxenos, presentan varios tipos de alteración hidrotermal de tipo argilización, silicificación, oxidación y propilitización. Se observan variaciones en su color, producto del intemperismo, por lo que pasa de un color marrón en muestra alterada a una coloración gris oscura y gris verdosa en muestra sin alterar **(Foto 2B)**



Foto 2: A) rodados de andesita Rincón de Gámez (1412850N, 0547932E) junto a ello se observa suelo alterado de color rojizo producto de la alteración química.

B) muestra de roca andesita sin alteración

Microscópicamente presenta gran cantidad de plagioclasas zonadas intermedias de tipo andesina, (40%) que están siendo alterados por clorita, su textura general porfídica, tiene una matriz cristalina y en ocasiones glomedoporfídica formada por minerales de plagioclasas anfíboles y pequeños cristales de piroxenos (36%), en poca proporción se encuentran los microfenocristales de anfíboles tipo horblendas (15%) los cuales tienen prismas cortos, un (6%) de piroxenos y como minerales accesorios los minerales metálicos 3% que se encuentran distribuidos de forma irregular en toda la muestra (**Foto 3**).



### 3.1.2 Unidad de Dacita (Tmcd)

Unidad localizada en la parte NE y SW del área de estudio, con una extensión aproximado de 25 km<sup>2</sup> y constituida por flujos lávicos de composición dacítica. Esta unidad es sobreyacida por las unidades de aglomerados, unidad de riolita y sedimentos aluviales (Qal). Se asocia a estructuras semicirculares como Santa Lucía (1410184N, 0550274E), y antiguas calderas interpretadas a través de geofísica por Ubieta K, en 1993.

Morfológicamente está representada por grupos de cerros muy elevados (300-400 m) en forma alargada, como se observa en las áreas de las Comarcas Santa Rosa de los Parrales, El Guacucal, San Antonio, La Ramada, Los Rincones. Aquí la roca aflora en bloques pequeños angulosos de 2 m de alto y 3 m de ancho (**Foto 4**).



### 3.1.2.1 Sub unidad de Brecha.

La sub unidad de brecha se expone de carácter local. Sobre la carretera el Sauce (N1420210, E051959), en bloques masivos in situ de entre 2-3 m de altura, morfológicamente forman cerros bajos entre 80-160 m. Macroscópicamente la roca presenta un color claro debido a la alteración argílica se observaron fragmentos de rocas angulosos a subredondeados de composición básica y silícea generalmente alterado con matriz afanítica, unidos por pequeñas vetas de cuarzo aproximadamente 5 mm (**Foto 5**)



Foto 5: A) Bloque masivo de brecha con alteración argílica. Carretera el Sauce (1420210N, 051959E)

B) Fragmento suelto de brecha con vetas de cuarzo (1420210N, 051959E)

### 3.1.3 Unidad de Riolita (Tpci)

La unidad de riolita se localiza al NE de la hoja topográfica Larreynaga cubre una área aproximada de 11 km<sup>2</sup> comprendiendo los sitios de: comarca Santa Rosa de los Parrales, al NE de Cenicera, Lugar el Pedregal, cerro Piedra Parada y Lomas las mesas. Morfológicamente la roca se presenta en forma de pseudo-domos a cúpulas o agujas cónicas, aislados con tipo de meteorización esferoidal.

Macroscópicamente la roca está en forma masiva completamente meteorizada con un color blanquecino, producto del intemperismo la roca presenta fragmentos de pómez, en una matriz muy compacta (**Foto 6**), además la roca se presenta moderadamente silicificada en la parte NW (**Foto 7**), con posible alteración argílica

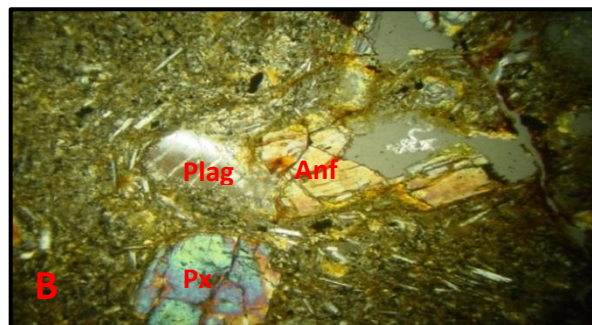
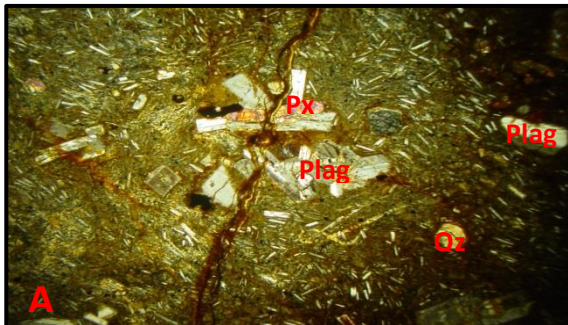


Foto 6: A) Parte NW Cerro Piedra Parada (1412570N, 055256E). B) Roca totalmente argilizada



Foto 7: Riolita Silicificada con fracturas rellenadas por cuarzo  
(1412842N, 0552764E)

Microscópicamente la roca está constituida por (80%) de matriz, su textura es vitria y tiene un (15%) de minerales máficos los cuales están siendo alterados por clorita (3%), plagioclasas (2%), contiene cuarzo primario que está contenido en la matriz y cuarzo secundario el cual esta relleno de fracturas que se encuentra en forma granular; oxidación afectando a fracturas rellenas por cuarzo (**Foto 8**)



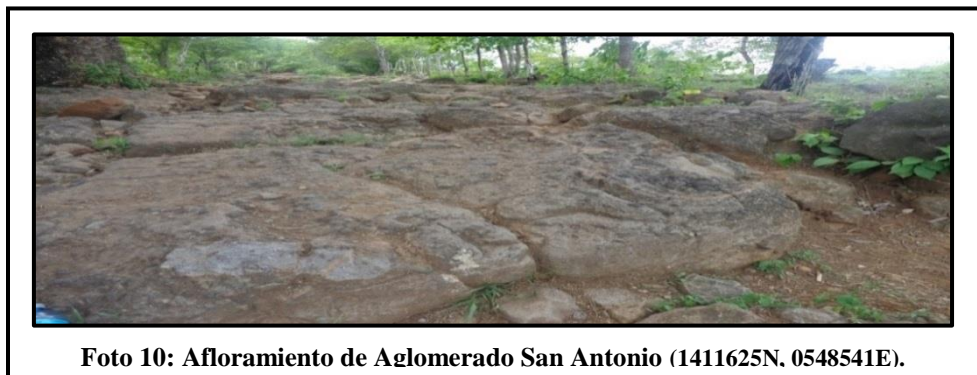
Muestra #2 Riolita (1412370N, 055256E).

Foto 8: A) Agrupación de minerales de piroxenos (Px), Plagioclasas (Plag) y minerales metálicos inmersos en la matriz de la muestra, fractura rellena por cuarzo secundario (Qz), aumento 5x

B) Cristales de piroxenos, hornblendas y minerales metálicos inmersos en la matriz de la muestra aumento 5x

### 3.1.4 Unidad de aglomerado (Tpcl)

Se encuentra localizada en la parte central Norte con un área aproximada de 11 km, cubriendo la mayor parte del cerro el Aguacate, cordillera San Marcos, loma Las Vueltas y los Caballos. Se presenta en formas de bloques compactos formando paredes de uno 10 m de altura principalmente en el cerro el Aguacate, predominan fragmentos líticos los cuales constituyen de un 50-60% de las muestras, con formas que van de ángulos a subredondeados (**Foto 9**). En las partes bajas del cerro San Nicolás el aglomerado se observó sobre el camino cubriendo una pequeña extensión con una dirección NW (**Foto 10**).





### 3.1.5 Unidad de sedimentos aluviales (Qal).

Esta unidad está ampliamente distribuida en la parte E y central S del área de estudio. Cubre un área aproximada de 30 km<sup>2</sup> corresponde a la parte superficial de la secuencia estratigráfica y constituida por sedimentos finos recientes y rodados de rocas de diferentes tamaños. Estos sedimentos se encuentran sobreyaciendo las unidades dacita y andesita. Morfológicamente son zonas de baja como el río Aguacate entre 20-40 m de altura, y sobre la carretera principal El Sauce donde no se puede definir ya que se observa sembradío de arroz

### 3.2 Geomorfología.

El municipio de Malpaisillo-Larreynaga está ubicado en la cercanía del complejo volcánico Cerro Negro y Momotombo en una región llamada provincias geomorfológicas en la región de la cordillera volcánica del Pacífico y depresión nicaragüense. Expuesta durante siglos a los efectos de constantes erupciones volcánicas que han venido dando forma y características particulares al territorio que ocupa este municipio.( Pérez M, 2008)

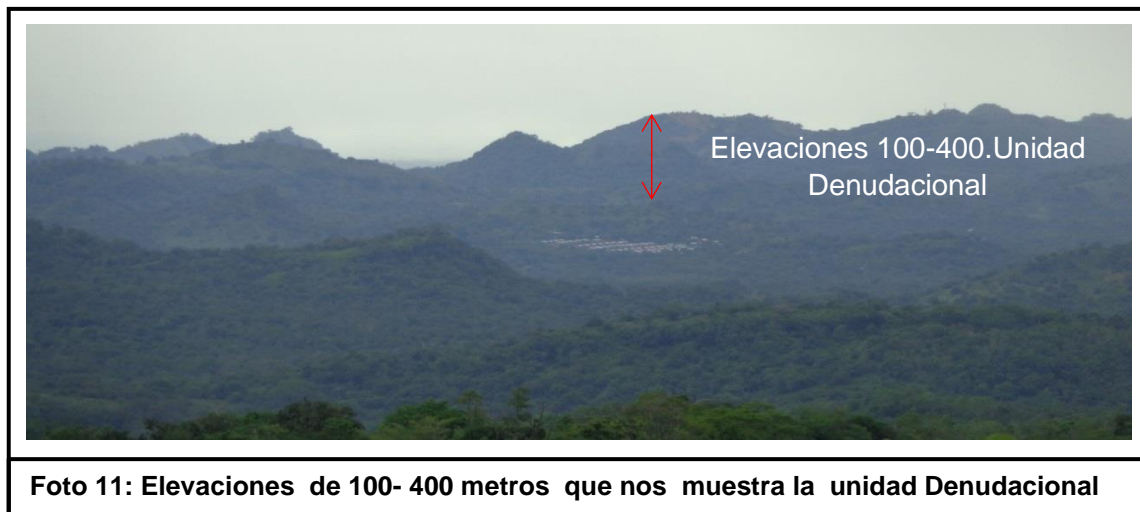
Como resultado de las interpretación de fotografías aéreas a escala 1:40,000, análisis de mapas topográficos, altimétrico, pendientes y modelo de sombra (escala 1:50,000), y observación de geoformas del área, se propone que el relieve del área se divide en cuatro unidades geomorfológicas, basado en la metodología propuesta por (van Zuidam, 1986). **(Anexo 2) (Anexo 4)**

- Unidad de colinas denudacionales (D3)
- Unidad de coladas de lava (V9)
- Unidad de remanentes de calderas y estructuras semicirculares (V14)
- Unidad de llanuras aluviales (F3)

### 3.2.1 Unidad de colinas Denudacionales (D3).

Esta unidad se encuentra en la parte NE y SE del área de estudio con una extensión de 30 km<sup>2</sup> la topografía es ondulada con curvas de nivel muy continuas lo cual nos indican pendientes muy inclinadas a escarpadas y severamente desectadas que varían entre 20° y 40° aproximadamente en la zona de valles y elevaciones que oscilan entre 100 y 400 metros sobre el nivel del mar, en la comarca El Guacucal, San Antonio, Santa Lucía, Los Cocos, Piedra Parada siendo su máxima elevación Loma Las Mesas con 300 metros **(Foto 11)**.

El drenaje es detrítico debido a las altas pendientes del terreno, se asemeja a las raíces de un árbol y se forma cuando las rocas del sitio son resistentes a la erosión uniforme evidenciando que el área de estudio se encuentra dominada por rocas macizas. El drenaje sub- paralelo indica falla locales, litológicamente esta unidad se constituye de rocas ígneas volcánicas de composición dacítica.



### 3.2.2 Unidad de coladas de lavas (V9).

Se localiza en la parte NE del área de estudio con una extensión de 32 km<sup>2</sup> en las comarcas Filete San Bartolo, los Caballos, las Pilas, cordillera el Aguacate. La mayor elevación se alcanza en cordillera El Aguacate con una pendiente aproximada de 30°, la topografía es ondulada a moderadamente abrupta, con curvas de nivel poco separadas a medida que disminuyen las elevaciones las

cuales oscilan entre 200-400 m (**Foto 12**). Litológicamente esta unidad está constituida por flujos de rocas ígneas volcánicas de composición andesítica que están siendo afectadas por fracturas.



### 3.2.3 Unidad remanentes de calderas y estructuras semicirculares (V14).

Se encuentra distribuida en la parte central del área de estudio con una extensión aproximada de 18 km<sup>2</sup> con pendiente entre 30-40°, la topografía es moderada con curvas de nivel bastantes continuas y elevaciones que oscilan entre los 40-500 metros sobre el nivel del mar, siendo su máxima elevación Cerro El Aguacate con 500 m (**Foto 13**).

Los patrones de drenajes son representativos debido a las altas pendientes alrededor de los puntos máximos haciendo que los cauces sigan líneas estructurales hacia afuera o hacia la parte interna de la caldera. Litológicamente esta unidad está formada por efusiones de rocas ígneas volcánicas de composición andesítica basáltica.



**Foto 13: Elevaciones 40-500 metros que nos muestran la unidad de remanentes de calderas y estructuras semicirculares**

### 3.2.4 Unidad de llanuras aluviales (F3).

Esta unidad se encuentra ampliamente distribuida en la parte SE del área con una extensión 60 km<sup>2</sup>, el relieve se caracteriza por tener llanos con pendiente suaves que varían entre 0°-20° aproximadamente. La topografía es casi plana y escasamente irregular con curvas de nivel bastante separadas y elevaciones que oscilan entre 10-150 metros sobre el nivel del mar, esta unidad se encuentra en las comarca Santa Lucía, El Porvenir, Edwin Castro, Mesa de Piedra, Los Rincones, La Ramada (**Foto 14**). Litológicamente esta unidad está constituida por sedimentos aluviales provenientes de rocas volcánicas.



**Foto 14: Elevaciones 0-150 metros que nos muestran la unidad de llanuras aluviales**

## 4. Geología Estructural.

### 4.1 Consideraciones Teóricas

Las rocas se encuentran sometidas a frecuentes esfuerzos de compresión y extensión, debido a esto se produce la deformación permanente de la roca. Ocasionando estructuras geológicas regionales y locales. Para poder identificar las estructuras presentes en el área de estudio se utilizaron criterios de cizallas e indicadores cinemáticos. (Tolson, 1996)

#### 4.1.1 Criterios de Cizalla.

**Cizalla pura:** las estructuras se deforman de manera coaxial, no rotacional y simétrica. (Sibson, 1990)

**Cizalla simple:** las estructuras se deforman de manera no coaxial, rotacional y asimétrica (**Figura 4**)

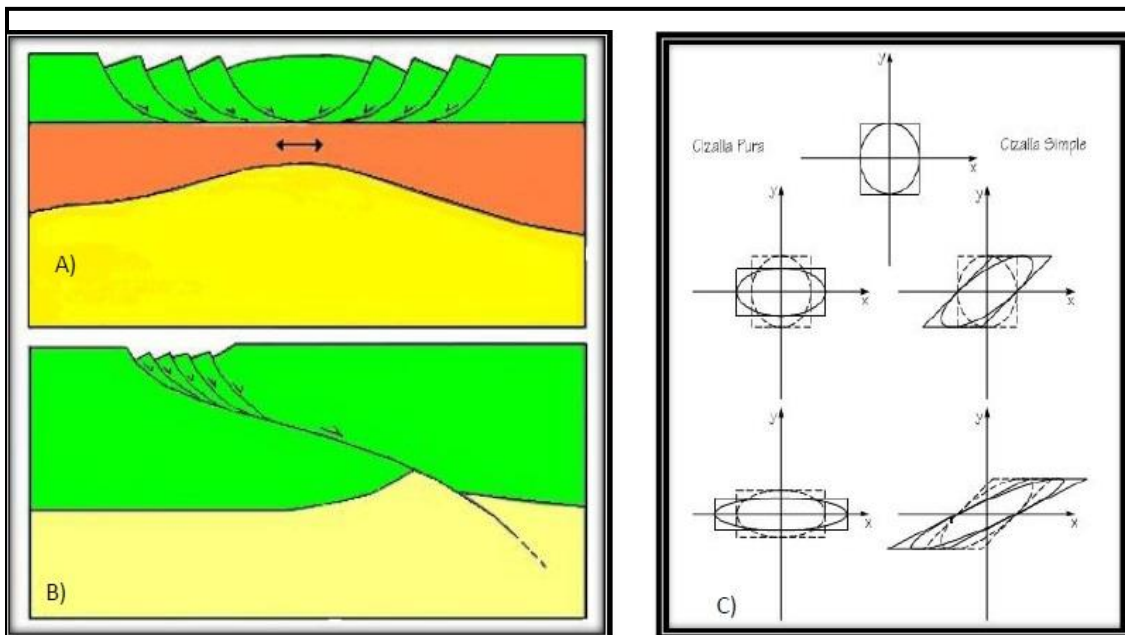


Figura 4. a) Modelo de cizalla pura (Mickzie, 1978).  
b) Modelo de cizalla simple (Wernick, 1981, 1982), c) Comparación geométrica de los sistemas de cizalla pura y simple, mostrando la rotación progresiva de la elipse de deformación finita con cada incremento de cizalla simple (Tolson, 1996).

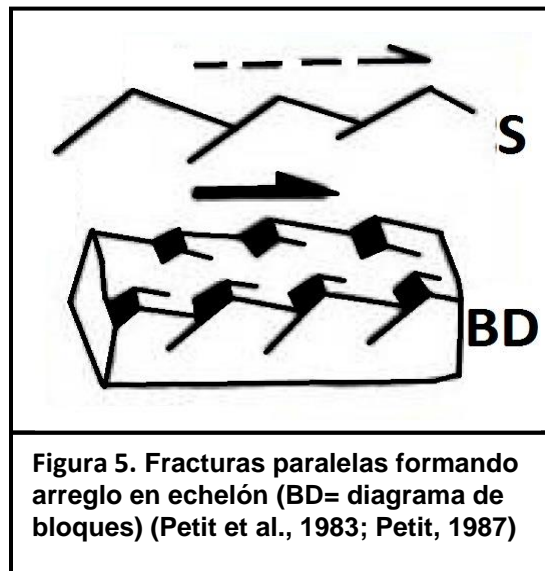
Los criterios fundamentales para definir el sentido de los movimiento de los bloques que se desplazan en una zona de cizalla es la observación y determinación de la separación de marcadores estratigráficos lo que dan una idea de cómo se dio el movimiento pero algunas rocas carecen de criterio principalmente las rocas ígneas por eso se debe acudir a las estructuras secundarias ocurridas durante el fallamiento conocido como indicadores cinemáticos (Garcia- Palomo, 2002).

#### 4.1.2 Indicadores Cinemáticos

A continuación se describen los principales indicadores cinemáticos encontrados en el área de estudio:

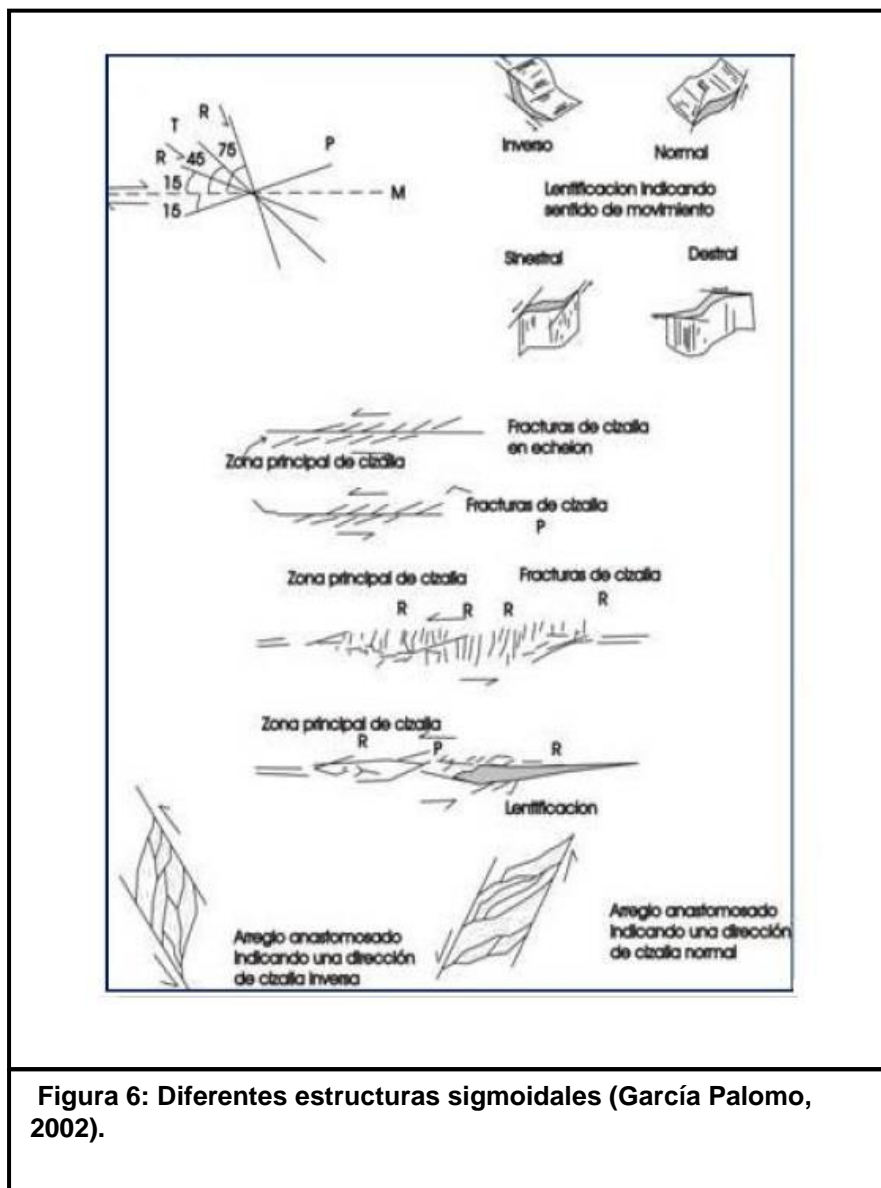
#### 4.1.3 Sistema Paralelo.

Son fracturas cuyo rumbo es en la misma dirección. Este sistema se encuentra en las distintas zonas de fallamiento (**Figura 5**). Principalmente la base del río que se encuentra en el Cerro Aguacate es donde se puede observar claramente esta disposición paralela (S37°W) y en el Porvenir en una falla local la cual tiene un rumbo S212°W.



#### 4.1.4 Sigmoides

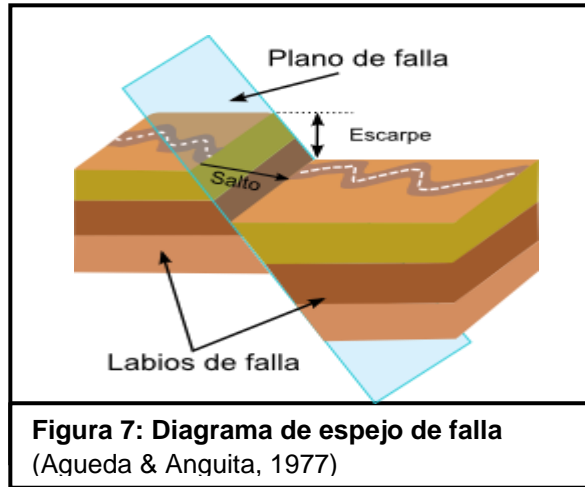
Son lentes de cizallamiento formado por la intersección de fracturas R y P en echelon los cuales son originados durante la fase iniciales de movimiento sobre una zona de falla de deformación frágil. A través de estos lentes de cizallamiento o estructuras sigmoidales se determina el sentido del movimiento ya que los extremos de los sigmoides apuntan la dirección del cizallamiento (García- Palomo, 2002) En muchas ocasiones la zona de cizalla es acompañada por un arreglo anastomosado de estructuras sigmoidales (**Figura 6**).



**Figura 6: Diferentes estructuras sigmoidales (García Palomo, 2002).**

#### 4.1.5 Espejo de falla.

Por los movimientos tectónicos puede desarrollarse una superficie muy lisa que refleja la luz casi como un espejo. Cuando la superficie de la roca se mueve una con respecto a la otra. Indica el movimiento del bloque que baja con respecto al plano de falla (**Figura 7**).



**Figura 7: Diagrama de espejo de falla**  
(Aqueda & Anquita, 1977)

#### 4.1.6 Bloques Escalonados.

En algunos casos el movimiento sobre el plano de falla no es continuo y suele hacer pausas antes de concluir con su desplazamiento dejando estructuras escalonadas que ayudan a determinar el sentido de movimiento de la falla principal (**Figura 8**). En el área del Cerro El Aguacate se encontraron bloques escalonados indicando una falla. Con dirección N12°E. Este patrón se observó principalmente en el río que paso sobre el Cerro el Aguacate (1417750N, 0546892E).



**Figura 8: Formación de estrías y bloques escalonados** (García-Palomo, 2002)



## 4.2 Fases de fallamiento.

En el área NE y SE de Larreynaga se definieron dos patrones de fallamiento con direcciones NE- SW y NW-SE.

### 4.2.1 Fallamiento NE- SW.

Es la primera fase de fallamiento, constituida por fallas de carácter local concentradas en la parte central del área de estudio. Las cuales son:

#### 4.2.1.1 Falla El Porvenir.

Es una estructura local, localizada SW del área de estudio, a lado W de la carretera principal del Sauce, en la Comarca El Porvenir (141286N, 051049E). La falla del mismo nombre tiene una orientación S58°W con una longitud aproximada de 10 metros.

Morfológicamente se presenta con cerros de poca elevación, afectando litológicamente a la unidad rocas dacíticas. La falla El Porvenir está formada por un sistema de falla principal con geometría en echelon derecho. En el afloramiento estudiado, se midieron indicadores cinemáticos, como facturas paralelas y sigmoides a partir de las cuales se determinó que el sentido de movimiento de la falla El Porvenir es normal (**Foto 15**).

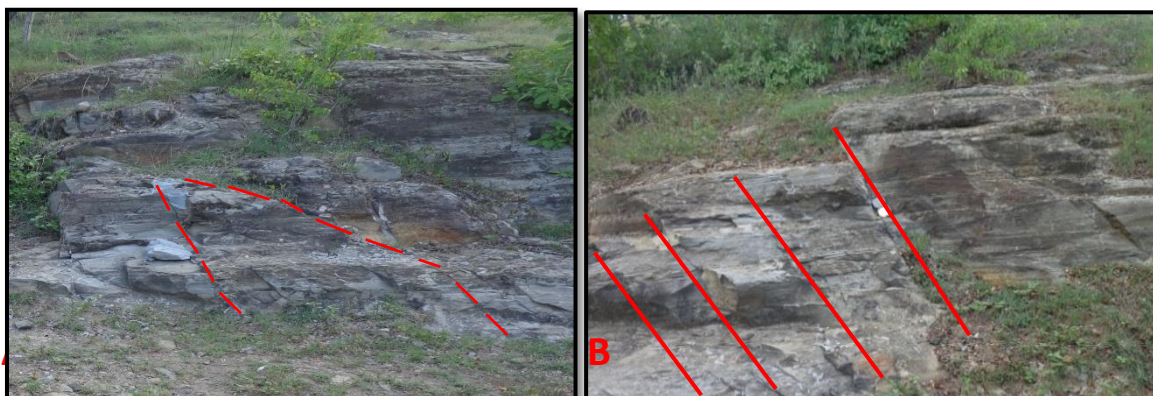
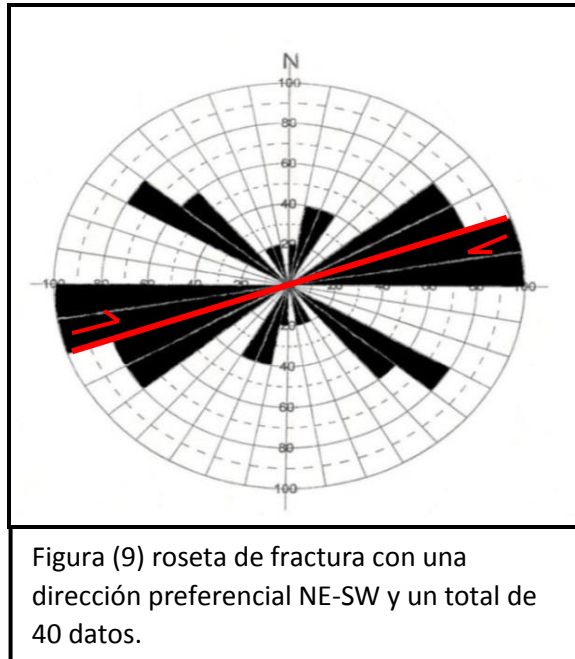


Foto 15: A y B Indicadores cinemáticos de falla El Porvenir, donde se observan sigmoides y sistema paralelo. Afectado por rocas dacíticas. (141286N, 051049E)

### Roseta de fractura para fallamiento NE-SW

La roseta de fractura, elaborada a partir de datos de campo, nos muestra una dirección preferencial N80°E que demuestra que el esfuerzo principal de alto ángulo (Figura 9).



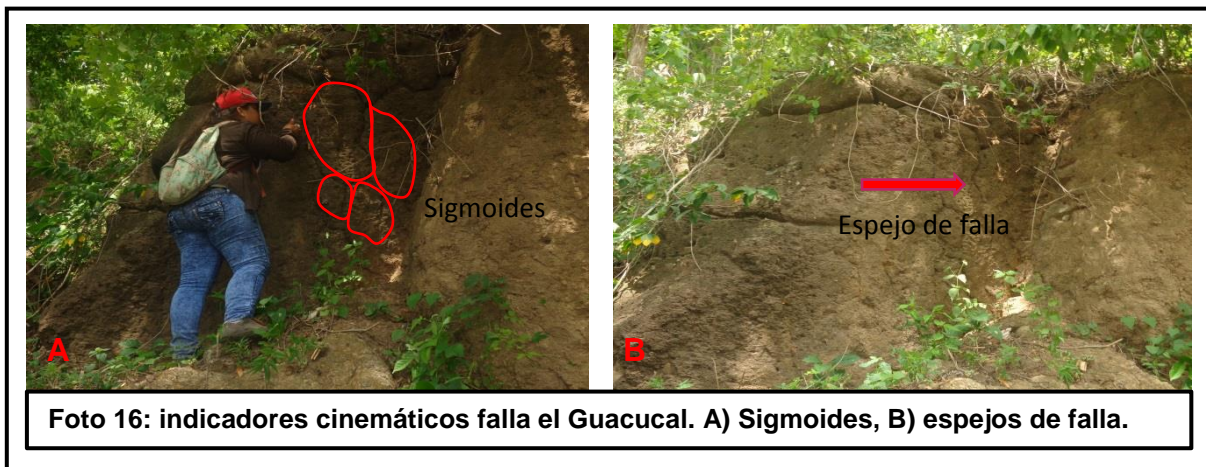
#### 4.2.2 Fallamiento NW-SE.

Segunda fase de fallamiento, es la que ocasiona el desplazamiento de las fallas por lo tanto corresponden a estructuras jóvenes. En esta fase se formaron fallas paralelas a la Fosa Mesoamericana y a la Depresión de Nicaragua. Litológicamente están afectadas por rocas de composición andesítica, aglomerados. Esta fase está representada por dos fallas y una calderas de carácter regional.

#### 4.2.2.1 Falla El Guacucal.

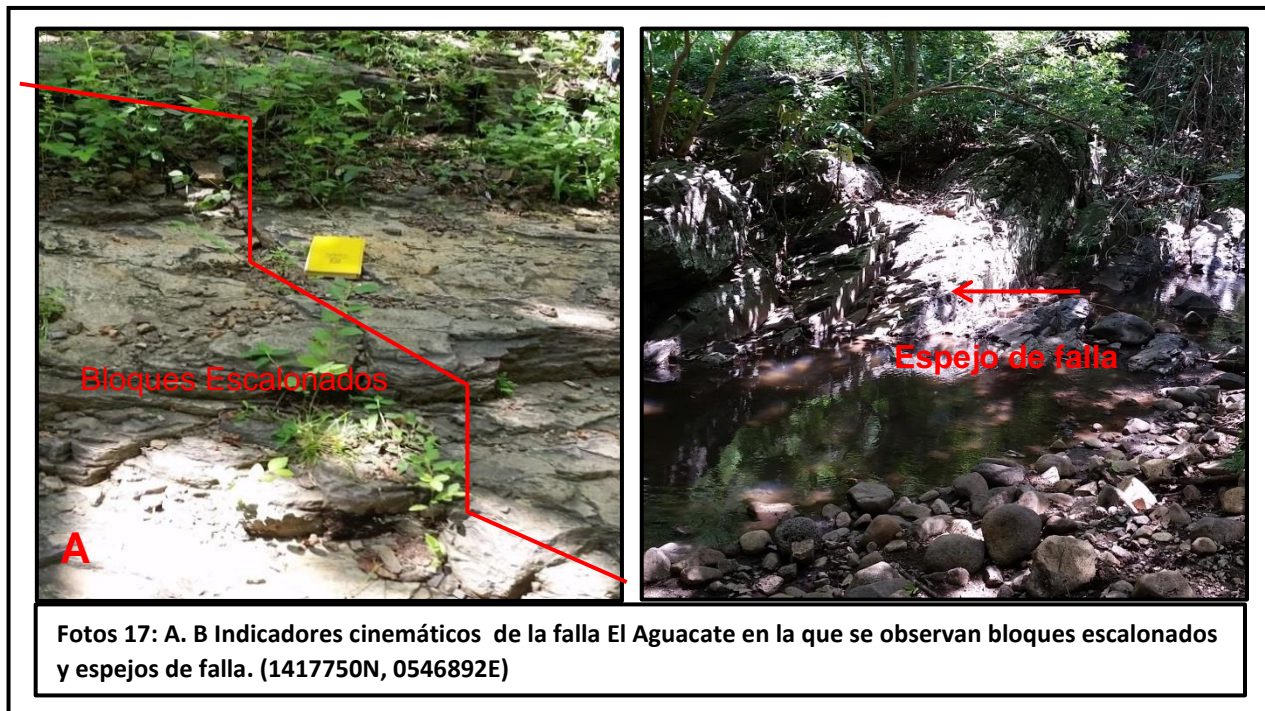
Es una estructura lineal situada en la parte NE del área de estudio al S de la comarca el Guacucal con una orientación  $S160^{\circ}E$  y una longitud aproximada de 8 km extendiéndose desde la comarca el Guacucal (1414863N, 0552552E) hasta mesa de piedra **(Foto 16)**.

Morfológicamente está representado por cerros de poca elevación afectando rocas de composición dacítica, andesítica y sedimentos aluviales. Esta estructura lineal está representada por indicadores cinemáticos como son sigmoides, espejos de falla.



#### 4.2.2.2 Falla El Aguacate.

Es una estructura lineal ubicada en la parte central del área de estudio al E del cerro del mismo nombre (1417002N, 0545347E) tiene una longitud aproximada de 8 km y con una dirección  $N12^{\circ}E$ . Morfológicamente se presenta con cerros muy elevados en dirección NE, litológicamente son coladas dacítica y aglomerados, esta estructura lineal está siendo cortada por falla Rincón de Gámez (1417750N, 0546892E) con dirección  $N12^{\circ}E$ . Esta falla presenta indicadores cinemáticos. Espejos de fallas, estructuras paralelas, bloques escalonados **(Foto 17)**.



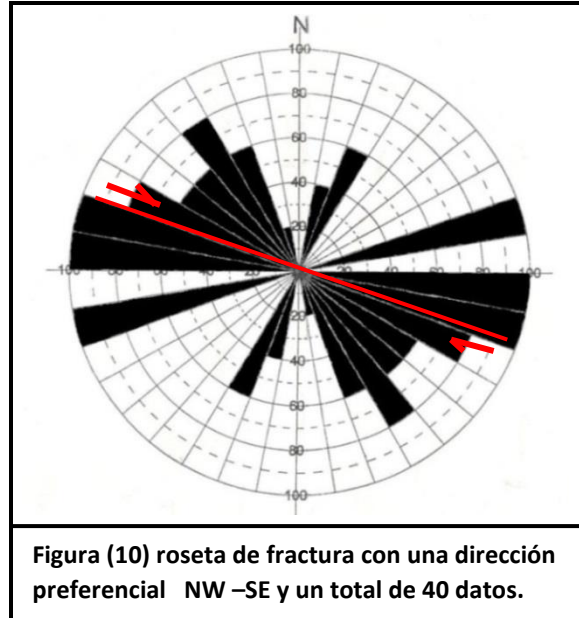
#### 4.2.2.3 Falla Rincón de Gámez

Es una estructura lineal ubicada al NE del área de estudio comarca Rincón de Gámez de ahí su nombre. Con una longitud aproximada de 6 km y con una orientación  $N60^{\circ}E$  extendiéndose desde la comarca Rincón de Gámez (1412850N, 0547932E), hasta la Cordillera El Aguacate.

Litológicamente está representada por rocas de composición andesítica. Aunque no fue identificada en campo con ayuda de fotointerpretación y del análisis de mapas preliminares, se define la existencia de esta falla

### Roseta de fractura para fallamiento NW-SE.

La roseta de fracturas, es elaborada a partir de datos de campo indica una dirección preferencial  $N70^{\circ}W$  que demuestra que el esfuerzo máximo es de alto ángulo. (Figura 10)



#### 4.2.2.4 Caldera El Aguacate.

Es una estructura volcánica en forma de herradura. Localizada al Noreste del área de estudio. Tiene un diámetro aproximado de 8km formado por la Cordillera el Aguacate, El Zapote, El Chote, Lomas Portobanco. En este trabajo se definió solo el borde SE de La Caldera El Aguacate con un longitud aproximada de 3 km con una dirección  $S63^{\circ}E$ ; la cual está siendo desplazada con un movimiento lateral izquierdo por la falla El Aguacate cuya dirección es  $N12^{\circ}E$ , está asociada a rocas de composición andesítica (Foto 18).

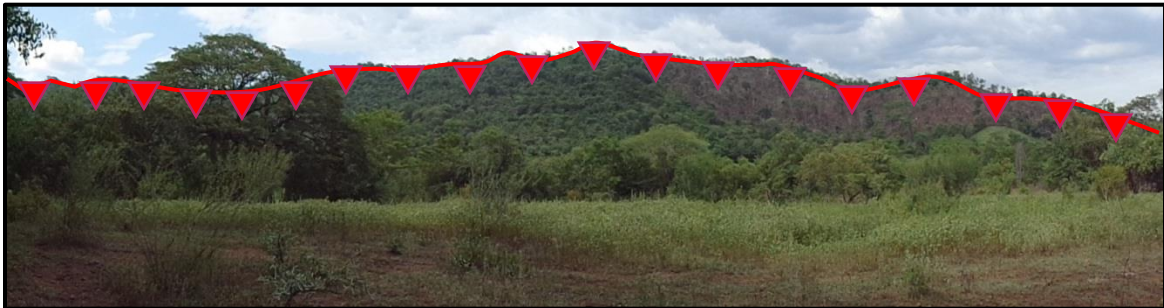


Foto 18: Borde NE de la Caldera El Aguacate asociada a rocas de composición Andesita y Aglomerado vista desde la Comarca Rincón de Gámez

Es una estructura volcánica localizada al NE del área de estudios en la comarca Santa Lucía. Tiene un diámetro de aproximadamente 2 km, formado por el Cerro Santa Lucía (1410184E, 0550274E), esta estructura está erosionada y no se encuentra cortada ni desplazada por ninguna otra estructura, está asociada a rocas de composición dacítica bastante meteorizada no se confirmó en campo, fue interpretada por fotografías aéreas.

#### **4.2.2.6 Estructura semicircular Las Mesas.**

Se define como una estructura volcánica situada al NE del área de estudio al E de la Loma Las Mesas (1414964N, 0551737E), por lo que se nombró así en este trabajo, esta estructura tiene un diámetro aproximado de 1 km esta asociada a rocas de composición dacítica y es propuesta en este estudio aunque no se verificó en campo fue interpretada a través de fotografías aéreas.

## Conclusiones.

De la información obtenida a través de la etapa de campo, interpretación de indicadores cinemáticos y análisis petrográfico se resaltan las siguientes conclusiones.

- Se reconocieron cuatro unidades geológicas correspondiente a la secuencia producida por eventos volcánicos, cuya composición varía desde andesitas en la parte basal hasta sedimentos aluviales y en la parte superficial riolitas y aglomerado. Estas unidades son Unidad Andesita (Tmca), Unidad de Dacita (Tmcd), unidad de toba e ignimbrita (Tpci), Unidad de Lava y Aglomerado.
- Basado en el análisis e interpretación estructural, se concluyó que el área de Larreynaga se presentan dos fases de fallamiento.
  - ✓ Fase de fallamiento NE-SW: Primera fase de fallamiento del área de estudio constituida por fallas de carácter regional, ubicadas en la parte central de del sitio de estudio y con una dirección preferencial N80°E.
  - ✓ Fase de fallamiento NW-SE: Segunda fase de fallamiento es la que provoca el emplazamiento de falla como lo es la del aguacate por lo tanto corresponden a estructuras más jóvenes y con una dirección preferencial N60°W.
- A través del mapa geomorfológico de la parte NE y SE de Larreynaga, se clasificó el relieve local en cuatro unidades geomorfológicas: colinas denudacionales, llanuras aluviales, coladas de lavas, remanentes de calderas.

## **Recomendaciones.**

Para enriquecer el conocimiento científico en el ámbito geológico y geoestructural. De Nicaragua se recomienda.

- Realizar estudios de geología estructural a detalle, basado en el análisis e interpretación de esfuerzos y deformaciones tectónicas dirigidas a elaborar un modelo estructural completo.
- Elaborar estudios geofísicos para determinar borde NW de la caldera El Aguacate propuesta en este estudio.
- Desarrollar análisis geoquímico a detalle, que determinen la génesis de los depósitos volcánicos.



## **Bibliografía.**

- Agueda, J., & Anguita, F. A. (1977). *Procesos Tectonicos. Geolgia de Madrid*. Madrid: Rueda.p 221-272.
- Frischbutter, A. (2002). *Structure of Managua Graben, Nicaragua From Remote Sensing Image, Geofisica Internacional V.4 N° 002 p. 87-102* .
- Garayar. (1971). *Geologia y Depositos de Minerales de la region de Chontales y Boaco.Catastro e inventario de los Recursos Naturales, Open File Report*. Nicaragua.
- Garcia- Palomo, A. (2002). *Vulcanismo y Geologia Estructural de la region de Apan Estado de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y Mexico. tesis de Doctorado Ciencias Vulcanologia. Universidad Autonoma Mexico, Mexico D.f. Mexico*.
- Del Guidice., Z. B. (1958). *Geologia de la Costa del Pacifico*. Nicaragua.
- Hernández Sampier, R. F. ((1996)). *Metodologia de la investigacion*. Mexico: McGRAW - HILL INTERAMERICANA DE MEXICO, S.A de C.V.
- Hodgson. (1971 a). *Geologia y anotaciones mineralogicas de la palnicie Noroeste y de la precordillera Occidental. Catastro e nventario de Recursos Naturales, Archivo Accesible. informe N°13*.
- Hodgson. (2000). *Introduccion al Lexico Estratigrafico de Nicaragua*. Nicaragua.
- Hodgson, Glen & C.J, F. (1972). *Geologia y Anotaciones mineralogicas de las planicies sureste del Lago de Nicaragua: Catastro e Inventario de Recursos Naturales, Archivo Accesible, Informe N° 14*.
- Hodgson, G. (1977). *inventario de los depositos de caliza y marmoles de Nicaragua*. Servicio Geologico Nacional.
- Hunting, g. a. (1972). *Slide Looking Radar Survey of Nicaragua, Westinghouse Electronic Corporation. Baltimre. USA*.
- Instituto Nacional de estadisticas y Censo, N. (23 de 08 de 2016). <https://es.wikipedia.org/wiki/Larreynaga>. Recuperado el 09 de 05 de 2017
- Lillio, R Oyarzun (2013), Geología estructural aplicada a la exploración minera
- Kuang. (1971). *Geologia de la Costa del Pacifico. Catastro e Inventario de Recusos Naturales, Open File, Report*.
- Kuang, J. (1971). *Estudio Geologico del Pacifico de Nicaragua* . Managua Nicaragua.
- Lillijequist, R. &. (1983). *desplazamientos de actividades volcanicas durante el terciario y la relacion entre paleo- arcos volcanicos y depositos minerales INETER-SAREC- NIC*.

- P, Marcela, (2008). *Plan Municipal de Respuesta del municipio de Larreynaga*.
- McBirney, & Williams. (1965). *volcanic history of nicaragua*. California: Geol. Sci.V.55.
- Sibson. (1990). *Faulting and fluid flow. in Nesbitt, B,E,. ed Shot Course on fluids in tectonically active regimes of the continental crust,Mineralogical Association of canada p.93-132. canada*.
- Tolson, G. (1996). *Un catalogo de indicadores cinematicos en rocas cizalladoras. departamento de paleomagnetismo, GEOS, union geofisica Mexicana, 16.(1)*.
- Ubieta K, (1993). *estudio de Exploracion Magnetica y Electromagnetica en el area del Sauce*.
- van Zuijdam, R. (1986). *Aerial photo-interpretation in terrain analysis and geomorphologic mapping. Smits publishers. The Hague*.

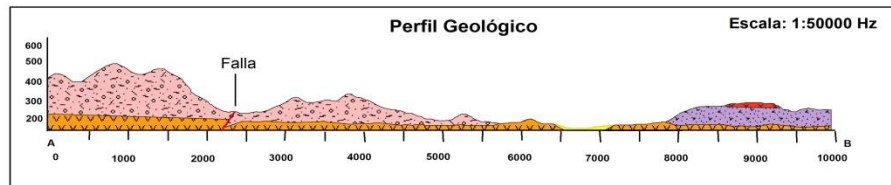
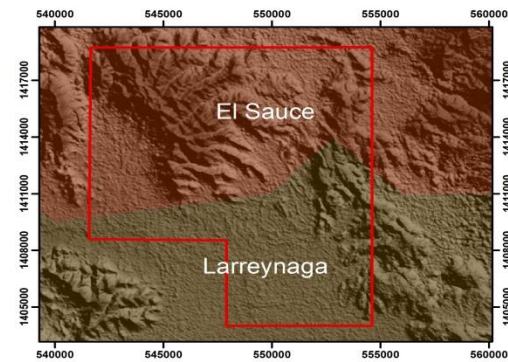
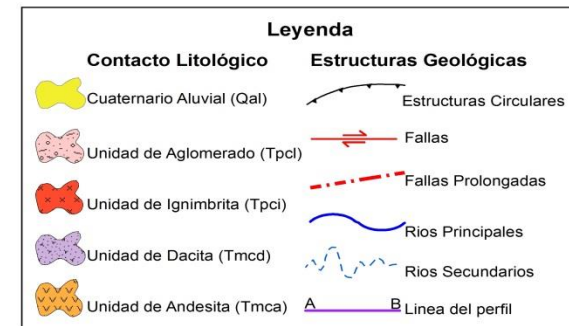
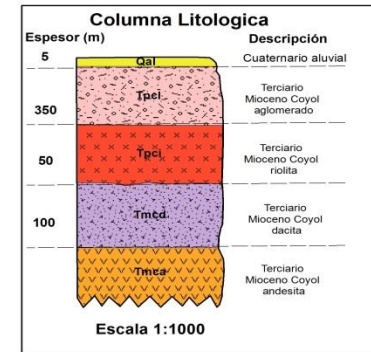
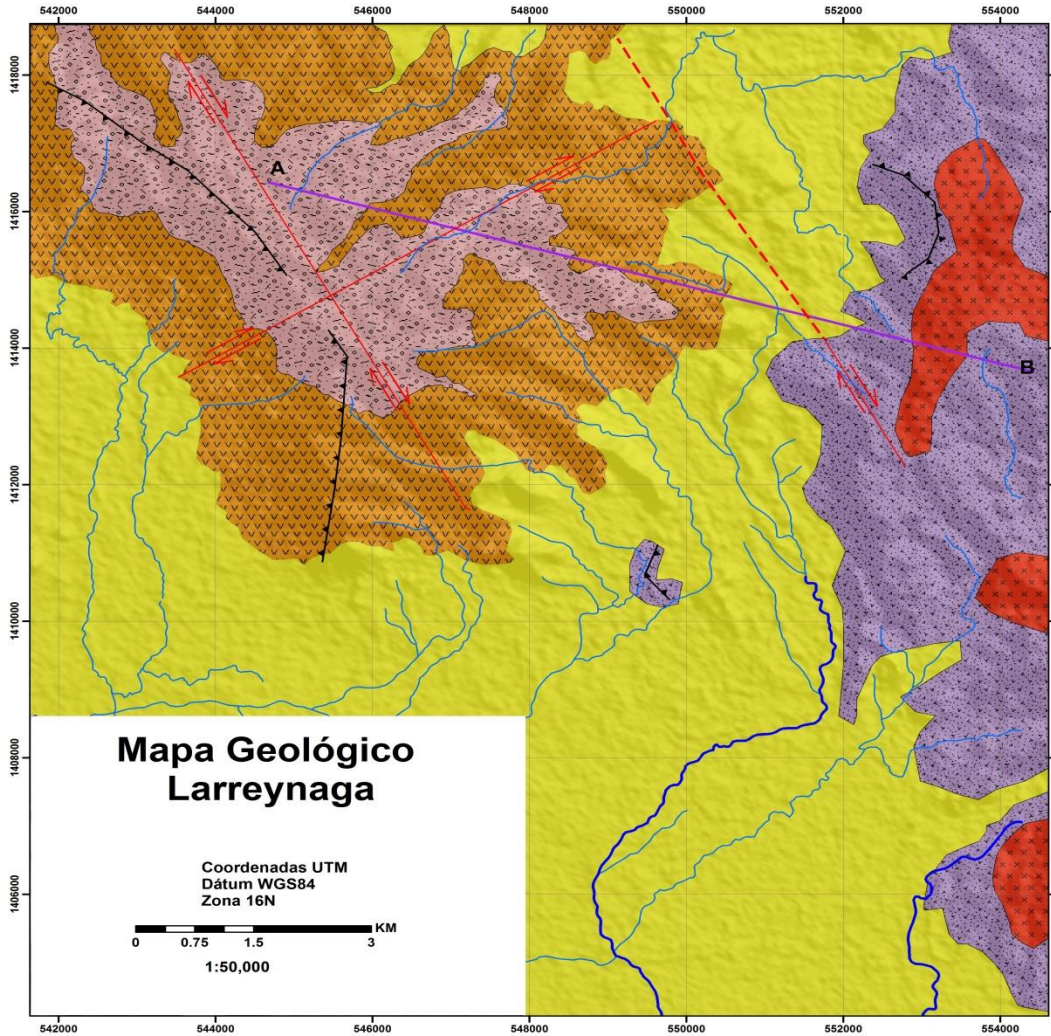
Anexo 1: clasificación geomorfológica propuesta Van Zuidam, 1986.

Código	Unidad	Sub-unidad	Características Generales
D3	Origen Denudacional	Colinas Denudacionales	Colinas escarpadas a muy escarpadas, topografía montañosa. Moderada a severamente disectadas
V9		Colinas de lava	Topografía ondulada. Pendiente ligeramente fuerte a moderadamente fuerte. Ligeramente a moderadamente disectadas.
V14	Origen Volcánico	Remanentes de calderas	Colinas con pendientes moderadas a fuertes. Moderadamente a severamente disectadas
S1	Origen Estructural	Topografía ondulada	Topografía ondulada con sistema de drenaje relacionado con los patrones de fallamiento. Ligeramente a moderadamente inclinadas. Modernamente disectadas.
F3	Origen Fluvial	Llanuras aluviales	Topografía casi plana a ligeramente irregular. Inundaciones regulares a estacionales. Básicamente sujeta a la colmatación por acumulación fluvial.

nexo 2: tablas de clasificación de minerales.

Muestra: Rincón de Gámez									Clasificación: andesita												
minerales	% vol	Componentes				Matriz			Grado de cristalinidad			Forma			Tamaño			Textura			
		Cristales	Matriz	Cristales y matriz	otros	vidrio	cristales	Cristales y vidrio	holocristalina	hipocristalina	holohialina	euhedral	subhedral	anhedral	Fenocristales <sup>^</sup> 3mm	Microfenocristales	microlitos	porfiritica	intergranular	hipodimorfica	cristalovitrioclastica
Cuarzo																					
Plagioclasas	40	X								X			X		X						
Feldespatos																					
Micas																					
Anfíbol	15																				
Piroxeno	6	X								X		X		X		X					
Olivino																					
Minerales metálicos	3	X								X				X							
Matriz	36							X													
Total	100%																				

Muestra: lugar Piedra Parada.									Clasificación: riolita												
Minerales	% vol	Componentes				Matriz			Grado de cristalinidad			Forma			Tamaño			Textura			
		Cristales	Matriz	Cristales y matriz	Otros	Vidrio	Cristales	Cristales y vidrio	Holocristalina	Hipocristalina	Holohialina	Euhedral	Subhedral	Anhedral	Fenocristales > 3mm	Microfenocristales	Microlitos	Porfiritica	Intergranular	Hipodiomorfa	Cristalovitrificacional
Cuarzo	2	X								X											
Plagioclasas	10												X								
Feldespato																					
Micas																					
Anfíbol	15																				
Piroxeno		X								X			X								
Olivino																					
Minerales metálicos		X								X											
Matriz	73						X														
Total	100%																				



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA, MANAGUA  
UNAN - MANAGUA

Seminario de Graduación

Actualización cartográfica parte NE y SE correspondiente a la hoja topográfica, escala 1:50000.

Elaborado por: Br Jael Pérez.

Tutor: Msc. Gema Velásquez.

Julio del 2017