

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE NICARAGUA  
(UNAN-MANAGUA, MANAGUA)  
FACULTAD DE CIENCIAS E INGENIERÍAS  
DEPARTAMENTO DE TECNOLOGÍA**



**"ACTUALIZACIÓN CARTOGRÁFICA DE LA PARTE ESTE DE LA HOJA  
TOPOGRÁFICA DE CIUDAD SANDINO, (Hoja No. 2957-II. Nueva Segovia,  
Escala 1:50 000"**

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

**PRESENTADO POR:**

**Br: Daniel Giovanni Picado López**

**Br: Gessner Ulbert Grillo Rodríguez**

**TUTOR:**

**MSc. Gema Velásquez E.**

**ASESOR:**

**Ing. Edmundo Aguirre**

**Managua, Septiembre de 2014.**

*"El mapa geológico es un índice de la extensión y exactitud del conocimiento geológico y también es la base de la investigación futura".*

Harrison, 1963.\*

---

\*Harrison, J. M., 1963. *Naturaleza y Significado de los Mapas Geológicos. Filosofía de la Geología. Edit. CECSA. Boletín de la Sociedad Geológica de Guatemala. Noviembre 1999.*

## **DEDICATORIA**

**A Dios**, por ser el camino, la verdad y la vida que hemos tratado de seguir, por darnos fuerza en el transcurso de estos años.

**A nuestros padres**, por darnos la vida, su amor y el apoyo incondicional encontrado en ellos.

A nuestros familiares cercanos y amistades por ser soporte en nuestros círculos familiares, por su apoyo y comprensión.

**A todos ellos nuestro respeto de todo corazón.**

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios sobre todas las cosas por habernos dado fuerzas y motivación para realizar este trabajo.

A nuestros padres por darnos la oportunidad de educarnos y el apoyo incondicional junto con el amor y dedicación otorgada en el transcurso de nuestras vidas.

A Msc. Gema Velásquez por su valiosa colaboración y apoyo, consejos que fueron bien recibidos y que enriquecieron este trabajo.

Al Ing. Glen Hodgson V. por su incondicional colaboración e invaluable aporte durante el desarrollo de este trabajo.

Al Ing. Edmundo Aguirre por su apoyo y sugerencias como tutor aportando información de gran valor al presente documento, agradecimiento especial por su interés y acertados puntos de vista.

***Gessner Grillo***

A Dios por acompañarme durante toda mi carrera.

A las autoridades y docentes de la Facultad de Ciencias e Ingeniería por apoyarme en mis estudios: Msc. Hugo Gutiérrez, Msc. Marlon Díaz, Msc. Bismarck Santana, Ing. Glen Hodgson V. e Ing. Edmundo Aguirre.

***Daniel Picado***

A Dios por darme fuerzas e intelecto para seguir adelante.

A mis amistades Phd. Luc Thomas English, Phd. Michael Gareohu, Phd. Petter Harrison, Phd. Petter Ohgarect, Phd. Mark Chaild, Phd. Bladimir Seyeyenkov, quienes han contribuido con mi preparación académica y profesional.

Al Msc. Glen Hodgson Valery por ser mi mentor.

Y de forma muy especial nuestro agradecimiento a nuestros padres y familiares cercanos que con su apoyo logramos vencer los obstáculos presentados en el transcurso de los años.

## **RESUMEN**

El área de estudio se ubica geográficamente en el departamento de Nueva Segovia, al Norte del país y abarca una gran parte de los municipios de El Jícaro, Murra y una pequeña porción Sur del municipio de Jalapa.

Litológicamente el área de estudio está constituida por un basamento de rocas metamórficas foliadas (esquistos) de edades paleocénicas intruidas por un cuerpo plutónico granítico en el sector Noroeste del área, interpretado como un apófisis del Batolito de Dipilto - Jalapa.

Las rocas metamórficas están definidas por esquistos micáceos de bajo grado metamórfico y esquistos grafiticos, estas sub-unidades se caracterizan por presentar estructura foliada debido a la presencia de minerales planares (sericita, biotita, grafito, clorita) como minerales esenciales de este tipo de rocas, otorgándole condiciones para deformaciones plásticas (pliegues) muy comunes.

Estructuralmente, el área se encuentra controlada por esfuerzos regionales procedentes de los cuerpos plutónicos locales al Noroeste del área de estudio, que con su mecanismo de intrusión generan esfuerzos de extensión y compresión que deforman las rocas existentes, dando lugar a fallamiento y plegamiento tanto regionales como locales.

El análisis e interpretación de los datos permitió definir eventos tectónicos locales, los que se definieron en dos fases de fallamiento, uno con dirección Noreste-Suroeste y otro perpendicular Noroeste-Sureste, siendo este último el sistema de fallas más joven ya que corta y desplaza fallas con direcciones Noreste-Suroeste en algunas zonas.

# CONTENIDO

<b>CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
1.1 Ubicación del Área de Estudio .....	2
1.2 Vías de Acceso .....	3
1.3 Antecedentes .....	5
1.4 Metodología de Trabajo .....	6
1.4.1 Compilación de la Información.....	6
1.4.2 Trabajo de Campo .....	7
1.4.3 Interpretación y Procesamiento de Datos.....	7
<b>CAPITULO 2. MARCO GEO-TECTONICO DE CENTROAMERICA</b> .....	8
2.1 Geología de Centroamérica .....	11
2.2 Marco Tectónico y Geológico de Nicaragua.....	13
<b>CAPITULO 3. GEOLOGIA LOCAL</b> .....	16
3.1 Unidad de rocas Metamórficas (Ptm).....	17
3.1.1 Sub-unidad de Esquistos Cloríticos-Sericíticos (Esquistos Micáceos) .	18
3.1.2 Sub-unidad de Esquistos Grafíticos.....	20
3.2 Unidad de rocas Intrusivas (Pti) .....	24
3.2.1 Sub-unidad de Rocas Intrusivas Graníticas.....	24
3.2.2 Sub-unidad de Diques Meteorizados.....	26
3.3 Unidad de Sedimentos Aluviales (Qt).....	28
<b>CAPITULO 4. RASGOS ESTRUCTURALES</b> .....	29
4.1 Indicadores cinemáticos.....	30
4.1.1. Fracturas conjugadas .....	31
4.1.2. Fracturamiento paralelo .....	32
4.1.3. Lentas de deformación o Sigmoides.....	33
4.2 Fases de Fallamiento .....	34

4.2.1	Patrón de Fallamiento rumbo Noreste - Suroeste.....	34
4.2.2.	Patrón de Fallamiento rumbo Noroeste - Sureste.....	39
4.3	Estructuras geológicas de menor orden.....	44
<b>CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>		<b>47</b>
5.1	Conclusiones.....	47
5.2	Recomendaciones.....	49
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>		<b>50</b>
<b>ANEXOS .....</b>		<b>53</b>
ANEXO 1	Tabla 2. Puntos de levantamiento Cartográfico.....	53
ANEXO 2	Tabla 3. Base de Datos Geo-Estructurales .....	77
ANEXO 3	Tabla 4. Tabla de Foliaciones Medidas .....	81
ANEXO 4.	Mapa de puntos de cartografiado y muestreo geológico. ....	84
ANEXO 5.	Modelo de sombras .....	85
ANEXO 6.	Mapa Geo-Estructural.....	86



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### Figuras

<b>Figura 1.</b> Mapa de ubicación del área de estudio. ....	4
<b>Figura 2.</b> Marco Tectónico de Centroamérica.....	9
<b>Figura. 3.</b> Mapa Geológico Generalizado de Centroamérica.....	12
<b>Figura. 4.</b> Mapa de Provincias Geológicas de Nicaragua.....	15
<b>Figura 5.</b> Esquistosidad originada por presiones dirigidas. ....	19
<b>Figura 6.</b> Comparación geométrica de los sistemas de cizalla pura y simple, rotación progresiva de la elipse con incremento de cizalla simple.....	30
<b>Figura 7.</b> Mecanismo de desarrollo de estructuras Sigmoides .....	33
<b>Figura 8.</b> Diagrama de rosetas de fracturas mostrando dirección preferencial Az: 40°/220°, afectando esquistos micáceos moderadamente meteorizados. ....	35
<b>Figura 9.</b> Diagrama de densidades de fracturas, mostrando eje en dirección acimutal de 40°	
<b>Figura 10.</b> Diagrama de rosetas de fracturas mostrando dirección preferencial Az: 140°/320°, afectando esquistos micáceos moderadamente meteorizados.....	39
<b>Figura 11.</b> Diagrama de densidad de fracturamiento mostrando eje en dirección acimutal Az: 140°. Falla Rio Jícaro.....	43

## **FOTOS**

- Foto 1.** Afloramiento de esquistos micáceos de estructura foliada y moderadamente plegados en margen de Rio Sucio. .... 17
- Foto 2.** Esquisto meteorizado en corte de camino, comarca San Francisco municipio de Murra.....19
- Foto 3.** Esquistos micáceos, Cerro el Perico; comarca Las Pozas municipio de Murra..... 20
- Foto 4.** Esquistos grafíticos con lentes de cuarzo..... 21
- Foto 5.** Sección delgada de muestra de esquisto grafítico,. .... 22
- Foto 6.** Afloramiento de granito en Cerro El Quebracho hacia el Sureste de de la comunidad de Las Uvas municipio de Jalapa, ..... 24
- Foto 7.** Bancos de arena silíceo mostrando patrones de erosión lineal, comarca Las Mercedes municipio de Jalapa ..... 25
- Foto 8.** Diaclasa en dirección 200° en bloque de granito aflorando en Cerro Loma El Petate, comunidad Las Uvas municipio de Jalapa ..... 25
- Foto 9.** Dique félsico meteorizado intruyendo esquistos oxidados, Comarca La Paz, Murra.....26
- Foto 10.** Dique intruyendo en ángulo oblicuo con respecto a la roca encajante. Quebrada Grande, El Júcaro..... 27
- Foto 11.** Morfología de Terrazas del Rio Sucio en Caserío Los Lirios municipio de El Júcaro.. ..... 28

<b>Foto 12.</b> Fracturamiento conjugado dentro del patrón de fallamiento Noreste-Suroeste.....	31
<b>Foto 13.</b> Fracturamiento paralelo combinado con fracturamiento sub paralelo afectando esquistos micáceos en patrón de fallamiento Noroeste - Sureste, falla Río Jícaro. ....	32
<b>Foto 14.</b> Arreglo anastomosado, con sigmoides de diferentes tamaños, indicando fallamiento inverso en esquistos micáceos de cerro Loma El Perico, Las Pozas, municipio de Murra.....	34
<b>Foto 15.</b> Plano de falla con dirección 248°, dirección preferencial Noreste - Suroeste en la localidad de Punta Mico, Barranco Grande municipio de Murra. ....	36
<b>Foto 16.</b> Falla en Río Sucio con dirección 251°, fracturamiento sub paralelo y foliación tumbada, harina de falla. Los Lirios municipio del Jícaro.....	37
<b>Foto 17.</b> Falla inversa en afloramiento aledaño a excavaciones mineras antiguas. ....	38
<b>Foto 18.</b> Zona de fallamiento Cerro San Albino, Fracturamiento bifurcado y paralelo., Comarca San Albino, El Jícaro. 312°/ 48° .....	41
<b>Foto 19.</b> Plano de Falla cerca del Cerro San albino en la entrada a túnel antiguo, . Comunidad de San Albino municipio de El Jícaro.....	41
<b>Foto 20.</b> Falla inversa en socavón de Loma El Perico producida por esfuerzos compresivos. ....	42
<b>Foto 21.</b> Cabalgamiento estructural de vetas de cuarzo en zona de fallamiento local. Cerro La Fortuna municipio de Murra.....	44
<b>Foto 22.</b> Plegamiento en esquistos moderadamente meteorizado .....	45

**Foto 23.** Fracturamiento conjugado producido por esfuerzos originados por intrusión del dique..... 46

## **CAPITULO 1. INTRODUCCIÓN**

En Nicaragua, a partir del 2004 el Gobierno de Nicaragua, a través del Ministerio de Industria y Fomento, ha promovido la actualización y cartografía geológica a nivel Nacional con el objetivo de actualizar y ampliar la información geológica del país que se tiene desde 1954 - 1978. Tomando en cuenta lo antes mencionado se presenta este trabajo para aportar al conocimiento de la geología del área del Jícaro – Murra, abarcando un área aproximada de 230 km<sup>2</sup>, formando parte de la provincia Geológica del Norte de Nicaragua, caracterizado por rocas Metamórficas.

Dado lo anterior, en este trabajo se planteó el objetivo general de actualizar la cartografía geológica de la hoja topográfica de Ciudad Sandino, sector Este, El Jícaro-Murra, Nueva Segovia, a partir de la realización de objetivos particulares que incluyeron: determinar las unidades litoestratigráficas, análisis petrográfico y caracterización de patrones estructurales que afectan la zona.

Por ello este trabajo se integró de siete capítulos: El primer capítulo se presenta la caracterización geográfica del área, ubicación, vías de acceso y antecedentes de trabajo realizados, la cual es de importancia para entender el contexto general de la zona.

El segundo capítulo incluye el marco tectónico y geológico regional de Centroamérica y Nicaragua, para entender la historia geológica del país y del área estudiada. El tercer capítulo se enfoca en la delimitación de las unidades litológicas que caracteriza el área, el cuarto capítulo abarca aspectos estructurales y las fases de deformación que se han dado en la región.

El quinto capítulo refleja las conclusiones y recomendaciones hechas por los autores. Finalmente se contribuye a la actualización y entendimiento geológico del Jícaro - Murra. Finalmente se presentan los capítulos seis y siete con la bibliografía consultada y los anexos presentan las tablas de geo-datos obtenidos en el campo.

## 1.1 Ubicación del Área de Estudio

El área de estudio se localiza a 290 Km hacia el Norte de Managua, comprendiendo parte del departamento de Nueva Segovia en los municipios de El Jícara, Murra y Jalapa.

Cubre una extensión superficial aproximada de 230 km<sup>2</sup>, dentro de las coordenadas N 1511000 - 1529000, E 593000 - 608000 comprendiendo la hoja topográfica de Ciudad Sandino (2957-II) a escala 1:50,000 y editada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales INETER (**Figura 1 y tabla 1**).

Geográficamente limita al Norte con el municipio de Jalapa (abarcando una porción de este municipio en el sector Sur), hacia el Este colinda con la comarca de Santo Domingo y Las Victorias en el municipio de Murra, al Oeste con la comarca de Sabana Grande, municipio de El Jícara y hacia el Sur con la comunidad de Las Conchitas en el mismo municipio.

Así mismo, el área de estudio geológicamente se encuentra dentro de la Provincia del Norte caracterizada por el complejo de rocas metamórficas de edad Paleozoica (Del Guidice (1959); Zoppis & Garayar (1960); Garayar & Hodgson (1971)).

**Tabla 1. Delimitación del área. Coordenadas UTM- WGS-84.**

VERTICE	COORDENADA (E)	COORDENADA (N)
1	593000	1529000
2	608000	1529000
3	608000	1511000
4	593000	1511000

## 1.2 Vías de Acceso

La vía de acceso principal hacia el área de estudio desde Managua, es la carretera Panamericana (carretera Norte) accesible en todo tiempo hasta la ciudad de Ocotol a 226 km de la capital, girando en el puente Macuelizo siguiendo la carretera que lleva al municipio de El Júcaro a 74 km desde Ocotol (INETER, 1998). **(Figura 1)**

Las vías secundarias comunican al municipio de Murra a 20 km y alrededores del municipio del El Júcaro. Cabe mencionar que estas vías se encuentran en mal estado y algunas de estas transitables sólo en periodo de verano (INETER, 1998).

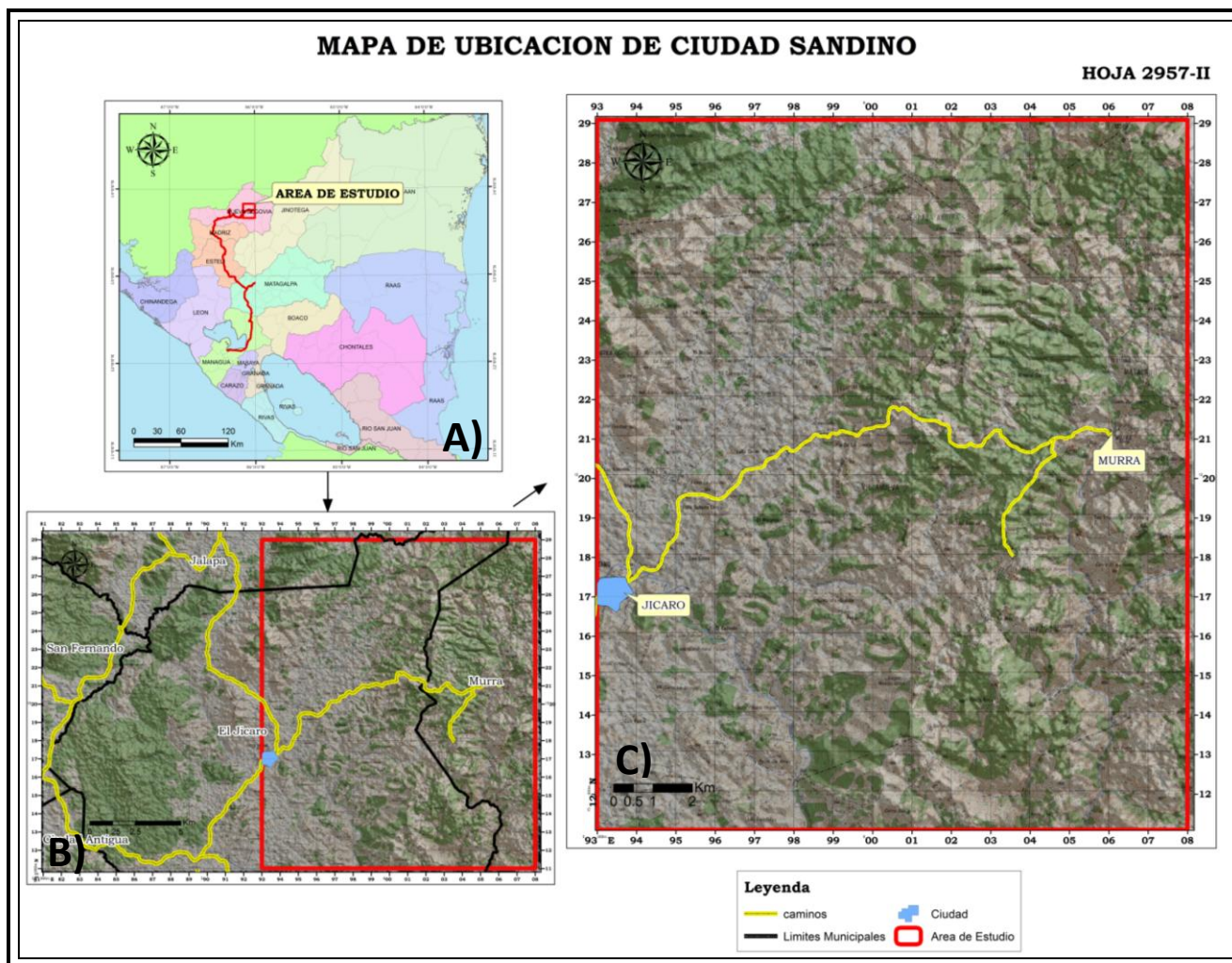


Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio. A) Mapa de Nicaragua mostrando el acceso principal al área desde la capital (Carretera Panamericana); B) Carta topográfica de Ciudad Sandino (2957-II) con sus límites municipales, enmarcado en rojo el área de estudio; C) Área de estudio, sector este de la hoja de Ciudad Sandino.



### 1.3 Antecedentes

Las investigaciones geológicas en el área de estudio han sido descritas principalmente por Del Guidice (1959), Zoppis & Garayar (1960), y posteriormente por Garayar & Hodgson (1971), entre otros autores que realizaron trabajos exploratorios a nivel regional escala 1:50.000.

Del Guidice (1959), desarrolló investigaciones de procesos endógenos y cambios geológicos superficiales para el SGN (Servicio Geológico de Nicaragua); En este informe propone edades paleozoicas para las rocas metamórficas de la parte Norte de Nicaragua (Esquistos verdes), realiza una interpretación del metamorfismo de contacto describiendo una aureola de metamorfismo en el batolito de Dipilto.

Dengo (1960), Atribuye la edad Paleozoica Tardía a los tipos de rocas en la Provincia Geológica del Norte que afloran en el área de Palacagüina. Publica un informe sobre los apuntes geológicos en el departamento de Nueva Segovia, abarcando municipios del área de Ocotal, San Fernando y Quilalí en la cual distingue tres tipos de unidades litológicas relacionadas con diferentes eventos de metamorfismo, Filitas, Esquistos Sericíticos y Esquistos micáceos.

Por otro lado, Klaus (1964), realiza un estudio en los esquistos de Nueva Segovia, menciona la existencia de conglomerados, areniscas, mármoles, lutitas, además describe los conglomerados de Ocotal caracterizando los guijarros de formas alargadas de seis a siete veces su tamaño original y comparándolos con conglomerados de Quilalí no deformados y con guijarros redondeados.

Además, Garayar J., (1971), realizó informes de exploraciones geológicas en el ámbito de mineralización y depósitos minerales entre el contacto litológico del batolito y diversos intrusivos en rocas Metamórficas.

Asimismo, Hodgson G., (1977), realizó investigaciones geológicas sobre los depósitos minerales en el área de Jalapa y zonas aledañas, además menciona haber encontrado pequeños lentes de mármol cerca del poblado de Mozonte.

En el 2006, Quintero R., desarrolló un estudio acerca de las asociaciones mineralógicas de las rocas del metamorfismo de contacto en el área de San Fernando (Nueva Segovia) y su evolución, definiendo condicionantes entre el metamorfismo regional y metamorfismo de contacto atribuye las causas relacionadas a los procesos de recristalización a un efecto dinamo térmico y otro térmico. Además define las facies metamórficas de la aureola de contacto como cornubiana con albita y epidota para meta-pelitas de bajo grado metamórfico.

Blandino B., (2006), realizó un estudio de Petrografía de las Rocas Metamórficas del Municipio de Macuelizo, Nueva Segovia y define a los esquistos verdes de bajo grado correspondientes a temperaturas de entre 400° hasta 700° y presiones de 0.2 Gpa, en los alrededores de Macuelizo.

Finalmente, Gómez M., (2008), realizó una cartografía geológica en la parte Oeste de la hoja Topográfica de Ciudad Sandino Abarcando una área de 205 Km<sup>2</sup>.

## **1.4 Metodología de Trabajo**

### **1.4.1 Compilación de la Información**

Como una primera etapa de estudio, se llevo a cabo la recopilación, revisión, selección e interpretación de datos existentes como mapa topográfico del área, mapas geológicos y trabajos previos a nivel regional desarrollados en las zonas aledañas al área de estudio.

Se preparó el mapa topográfico base a escala 1:50,000 de la hoja topográfica de Ciudad Sandino (2957-II), editada por el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), en donde se plasmaron las estructuras geológicas a partir de análisis de modelos de sombra e interpretación de ortofotomapas.

#### 1.4.2 Trabajo de Campo

En esta etapa se realizó un reconocimiento general de campo para localizar los principales afloramientos en los que se llevo a cabo el levantamiento de datos estructurales.

El levantamiento de campo consistió en un cartografiado convencional de unidades litoestratigráficas en base a descripciones macroscópicas de las rocas en un área de 230 km<sup>2</sup>, además se tomaron datos de direcciones preferenciales de foliación en rocas metamórficas (Ver Tabla 3 en anexo 1) y direcciones de fallas y fracturas (Ver anexo 2, Tabla 4). Esta información fue plasmada en mapas de trabajo a escalas 1:50,000.

#### 1.4.3 Interpretación y Procesamiento de Datos

El procesamiento de los datos así como su análisis estadístico se realizó con ayuda de softwares especializados del programa ESTERIO32, MapInfo 10.5, ArcMap 10.2 y Autocad 2011. Para el diseño del mapa geológico - estructural se emplearon coordenadas geográficas y su equivalente Mercator, con proyección utilizando WGS - 84 (UTM).

## **CAPITULO 2. MARCO GEO-TECTONICO DE CENTROAMERICA**

Geográficamente Centroamérica (CA) se extiende desde el istmo de Tehuantepec en México hacia el Este y Sur - Este, hasta cierta parte de Colombia, Dengo (1985). Tectónicamente CA, se encuentra ubicado en el límite Oeste de la Placa Caribe, el segmento Norte de esta placa conformó parte de un margen continental comprensivo y activo (Bloque Chortis), mientras su porción Sur fue parte de un sistema de islas volcánicas que, durante la evolución de la Pangea se acrecionó con Sudamérica, (Bloque Chorotega). Hodgson V. (1998).

Tectónicamente, CA se ubica en encuentra localizada frente a un borde convergente formado por la interacción de la placa Coco y Caribe en el límite occidental de la placa Caribe, interacciona también la placa Nazca en el Sur generando un punto triple lo que forma un patrón estructural de la corteza complicado (Frischbutter, 2002; Denyer, 2008).

Dentro de los rasgos geotectónicos más relevantes de CA se encuentran: (Denyer, 2008) **(Figura 2)**.

- a) La franja volcánica cuaternaria que se extiende desde la frontera de México-Guatemala hasta la parte central de Costa Rica como consecuencia del proceso de subducción de la placa Coco con respecto a la placa Caribe a través de la fosa Mesoamericana.
- b) Las cordilleras oceánicas, relacionado al levantamiento de la placa de Cocos que presenta una morfología de alrededor de 2 km de altura, presuntamente levantado del fondo marino por acción del punto caliente de Galápagos.
- c) El escarpe de Hess con dirección Noreste.

Como resultado de la interacción de placas, Centroamérica, es una de las zonas más sísmicas del planeta (Denyer, 2008).

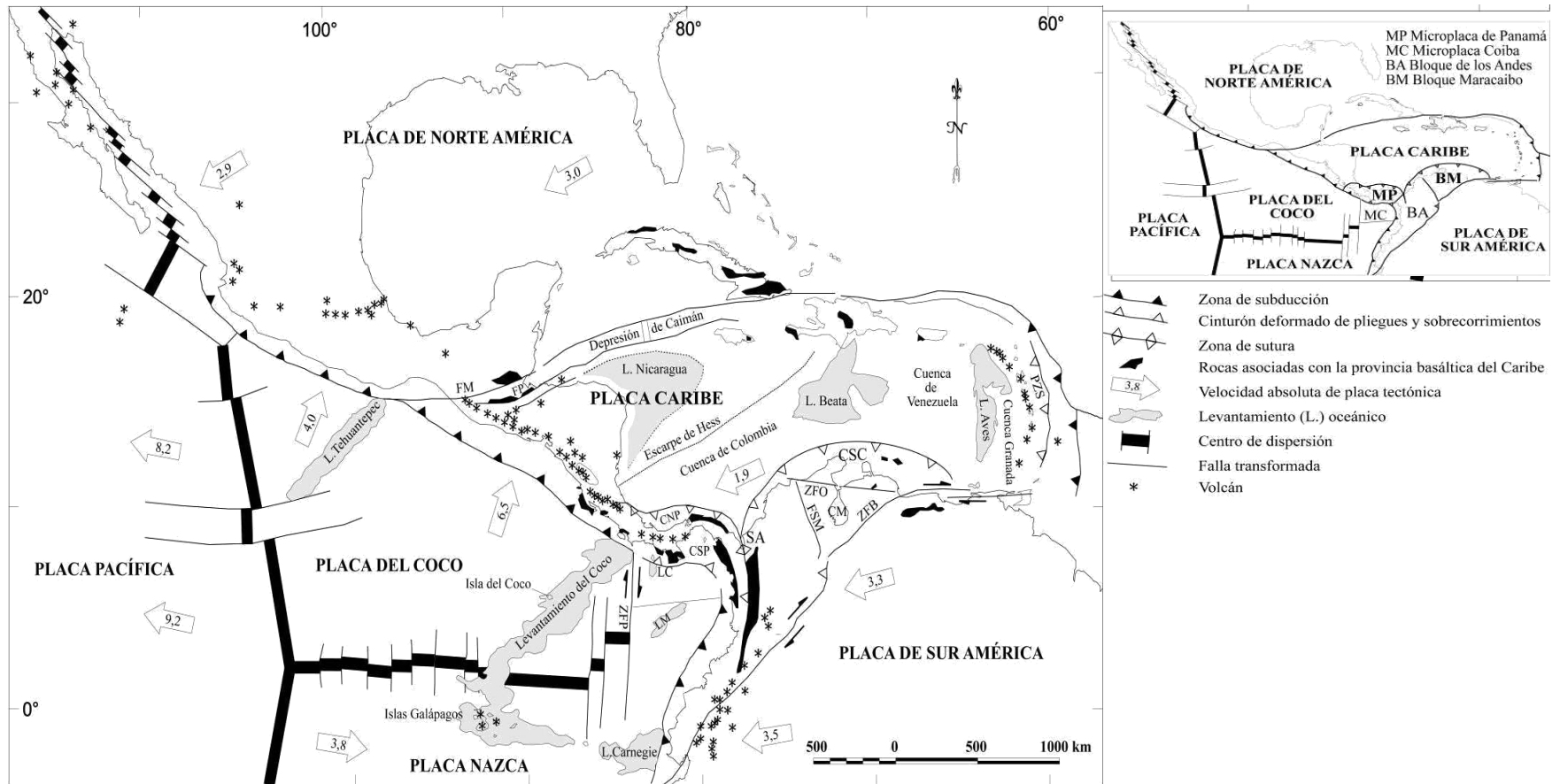


Figura 2. Marco Tectónico de Centroamérica y placas relacionadas (Denyer, 2008). Las flechas indican la dirección de movimiento de las placas tectónicas, así como sus velocidades promedio.

La Placa del Caribe limita al Norte con la Placa Norteamericana, a través del sistema de fallas Motagua - Polochic - Jocotán, Fosa Caymán, Fosa de Puerto Rico y Fosa Muertos, con desplazamiento horizontal de las fallas transcurrentes; hacia el Sur con la Placa Suramericana, que abarca una zona de deformación que se caracteriza por una zona de plegamiento y fallamiento horizontal originada por esfuerzos compresivos y extensionales.

Hacia el Este CA limita con la zona de subducción que forma las Islas Barbados y la Fosa de Tobago ubicada entre las islas de Barbados y las Antillas Menores; por último limita al Oeste con la Fosa Mesoamericana (Dengo; Donnelly et al., 1990).

Centroamérica se encuentra ubicada en el margen Oeste de la Placa Caribe, desarrollándose en el Neógeno producto de la convergencia con la Placa de Cocos, a una velocidad promedio de 8 cm/año y con un ángulo de subducción de aproximadamente 80°, según interpretación de los focos sísmicos asociados con el mecanismo de subducción que también indican una profundidad de la Zona de Benioff mayor a 200 km por debajo de Centroamérica (Dengo y Case, 1990).

Basados en la composición litológica de su basamento, Centroamérica se encuentra constituida por bloques tectónicos con cortezas de diferente naturaleza en donde sus márgenes resultan ser cinturones tectónicos activos evolucionados durante el Cenozoico y caracterizado por fallamiento transcurrente y plegamiento compresivo (Dengo & Case, 1990). Estos bloques corresponden a:

- 1. Bloque Maya:** de origen continental y compuesto por rocas ígneas y metamórficas cubiertas por rocas sedimentarias de Paleozoico Superior. Se encuentra al Norte de la Placa del Caribe, abarca el Sur de México y Norte de Guatemala.
- 2. Bloque Chortis:** de naturaleza continental y compuesto por rocas metamórficas de edades Paleozoica a Pre-Terciario, intruidas por plutones de distintas edades (Dengo & Case, 1990). Limita al Noreste con el sistema de fallas Motagua - Polochic y al Suroeste con la Fosa Mesoamericana, abarca el Sur de Guatemala, El Salvador, Honduras y el Norte de Nicaragua,

representado por el Complejo Metamórfico Esquistos de Nueva Segovia o Formación Palacagüina (Bracci, 1957).

- 3. Bloque Chorotega:** de origen oceánico proveniente del manto, generado en la zona de dorsal del Pacífico Este y las Galápagos (Denyer et al., 2000), se compone de una secuencia ofiolítica de edad Cretácica, constituida por basaltos masivos en estructura de almohadillas, gabros, peridotitas y peridotitas serpentinizadas sobreyacidas por sedimentos con restos de fósiles marinos conocidos como radiolarios (Dengo & Case, 1990). Abarca el Sur de Nicaragua, Costa Rica y parte central de Panamá.

## 2.1 Geología de Centroamérica

La distribución litológica en la región de CA, está controlada por la parte Norte de la placa de Suramérica, la cual está representada geográficamente por el segmento Norte de Guatemala, Belice, Honduras y el Norte de Nicaragua y además se ha dividido en dos bloques Maya y Chortis. (Bundschuh y Alvarado, 2007), (Figura 3):

**Rocas metamórficas:** Conformado por el bloque Maya y el Chortis junto con algunos plutones que representan el basamento del Norte de Centroamérica que tiene edades entre Mesoproterozoico y Paleozoico y están formado por filitas, esquistos meta cuarcitas, magnetitas, anfíbolitas y gneis.

**Rocas sedimentarias:** (Paleozoico-Paleógeno), Conglomerados, areniscas y lutitas del carbonífero-Permiano, que sobreyacen las rocas Metamórficas y que muestran la influencia volcánica fuerte con intercalaciones de lavas riolíticas y dacíticas. Sedimentos volcánicos marinos.

**Complejos Básicos y Ultra básicos del Mesozoico y Cenozoico:** Estos incluyen brechas, hialoclastitas, diabasa, basaltos, gabros, peridotitas, piroxenitas.

**Rocas intrusivas del Mesozoico-Cenozoico:** En la parte Norte de Centroamérica afloran un complejo calco-alcalino del cretácico (granitos, granodiorita, monzonitas) y en la región meridional son destacables los intrusivos del Mioceno similares a las anteriores

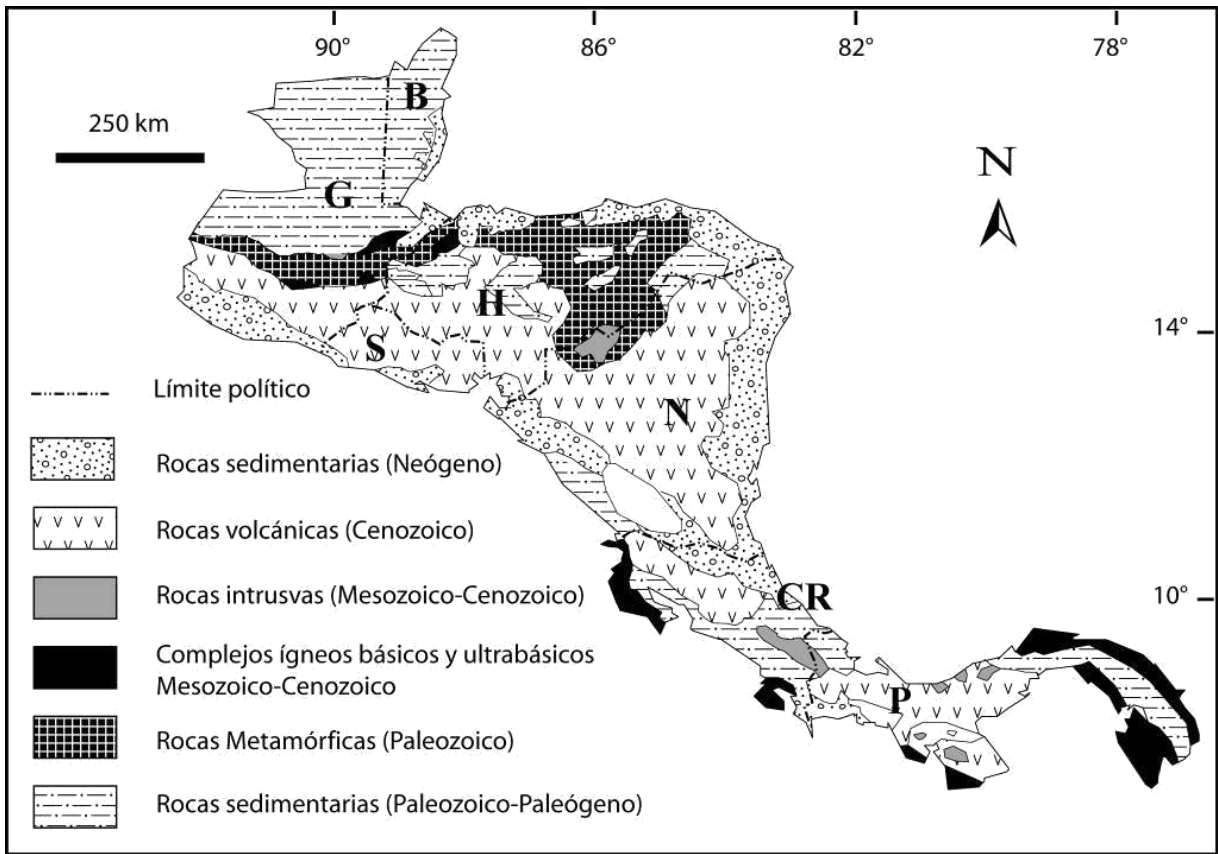


Figura. 3. Mapa Geológico Generalizado de Centroamérica. Weyl (1980) y Bundschuh & Alvarado (2007).



## 2.2 Marco Tectónico y Geológico de Nicaragua

Tectónicamente, Nicaragua se localiza en la parte oeste de la Placa Caribe, cerca de su zona de confluencia con la Placa Cocos. En esta zona, la Placa de Cocos subduce oblicuamente por debajo de la Placa Caribe, a través de la Fosa Mesoamericana, con un ángulo de subducción aproximado de 65°, por debajo de Nicaragua (Rupke *et al.*, 2002) y una velocidad de  $14 \pm 2.5$  mm/año (De Mets, 2001).

Como resultado de esta subducción se originó el Arco Volcánico de América Central (AVAC), paralelo a la Fosa Mesoamericana y la depresión Nicaragüense con dirección Noroeste - Sureste. Por otra parte, debido a la subducción oblicua por debajo de la Placa Caribe, ocurre una rotación en sentido de las agujas del reloj del bloque paralelo (bloque de ante-arco) a la fosa y la fragmentación del AVAC (Carr *et al.*, 2003). Esta fragmentación del AVAC, ha generado la formación de fallas perpendiculares laterales derechas e izquierdas (La Femina *et al.*, 2002).

En Nicaragua ésta zona de fragmentación ha generado la segmentación de la Cadena Volcánica Nicaragüense con dirección Noroeste - Sureste y la formación del Graben de Managua. Este graben es considerado como una zona estructural extensional e interpretada como un “*Pull Apart*” (Girard y Van Wyk Vries, 2005). Este segmento de la cadena volcánica (Espinoza, 2007), presenta una configuración limitada por fallas normales con tendencia Norte-Sur.

Así mismo, se presentan de estructuras de segundo orden como el lineamiento Punta Huete, escarpe de Hess perpendicular a la zona de subducción y el lineamiento Matiguás con dirección Noroeste – Sureste (**Figura 4**).

Nicaragua se encuentra dividida regionalmente en 5 provincias geológicas-estructurales las que son descritas por Hodgson, (1978) y corresponden a:

- Cuenca Sedimentaria de la Costa del Pacífico (Caracterizado por lutitas arenisca, margas, lodolitas, areniscas calcáreas).
- Provincia Geológica de la Depresión Nicaragüense (Conformado por sedimentos volcánicos del Cuaternario).
- Provincia Volcánica Terciaria (Compuestas por rocas andesíticas, basaltos gabros, monzonitas, granitos, riolitas, dacitas, ignimbritas, tobas, brechas).
- Plataforma Paleozoica y Mesozoica (Representado por monzonitas, granodioritas, granitos, tonalitas, aplitas, esquistos grafiticos, micáceos, cloríticos).
- Cuenca Sedimentaria de la Costa Atlántica (areniscas, lutitas, calcitas, granitos, meta sedimentos, lodolitas).

El área de estudio se encuentra dentro de la Provincia del Norte caracterizada por rocas metamórficas del Paleozoico – Mesozoico (esquistos, filitas, cuarcitas y pizarra) e intrusivos de edad Cretácicos-Terciarios (granitos, granodioritas, dioritas, monzonita, cuarzo). Geográficamente esta provincia cubre el departamento de Nueva Segovia, Jinotega y la RAAN (Garayar, 1977; Hodgson, 1998).

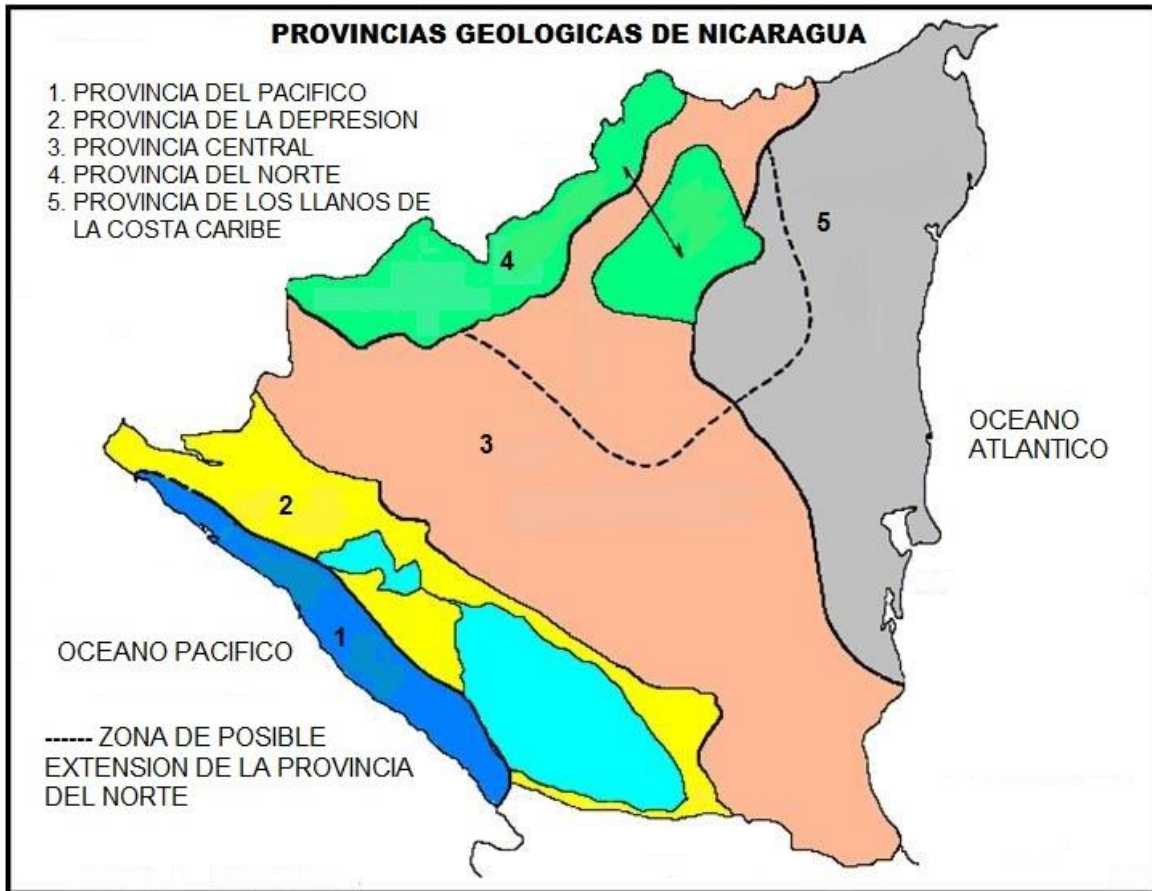


Figura. 4. Mapa de Provincias Geológicas de Nicaragua. (Hodgson,1998).

Estructuralmente, esta provincia está limitada al Oeste por el sistema de fallas de Matiguás, Noroeste – Sureste por la cordillera de Amerrisque y además está afectada por la continuación hacia el Norte de la falla Matiguás, la zona de fractura Isabelia (Noreste - Suroeste) y por la zona de fractura Murra (Norte - Sur) (Hodgson, 1998).

Igualmente, esta provincia está limitada por rocas volcánicas de los grupos Coyol y Matagalpa (basaltos, andesitas, ignimbritas, tobas y aglomerados) de edad Mioceno y Oligoceno respectivamente y rocas sedimentarias (areniscas, conglomerados, lutitas, grauwacas y calizas) del Cenozoica/Mesozoicas (Hodgson, 1998).

### **CAPITULO 3. GEOLOGIA LOCAL**

En este capítulo se presentan los resultados de la cartografía efectuada en el área de estudio definiendo las unidades litoestratigráficas existentes, encontrándose un ambiente relativamente homogéneo correspondiente a rocas metamórficas de bajo grado de metamorfismo asociado a minerales de sericita-clorita-biotita-cuarzo.

Con la metodología empleada se logró definir que en el área de estudio se presentan rocas procedentes del metamorfismo regional (esquistos micáceos) y en menor proporción, del metamorfismo de contacto (posiblemente cornubiana) cortadas por intrusiones magmáticas. Se restringe el metamorfismo a cambios de textura y composición de la roca porque existe recristalización (aumento de tamaño de granos minerales), metasomatismo (cambio de un mineral en otro) y neocrystalización (formación de nuevos minerales) (Winkler, 1976).

Finalmente se definieron 3 unidades litoestratigráficas (Anexo 5), esto mediante la clasificación de muestras de mano y su descripción macroscópica, cada una de estas descritas a continuación desde la más antigua a la más reciente como sigue:

- **Unidad de rocas Metamórficas**
  - Sub unidad de Esquistos Micáceos
  - Sub unidad de Esquistos Grafíticos
- **Unidad de Rocas Intrusivas**
  - Sub unidad de Intrusivos Graníticos
  - Sub unidad de Diques Meteorizados
- **Unidad de Sedimentos Aluviales**
  - Bancos de arena
  - Depósitos de terrazas aluviales

### 3.1 Unidad de rocas Metamórficas (Ptm)

Esta unidad se caracteriza por ser la de mayor extensión en el área de estudio, presentan estructura foliada moderadamente plegada con lentes e hilos de cuarzo emplazados entre los planos de foliación. Macroscópicamente presentan coloración grisácea - verdosa en secciones frescas **(Foto 1)** y de tonalidades mas rojizas cuando la roca se presenta meteorizada.



**Foto 1. Afloramiento de esquistos micáceos de estructura foliada y moderadamente plegados en margen de Rio Sucio. UTM: 1518183 N; 594786 E.**

En el área de estudio se encontró que las rocas metamórficas observadas corresponden texturalmente a esquistos de tipo micáceo, determinando variaciones en su coloración producto de la acción de agentes del intemperismo y por otro lado por alteración hidrotermal, por lo que pasa de una coloración parda o rojiza en muestra alterada a una coloración gris verdosa en muestra sana.

En algunos sectores, se encontraron ciertas diferencias entre los esquistos verdes que presentan hilos de cuarzo apreciable a simple vista y otros en los que esta característica está ausente, pero contienen muy bien definida su estructura foliada.

Estas rocas afloran en el área de estudio en forma masiva, se pueden observar en afloramientos como: cerro El Perico, en la comunidad de Las Pozas, en cortes de caminos y cortes naturales en la comunidad de Las Conchitas y El Jobo.

### 3.1.1 Sub-unidad de Esquistos Cloríticos-Sericíticos (Esquistos Micáceos)

En esta sub-unidad, los esquistos se encuentran cubiertos por suelos saprolíticos (suelos en desarrollo) de espesores variables, pero son expuestos en cortes de carreteras y trochas así como en afloramientos naturales cerca de los ríos y quebradas. Los esquistos son muy bien difundidos en toda el área de estudio, presentan lentes e hilos de cuarzo de tipo lechoso, emplazados entre los estratos de roca.

Macroscópicamente presentan estructura foliada y granulometría de media a fina, coloración verdosa en muestras sin alterar (muestras frescas), también son encontradas de coloración rojiza o parduzca como resultado de la acción de agentes intempéricos o por alteraciones hidrotermales.

Estos esquistos presentan foliación muy bien marcada, el hábito laminar de los minerales micáceos le confieren una coloración de brillo sedoso, la orientación de los filosilicatos producto de esfuerzos compresivos que originan el bandeamiento composicional (esquistosidad) observado en los afloramientos, lo cual sugiere un metamorfismo dinámico (Iriondo, H.,1984) **(Figura 5)**.

Esta sub-unidad se encuentra intruída por un cuerpo plutónico granítico en el sector Noroeste del área de estudio, y se encuentra sobreyaciendo a los esquistos gráficas, el contacto entre estas dos subunidades no se expone de forma súbita en los afloramientos encontrados, sino que se observa una zona de transición entre los esquistos micáceos y los gráficas.

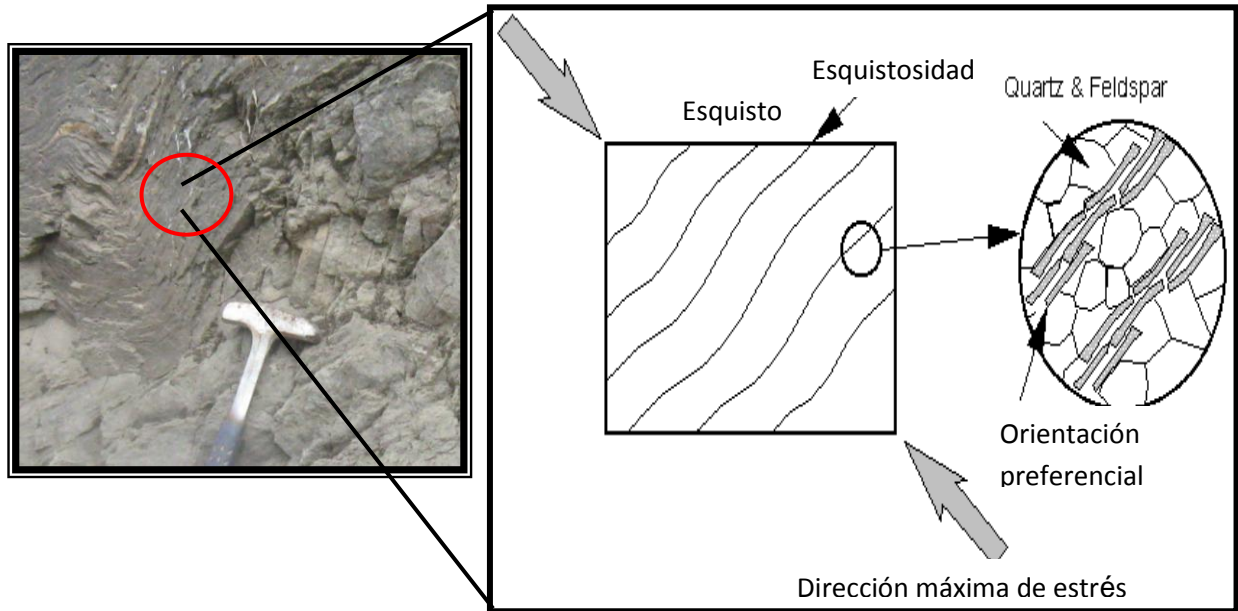


Figura 5. Esquistosidad originada por presiones dirigidas (Iriondo, H.,1984).

Los esquistos micáceos se presentan con mayor grado de meteorización en la zona Norte del área, como es el caso de las comunidades de San Francisco y Las Victorias (**Foto 2**), mientras en las regiones centrales se presentan menos alterados como en el sector de San Gregorio y Las Pozas (**Foto 3**).



Foto 2 . Esquisto meteorizado en corte de camino, comarca San Francisco municipio de Murra.  
UTM 606776 E; 1525564 N



**Foto 3. Esquistos micáceos, Cerro el Perico; comarca Las Pozas municipio de Murra. UTM: 606776 E; 1518413 N**

Mineralógicamente, presentan textura lepidoblástica caracterizada por minerales tabulares y laminares (filosilicatos) normalmente micas y cloritas orientados paralelamente. La orientación preferente de sus componentes supone una fabrica planar, lo que le confiere una anisotropía estructural (planos de foliación) en la cual tiende a exfoliarse.

Estructuralmente, fueron medidos los rumbos de los estratos de rocas, obteniendo mediciones que promedian entre los  $220^{\circ}$  a  $240^{\circ}$  (lectura tomada acimutalmente) y sus ángulos promedios de buzamiento desde los  $25^{\circ}$  hasta los  $30^{\circ}$ .

### 3.1.2 Sub-unidad de Esquistos Grafíticos

Se encuentran localizados únicamente en los cauces de las quebradas y de los ríos principales, macroscópicamente son reconocibles minerales de cuarzo, sericita y grafito como minerales esenciales y conteniendo impurezas o alteraciones como carbonato y clorita.

Macroscópicamente presentan coloración gris azulada cuando la roca está alterada y coloración negruzca en roca sana, presenta estructura foliada y moderadamente

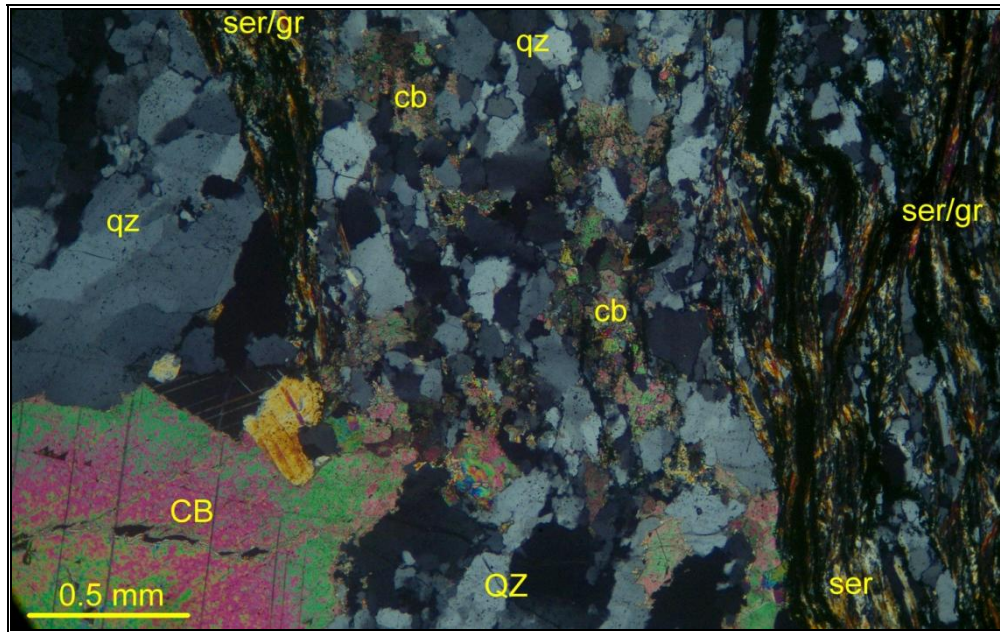


plegada, son comunes en muchos sitios la aparición de pequeños hilos y lentes de cuarzo (de hasta 20 cm) siguiendo una orientación según los planos de foliación, **(Foto 4)**.

Microscópicamente se aprecia una estructura fluidal de la matriz que está compuesta de sericita y grafito cortada por el crecimiento posterior de cristales irregulares de cuarzo y carbonato de calcio en muestra de roca fresca. Además se observan bandeamiento mineral de coloración negra - grisácea debido al abundante material gráfítico diseminado, en superficies bien frescas reaccionan con el ácido clorhídrico diluido en frío (HCl).



**Foto 4. Esquistos gráfíticos con lentes de cuarzo, A) afloramiento en Rio Quebrada Grande, B) Lentes de cuarzo de 12 cm de espesor emplazados entre planos de foliación de la roca. Comunidad Quebrada Grande; El Júcaro, Nueva Segovia. UTM: 600013 E; 1516980 N.**



**Foto 5 . Sección delgada de muestra de esquistos grafiticos, Quebrada Grande municipio de El Júcaro, Nueva Segovia. UTM: 600013 E; 1516980 N. CB: Carbonato, Qz: Cuarzo, ser: Sericita, gr: Grafito.**

Mineralógicamente esta sub-unidad está caracterizada por el siguiente modelo mineralógico (**Foto 5**):

Cuarzo (Qz) (recristalizado, veta menor) 50%, Sericita (Ser) (mica) 30%, Carbonato (cb) (mayormente dolomía en agregados) 10%, Grafito (gr) (micro cristalino) 5%, Arsenopirita 3%, Pirita, Marcasita (FeS) 1%, Esfalerita (ZnS) <1%, Minerales accesorios <1%.

En estas rocas se observa una matriz de minerales laminares compuesta principalmente por Sericita y Grafito que le otorgan estructura fuertemente foliada, presenta abundante porfiroblastos de Cuarzo secundario o autigénico y Carbonato y en menor cantidad Sulfuros.

Las vetas de Cuarzo consisten en granos de Cuarzo de forma subhedral muy bien empaquetados de hasta 0.5 mm (grano de máxima dimensión), con pobre elongación a favor del plano de foliación en una proporción apreciable de 2 a 1 (longitud: grosor ~2:1). El esfuerzo de estrés, de pobre a moderado puede ser interpretado por la leve

separación en el desarrollo de los granos, quedando como una aparente sutura o sombra en el borde de ellos **(Foto 5)**.

El carbonato se presenta típicamente como agregado granular de hasta 0.5 mm de longitud, también como agregados sub euhedrales entrelazados mayormente <0.2 mm. En la fotografía de sección delgada el carbonato posiblemente corresponde a Calcita ( $\text{CaCO}_3$ ).

Las bandas ricas en sericita ocurre como hojuelas o laminillas de diámetros <0.25 mm, consiste en agregados ópticamente semi-continuos por 1-2 mm. Proporciones variables de Cuarzo se encuentran mezcladas con sericita como tal fueran laminas <1 mm.

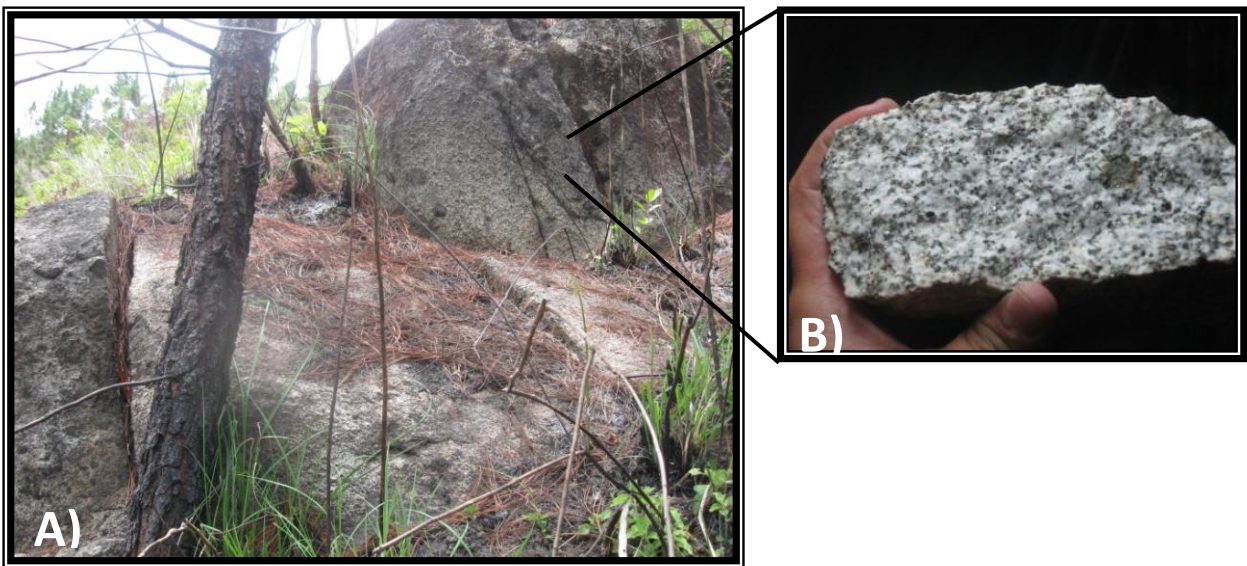
El grafito se presenta micro cristalino y en proporciones abundantes, se observan láminas o escamas de forma euhedral de <12 hasta 25  $\mu\text{m}$  de longitud y típicamente de 0.2 mm de espesor fuertemente alineadas al sentido de foliación.

### 3.2 Unidad de rocas Intrusivas (Pti)

#### 3.2.1 Sub-unidad de Rocas Intrusivas Graníticas

Esta sub-unidad se encuentran aflorando en el sector Noroeste del área de estudio, macroscópicamente descrita como una roca holocristalina presentando textura porfírica con cristales sub-hedrales de cuarzo, feldespatos, plagioclasa y biotita.

Bloques de gran tamaño fueron observados en las comunidades de Las Mercedes, Las Uvas y Santa Cruz, estas rocas se extienden en la Fila Las Marías y Fila Piedra El Jicote (**Foto 6**).



**Foto 6 . A) Afloramiento de granito en Cerro El Quebracho hacia el sureste de de la comunidad de Las Uvas municipio de Jalapa, diaclasas sub-verticales. B) Muestra de mano de granito. UTM 593902 E; 1526507 N.**

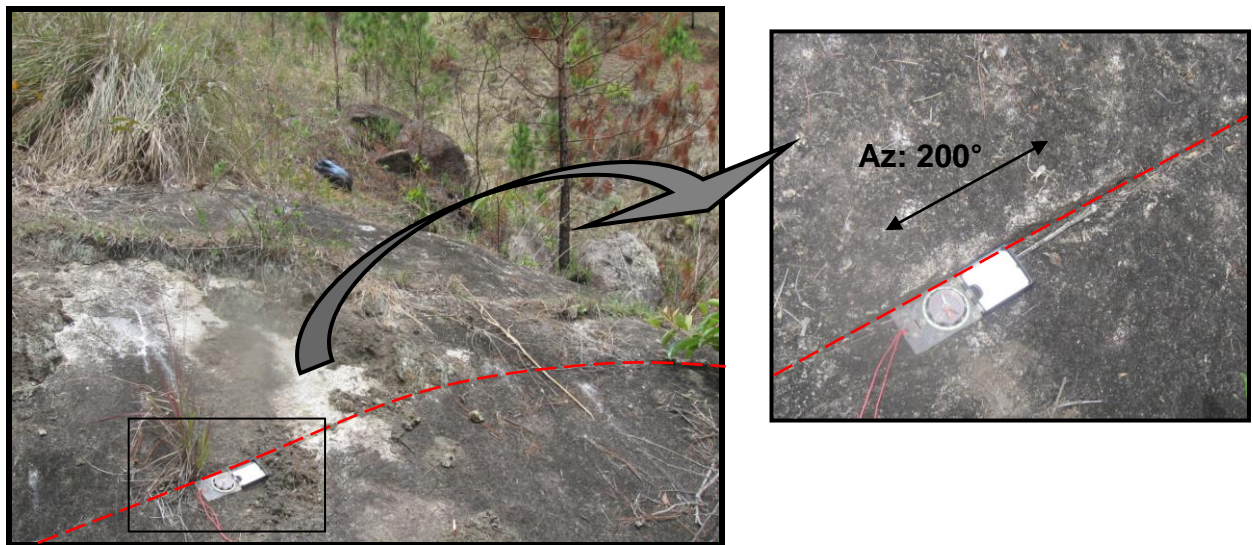
En el área pueden observarse grandes espesores de arena de composición silíceo producto de la destrucción física por agentes de meteorización del cuerpo intrusivo granítico. Estos Bancos de arena de grandes espesores son observados en las comunidades de El Arenal, Las Uvas y Las Mercedes, caracterizados por una

granulometría media a gruesa, mostrando patrones de erosión lineal típico de estos materiales (**Foto 7**).



**Foto 7. Bancos de arena sílicea mostrando patrones de erosión lineal, comarca Las Mercedes municipio de Jalapa. UTM 593452 E; 1528208 N.**

Estructuralmente, estas rocas presentan un sistema de diaclasas en dirección preferencial de  $270^{\circ}$ , aunque en algunos puntos fueron reportadas diaclasas menores en dirección  $200^{\circ}$  (**Foto 8**).



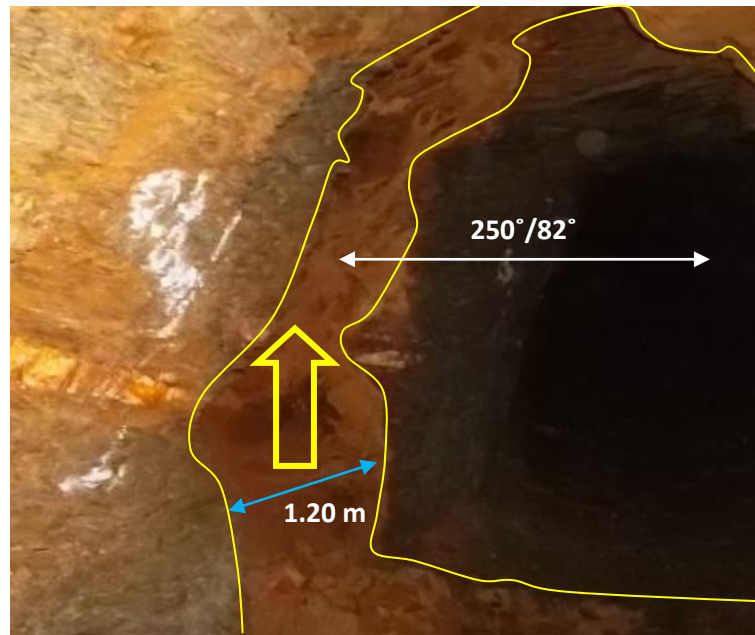
**Foto 8. Diaclasa en dirección  $200^{\circ}$  en bloque de granito aflorando en Cerro Loma El Petate, comunidad Las Uvas municipio de Jalapa. UTM 594362 E; 1528042 N**

### 3.2.2 Sub-unidad de Diques Meteorizados

Esta sub-unidad está constituida por intrusiones locales de composición félsica y textura afanítica, morfológicamente de forma de tabloide ya sea hospedado en ángulo oblicuo a los planos de foliación de la roca esquistosa encajante o perpendicular a estos.

Estas estructuras han sido observadas en distintos puntos de la zona de estudio ubicados en comunidades de La Paz, Quebrada Grande, Cerro La Fortuna, San Albino y El Jobo, no obstante, la proyección espacial de estos cuerpos no fue considerada en este trabajo ya que las dimensiones geométricas de estos cuerpos no permiten la representación en el mapa diseñado a la escala elegida. Estos diques fueron encontrados por lo general en zonas de trabajos antiguos (túneles) **(Foto 9)**.

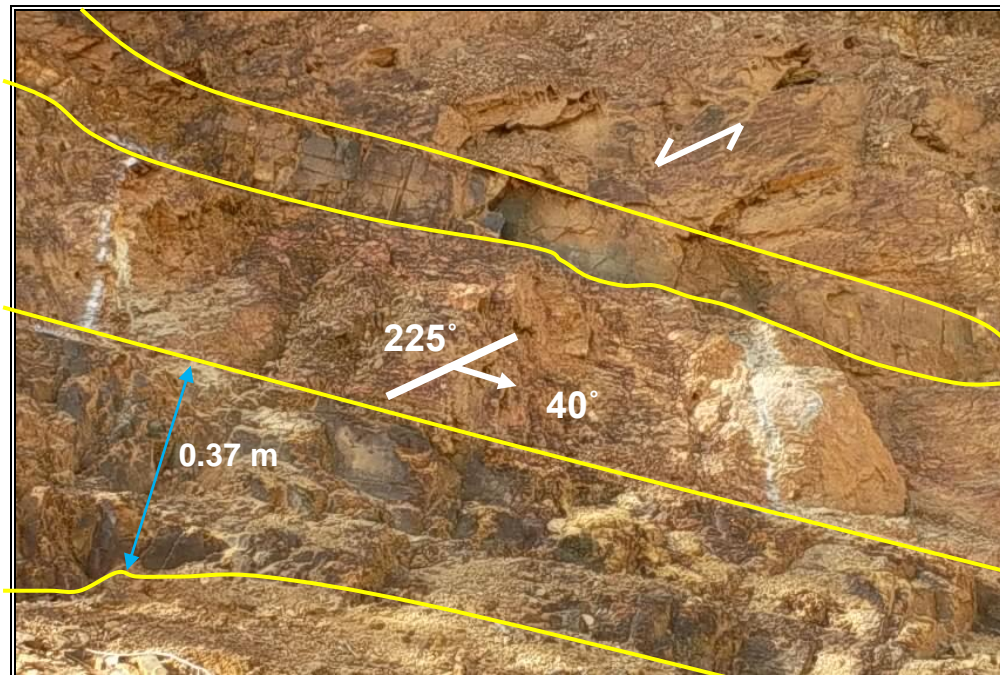
Los esfuerzos producidos por este tipo de intrusiones generan fracturas producto de dislocaciones durante su emplazamiento. Estos diques presentan patrones de fracturas conjugadas, que dan indicios claros de la dirección de los esfuerzos generados en estas rocas.



**Foto 9 . Dique félsico meteorizado intruyendo esquistos oxidados en interior de túnel a 38 m de entrada. Comarca La Paz, Murra. UTM 606510 E; 1525290 N.**

Otro dique de las mismas características fue observado en la comunidad de Quebrada Grande en el municipio de El Jícaro, donde el cuerpo ígneo es emplazado de forma oblicua con respecto a los planos de foliación (**Foto 10**).

Estos cuerpos, en su mayoría no aflorante, tienen relación genética con las vetas de cuarzo de espesores variables en las cercanías a estos. Estas vetas de cuarzo se alojan en las fracturas de separación o dislocación de la roca encajante lo que conlleva a un incremento silíceo en las rocas afectadas por estas intrusiones.



**Foto 10.** Dique intruyendo en ángulo oblicuo con respecto a la roca encajante. Quebrada Grande, El Jícaro. UTM 1516413 N; 599299E.

### 3.3 Unidad de Sedimentos Aluviales (Qt)

Los depósitos aluviales en el área son los formadores de terrazas de considerable espesor que pueden observarse en muchas de las localidades del área de estudio tales como Las Lomitas, Las Uvas, Los Lirios y Yaulí. La composición mineral mayormente consiste en cuarzo y sericita, mezclados con líticos de diversos tamaños y variadas composiciones minerales.

El proceso de meteorización de las rocas es el motor de la formación de estas unidades de terrazas, la granulometría resulta variada con tamaños que van desde tamaños arcillosos hasta arenas gruesas mezclados con clastos de gran tamaño. Estos depósitos se extienden algunos metros en las riveras de los ríos de gran caudal (Río Júcaro). Depósitos de este tipo fueron observados en las riveras del Río Sucio en Caserío Los Lirios, donde se aprecia cierta gradación en la granulometría de estos dándole un aspecto estratificado al depósito (**Foto 11**).



Foto 11. A) Morfología de Terrazas del Río Sucio en Caserío Los Lirios municipio de El Júcaro. UTM: 594786 E; 1518186 N. B) Granulometría media a fina, estratificación gradada en terrazas.



#### **CAPITULO 4. RASGOS ESTRUCTURALES**

Regionalmente el ambiente estructural de las rocas metamórficas en la zona de El Júcaro y Murra se caracteriza por la existencia de rasgos morfotectónicos como pilares tectónicos o *horst*, dispuestos en segmentos lineales con fallamiento normal en dirección N 40°E, con longitud de 1.5 km en el área de Jalapa (Gómez, 2008).

Fallamiento en dirección Noreste-Suroeste corresponden a fallas de tipo normal, con direcciones preferenciales de N31°E, este patrón origina la formación de depresiones tectónicas (graben) y pilares tectónicos (horst) en las cercanías a los poblados de Los Lirios. Patrones de fallamiento en dirección Noroeste-Sureste son descritos con rumbos preferenciales N30°O con longitudes de hasta 5 km en las aéreas de Rio Musulí, Rio Júcaro y Rancho Quemado (Gómez, 2008).

Para definir la dinámica de las estructuras geológicas encontradas en el área de estudio, se tomaron en cuenta los criterios de cizalla Pura y cizalla Simple (**Figura 6**) y la medición directa de indicadores cinemáticos lo que permitió definir el sentido de movimiento relativo entre los bloques estructurales en las zonas de fallamiento.

Como resultado de la interpretación de modelos de sombra de Nicaragua y ortofotomapas, en combinación con la interpretación de datos estructurales recabados en el campo, se identificaron dos fases de fallamiento correspondientes a patrones Noreste - Suroeste y Noroeste - Sureste.

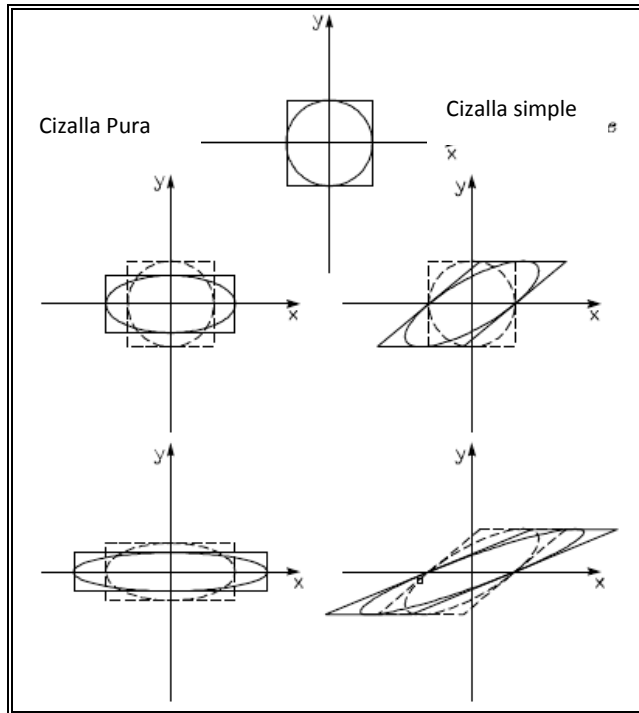


Figura 6. Comparación geométrica de los sistemas de cizalla pura y simple, rotación progresiva de la elipse con incremento de cizalla simple (Tolson, 1996).

#### 4.1 Indicadores cinemáticos

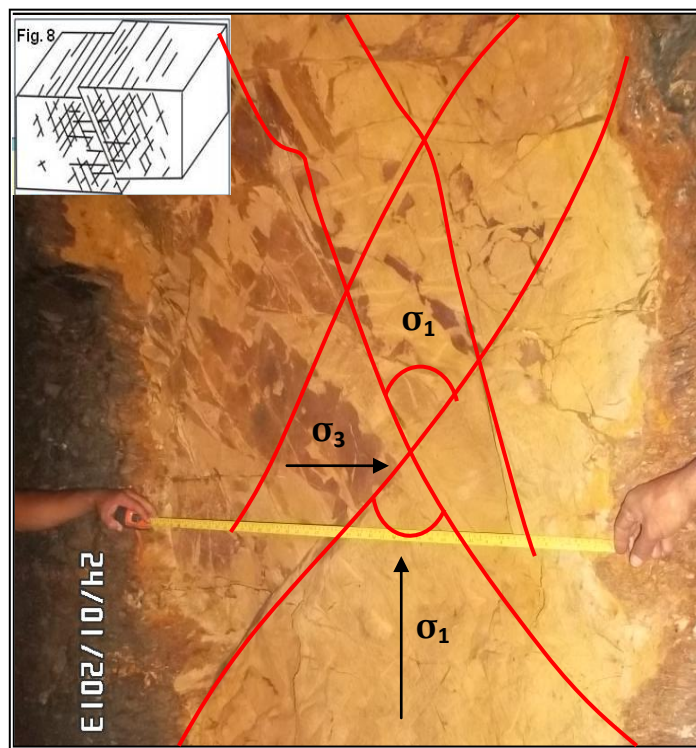
El criterio comúnmente utilizado para determinar el sentido de movimiento de los bloques en las zonas de fallas es el de marcadores estratigráficos observados, sin embargo, en el ambiente metamórfico predominante del área de estudio se recurrió a la observación de estructuras secundarias formadas durante la fase de fallamiento, las que se describen a continuación:

- Fracturas conjugadas
- Fracturas paralelas
- Sigmoides

#### 4.1.1. Fracturas conjugadas:

Este tipo de fracturamiento se produce en las zonas de cizallas donde las paredes de los bloques de rocas involucradas se deforman, el ángulo agudo formado entre ambas direcciones de fracturas indica la dirección de movimiento del bloque en que se encuentra.

Este tipo de indicador fue notado en el patrón de fallamiento La Paz, observado en zonas de laboreo minero antiguo (túneles) y algunos cortes de caminos afectando principalmente rocas intrusivas como diques, pero también se observa en las rocas esquistosas (**Foto 12**).

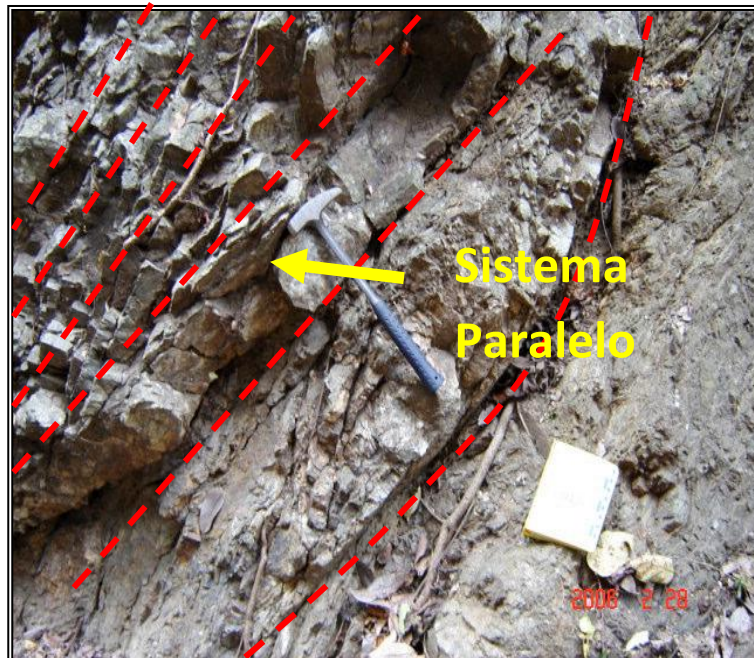


**Foto 12. Fracturamiento conjugado dentro del patrón de fallamiento Noreste-Suroeste, afectando un dique meteorizado en la comarca La Paz.  $\sigma_1$  es el ángulo agudo que indica la dirección del movimiento del bloque. UTM 607203 E; 1525217N.**

#### 4.1.2. Fracturamiento paralelo:

Estos sistemas son fracturas que rumban en la misma dirección y que delimitan zonas específicas de cizallamiento, en el área son comunes observarlas, en algunos patrones de fallamiento (falla Río Jícaro).

Este arreglo se observa muy comúnmente combinado con fracturas sub-paralelas en la falla denominada falla Río Jícaro, en las comunidades de San Albino, Las Conchitas en el municipio de El Jícaro y Las Pozas y San Gregorio en el municipio de Murra (Foto 13).



**Foto 13. Fracturamiento paralelo combinado con fracturamiento sub paralelo afectando esquistos micáceos en patrón de fallamiento Noroeste - Sureste, falla Río Jícaro UTM 596210E; 1513451 N.**

#### 4.1.3. Lentes de deformación o Sigmoides:

Estas estructuras son lentes de cizallamiento que se forman por la intersección entre fracturas R y P (Figura 7) que inicialmente presentan arreglo en echelón, resultan de gran importancia al momento de determinar la dirección y sentido de movimiento, esto debido a que los extremos sigmoidales apuntan en la dirección de cizalla.

Los arreglos anastomosados en el área de estudio son comunes en las comunidades de Las Pozas, específicamente en el Cerro Loma El Perico, donde se encuentran asociados a patrones de fallamiento Noreste - Suroeste (**Foto 14**), en la fotografía se muestra un afloramiento de esquistos micáceos afectado por una zona de deformación sigmoidal en el municipio de Murra.

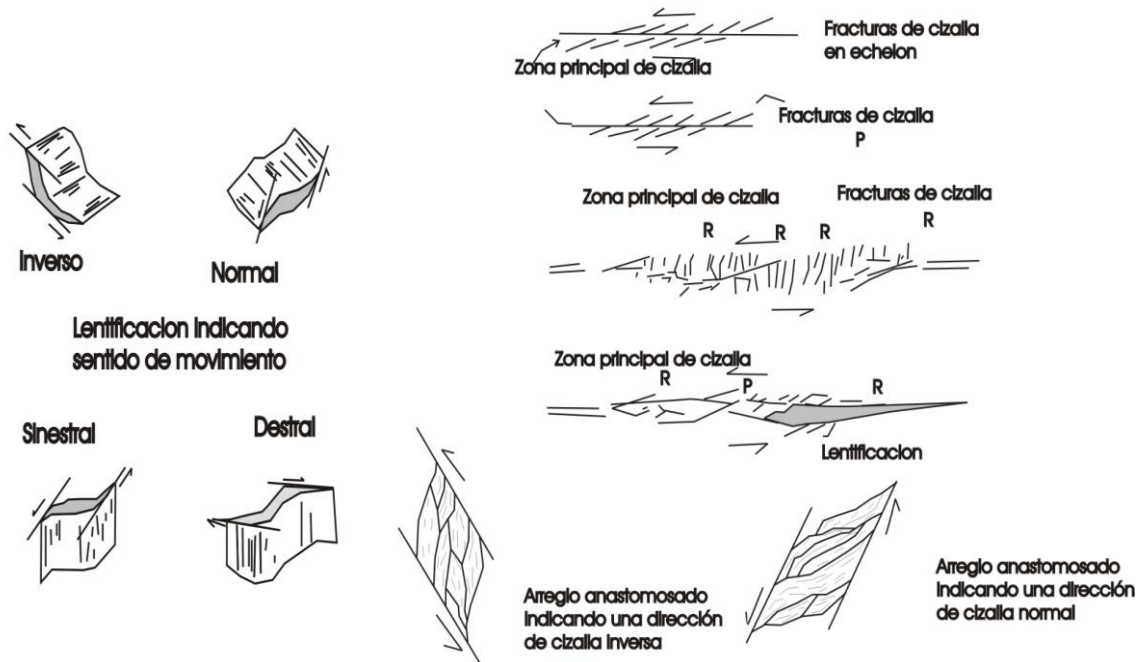
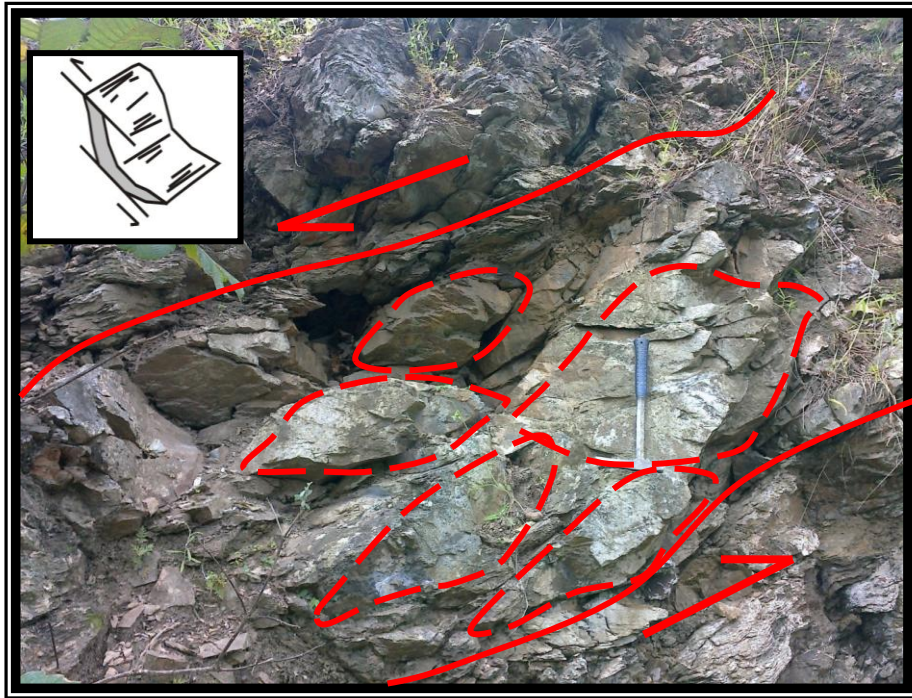


Figura 7. Mecanismo de desarrollo de estructuras Sigmoides (García - Palomo, 2003).



**Foto 14. Arreglo anastomosado, con sigmoides de diferentes tamaños indicando fallamiento inverso en esquistos micáceos de Cerro Loma El Perico, Las Pozas, municipio de Murra. UTM 606776E; 1518413 N.**

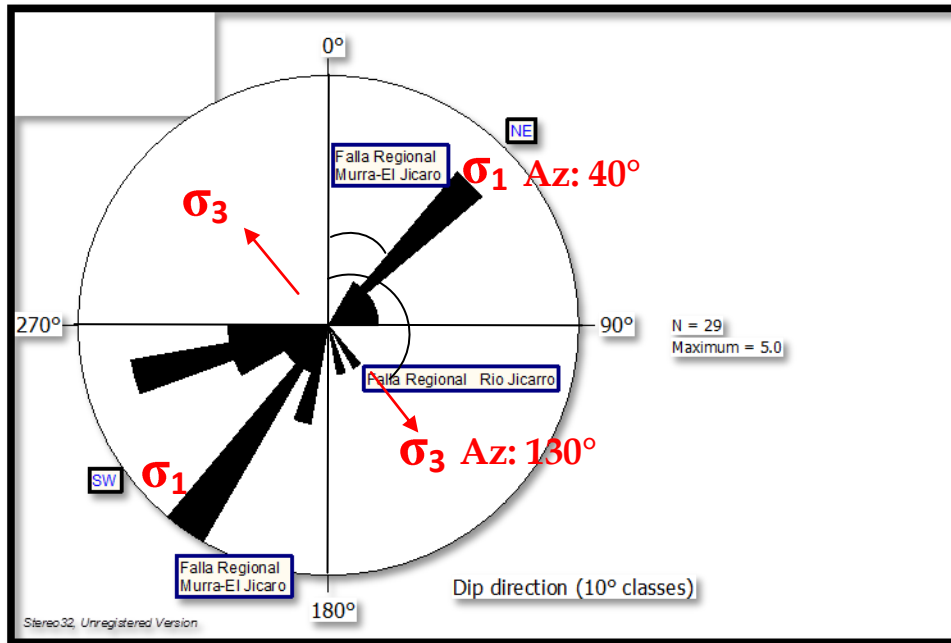
## **4.2 Fases de Fallamiento**

Para entender la dinámica existente en el área de estudio se definieron dos patrones de fallamiento, con direcciones Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste, los que se clasificaron en dos fases de fallamiento basados en el desplazamiento relativo entre ellas.

### **4.2.1 Patrón de Fallamiento rumbo Noreste - Suroeste**

Esta es la primera fase de deformación en el área de estudio. Presenta carácter regional por lo que se encuentra afectando toda el área, este patrón originó fallamiento de tipo normal.

Presenta una dirección preferencial con azimut  $260^\circ$ , dirección determinada por medio de las mediciones directas en campo y con ayuda del análisis de diagramas de rosas de fracturas (**Figura 8**).



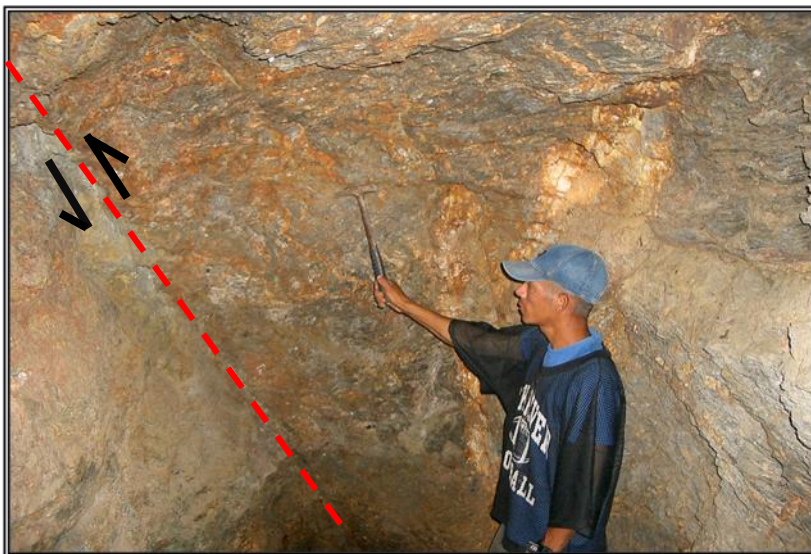
**Figura 8. Diagrama de rosetas de fracturas mostrando dirección preferencial Az: 40°/220°, afectando esquistos micáceos moderadamente meteorizados.  $\sigma_1$  indica el esfuerzo principal máximo de compresión en dirección Az: 40°;  $\sigma_3$  indica el esfuerzo principal mínimo de extensión en dirección Az: 130°. Falla Los Potreríos, municipio de Murra.**

Se definieron 4 estructuras correspondiente a este patrón de fallamiento, denominados en este estudio como Falla Los Potreríos hacia el NO del área, se extiende por aproximadamente 12 kilómetros en dirección preferencial 240° (medidos acimutalmente) desde cerca del casco urbano del municipio de El Jicaró hasta el Norte de la comunidad de Yaulí.

Otras estructuras corresponden a Falla Los Braciles, extendiéndose por aproximadamente 8 km desde la comunidad La Esperanza hasta el Norte de la comunidad de La Reforma, Falla de Pie de Cuesta con extensión de 5 km desde la localidad de Pie de Cuesta hasta las cercanías a la comunidad de El Progreso, por ultimo Falla La Paz con aproximadamente 9 km desde Quebrada Grande hasta la comunidad de La Paz.

Este patrón que se caracteriza por ser de tipo normal, como se menciona anteriormente, se encuentra buzando en dirección SE, con ángulos de buzamiento que varían entre los 57° a 81° **(Ver Perfil Geológico en anexo 6).**

En los esquistos micáceos resulta evidente la deformación en las zonas de fallamiento, debido a las propiedades plásticas de las rocas, donde son notorios los cambios bruscos en los ángulos de buzamiento de las capas de rocas en las zonas inmediatas a los planos de falla, en algunas zonas se encontraron formándose una estructura de harina de falla, compuesta por material triturado en la zona de fallamiento **(Foto 16)**.



**Foto 15. Plano de falla con dirección 248°, dirección preferencial Noreste - Suroeste en la localidad de Punta Mico, Barranco Grande municipio de Murra. UTM 602921 E; 1521102 N.**



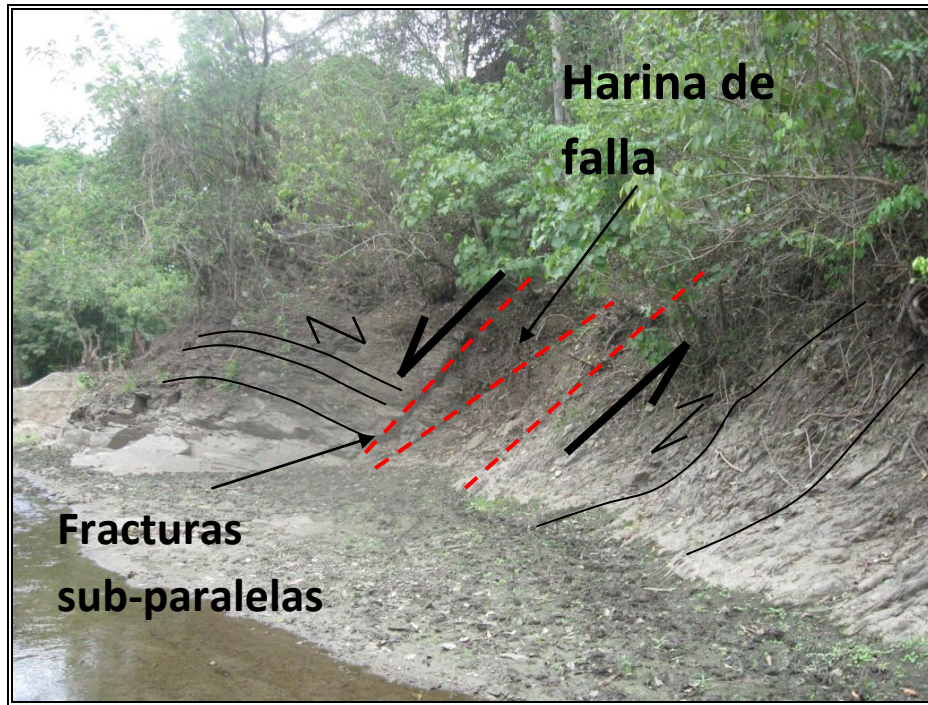


Foto 16. Falla en Rio Sucio con dirección 251°, fracturamiento sub paralelo y foliación tumbada, harina de falla con (matriz <30 % de clastos). Los Lirios municipio de El Jícaro. UTM: 594863 E; 1518170 N

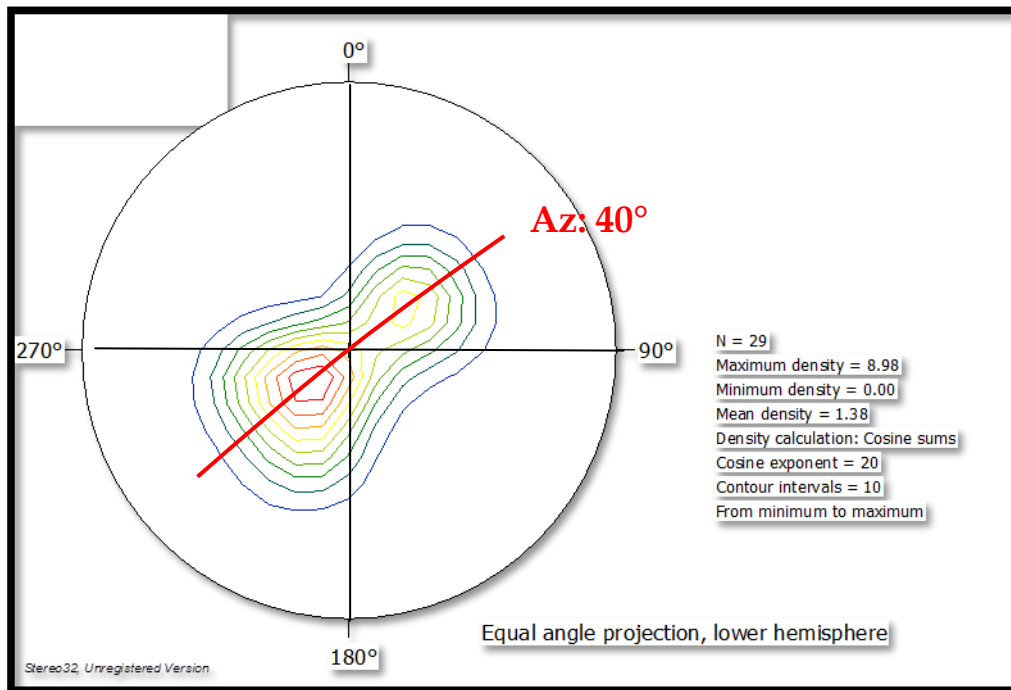
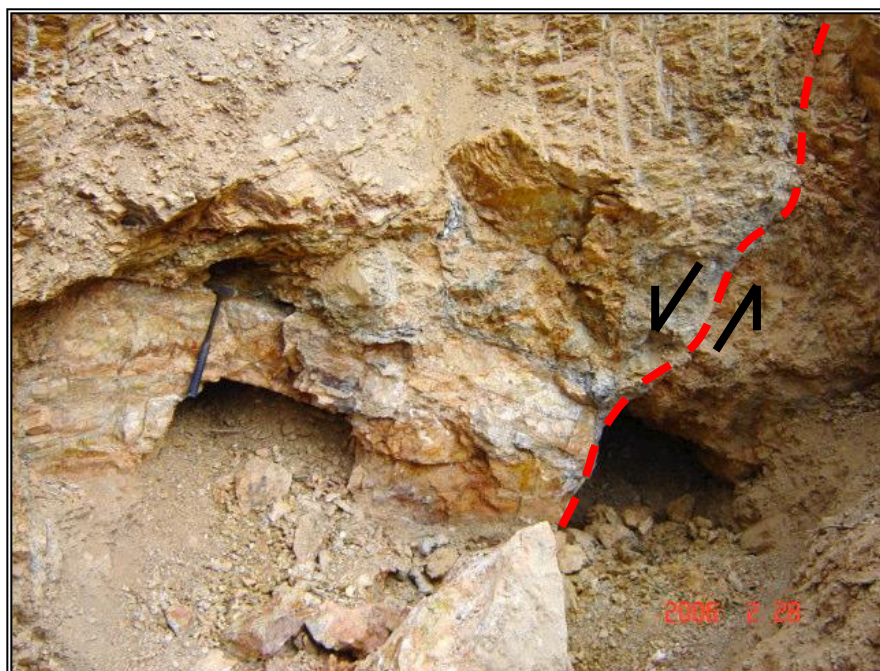


Figura 9. Diagrama de densidades de fracturas, mostrando eje en dirección acimutal de 40°. Falla Los Potreríos, Murra en base a 29 mediciones tomadas.

En el área de Murra se observa este sistema de fallamiento con dirección preferencial Noreste - Suroeste correspondiente a sistema de falla regional, estas estructuras son observables en afloramientos de excavaciones mineras antiguas y quebradas (**Foto 17**).

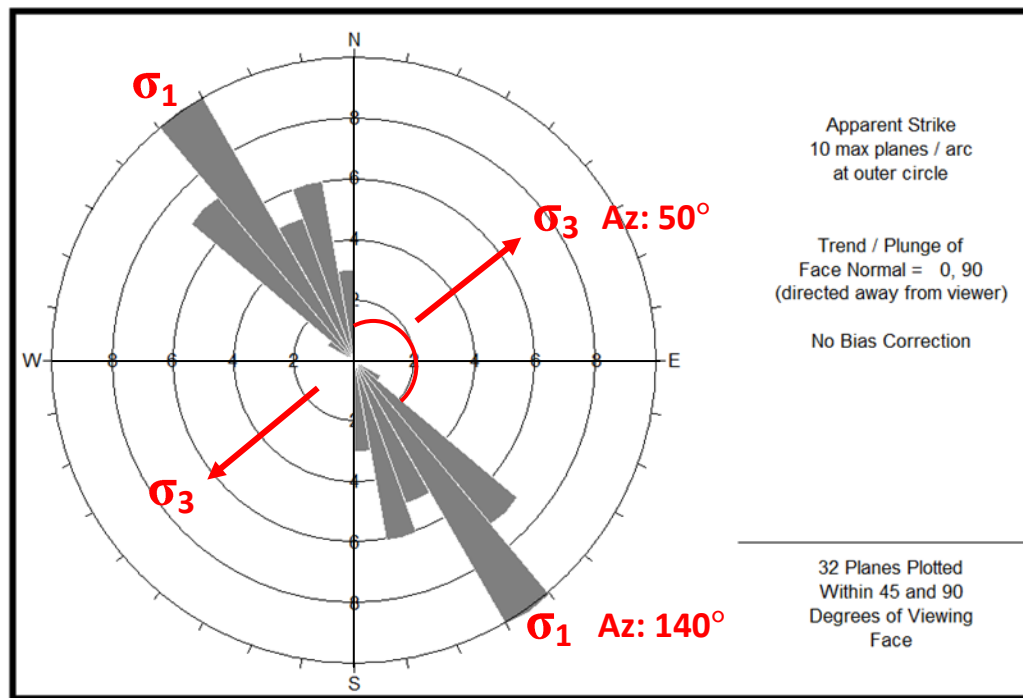


**Foto 17. Falla inversa en afloramiento aledaño a excavaciones mineras antiguas. UTM 603891 E; 1519964 N**

#### 4.2.2. Patrón de Fallamiento rumbo Noroeste - Sureste

Esta es la segunda fase de deformación en el área de estudio. Presenta carácter semi-regional por lo que se encuentra afectando la parte Suroeste y Norte del área, este patrón también originó fallamiento de tipo normal.

Presenta una dirección preferencial con azimut  $140^\circ$ , dirección determinada por medio de las mediciones directas en campo y con ayuda del análisis de diagramas de rosas de fracturas, donde se determinaron la dirección de esfuerzo principal máximo y la de esfuerzos principales mínimos con dirección (**Figura 10**).



**Figura 10.** Diagrama de rosas de fracturas mostrando dirección preferencial Az:  $140^\circ/320^\circ$ , afectando esquistos micáceos moderadamente meteorizados.  $\sigma_1$  indica el esfuerzo principal máximo de compresión,  $\sigma_3$  indica el esfuerzo principal mínimo de extensión. Falla San Albino.

Se definieron 2 estructuras correspondiente a este patrón de fallamiento, denominados en este estudio como Falla San Albino hacia el Suroeste del área, se extiende aproximadamente 7 kilómetros en dirección preferencial  $140^{\circ}$  (medidos acimutalmente) desde la comunidad de El Cacao al Sur del casco urbano del municipio de El Jícaro, hacia el Sureste y Norte de la comunidad de Los Sitios.

Otras estructuras corresponden a Falla Loma Cutus hacia el Norte del polígono de estudio, esta es una falla semi-regional que se extiende por aproximadamente 2 km en dirección Sureste.

Este patrón que se caracteriza por ser de tipo normal y de desgarre (Falla San Albino y Falla Loma Cutus), esta última se encuentra desplazando la fase de fallamiento Noroeste-Sureste por lo que se considera el patrón de fallamiento relativamente más reciente **(Ver modelo de sombras, anexo 5)**.

Dicho patrón estructural es observable de forma representativa en las aéreas de cerro San Albino, San Pablo y Los Sitios, encontrándose indicadores como fracturamiento bifurcado y paralelo con azimuts predominantes con orientaciones entre  $310^{\circ}$  y  $350^{\circ}$  (fallamiento de Rio Jícaro) **(Foto 18, 19 y 20)**.

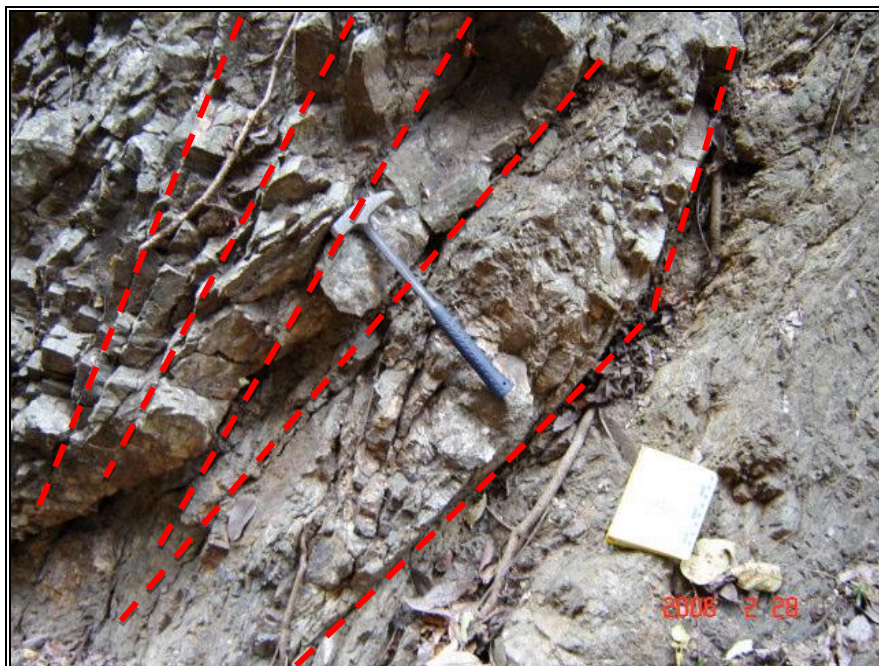
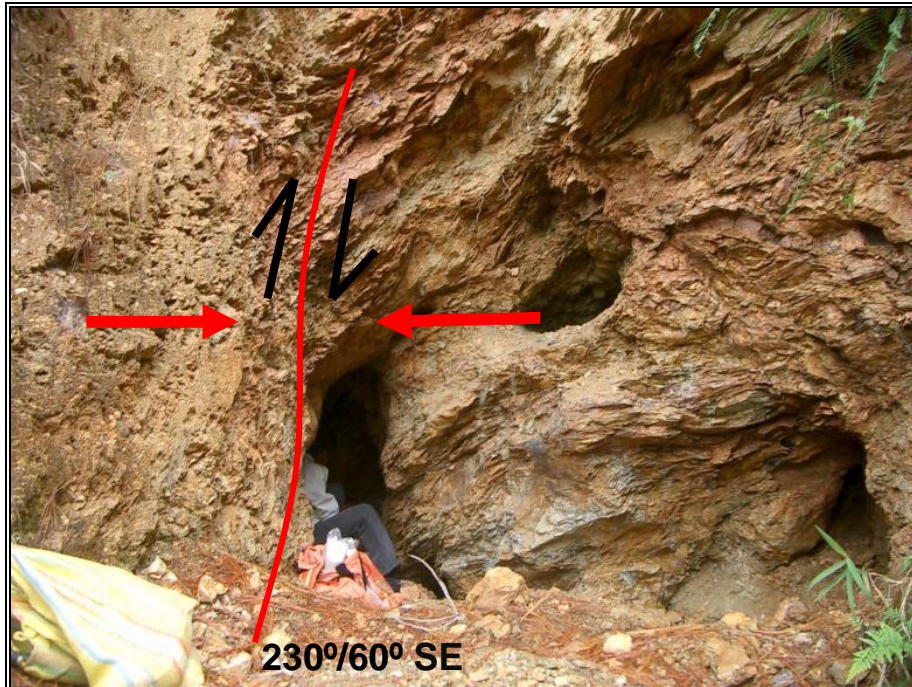


Foto 18. Zona de fallamiento Cerro San Albino, Fracturamiento bifurcado y paralelo. UTM: E-596210/ N-1513451, Comarca San Albino, El Jícaro. 312°/ 48°



Foto 19. Plano de Falla cerca del Cerro San albino en la entrada a túnel antiguo, UTM: E 597410; N 1513423. Comunidad de San Albino municipio de El Jícaro.



**Foto 20. Falla inversa en socavón de Loma El Perico producida por esfuerzos compresivos.  
UTM: E 6046201; N 15188052.**

En base al comportamiento de los indicadores cinemáticos medidos en esta zona de fallamiento se define el diagrama de densidades de fracturamiento correspondiente al patrón Noroeste-Sureste, tomando en cuenta una base de 29 puntos de observación, donde se muestra el eje preferencial de las fracturas medidas en campo, en dirección Az: 140° (**Figura 11**).

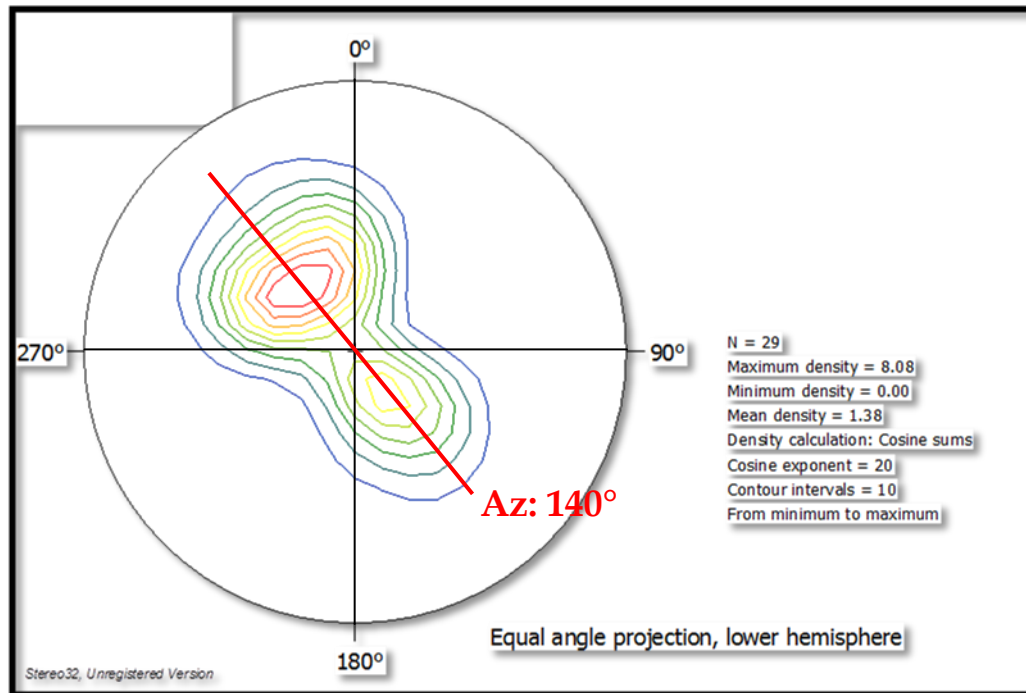
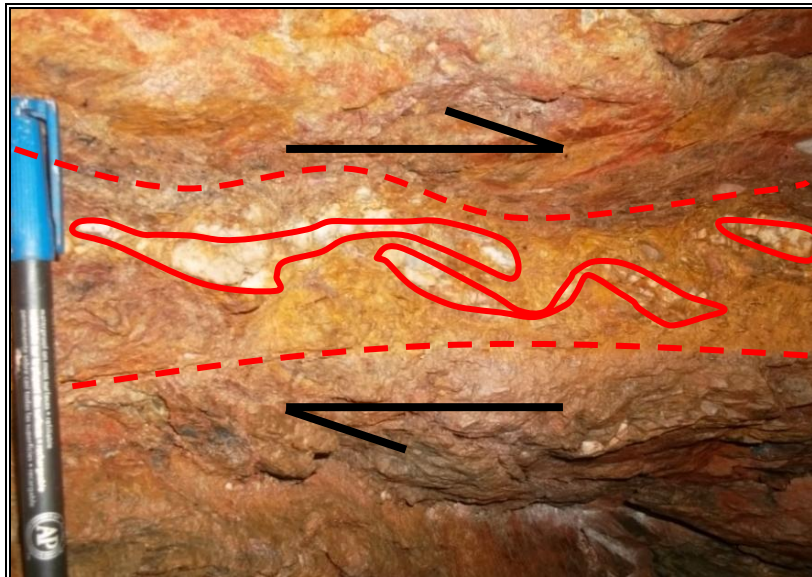


Figura 11. Diagrama de densidad de fracturamiento mostrando eje en dirección acimutal Az: 140°. Falla Rio Jícaro

#### 4.3 Estructuras geológicas de menor orden

Las deformaciones a niveles regionales que afectan las rocas del área de estudio dan lugar a su vez, a la formación de estructuras geológicas a escalas menores, siendo las más predominantes las estructuras de micro plegamientos en rocas esquistosas, foliación bien marcadas (Ver Tabla 3 en anexo 3) y fracturamiento intenso en rocas intrusivas.

Resultan muy comunes las estructuras de cabalgamiento debido al carácter plástico de las rocas esquistosas por su composición mineral. Dichas estructuras son observables en las zonas de dislocaciones o fallamiento (**Foto 21**).

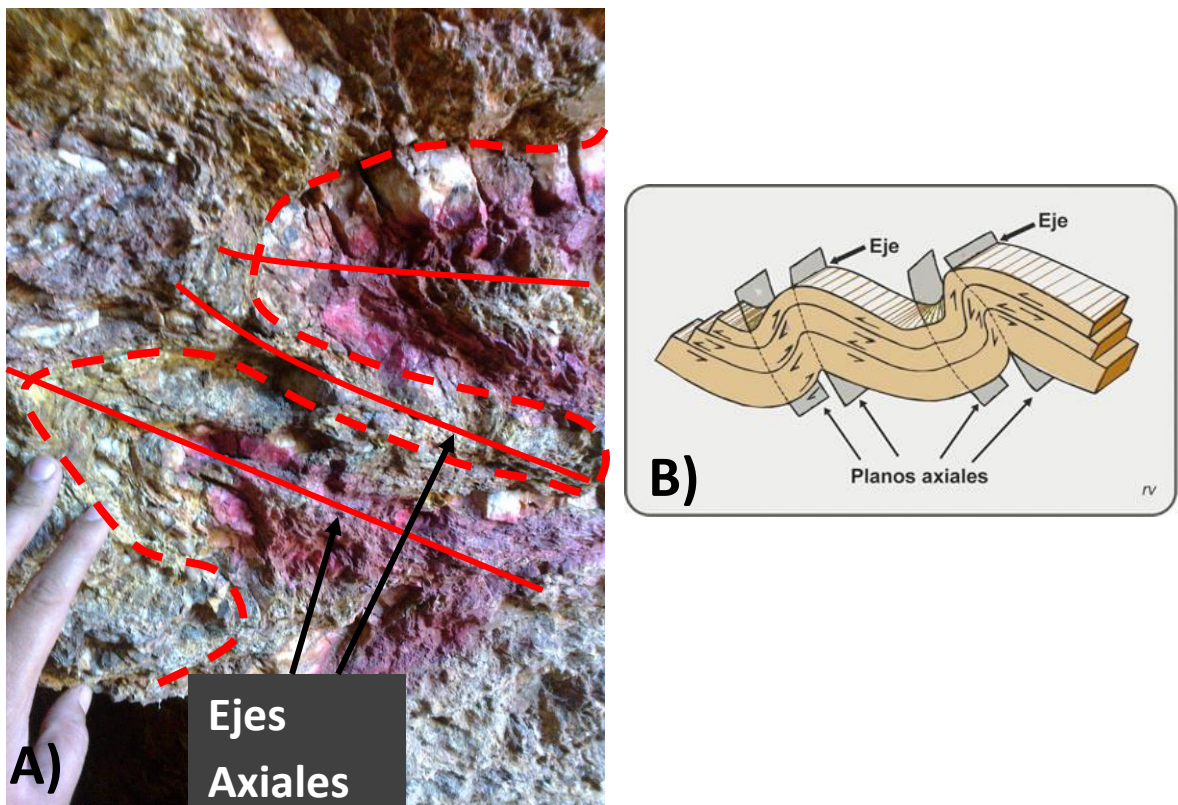


**Foto 21. Cabalgamiento estructural de vetas de cuarzo en zona de fallamiento local. Cerro La Fortuna municipio de Murra. UTM 606510 E; 1525290 N.**

En las rocas esquistosas que han sufrido cierto grado de silicificación y que son afectadas por fallamiento local, generalmente se pueden observar estructuras sigmoidales que dan a conocer (por geometría) las direcciones de máximo y mínimo esfuerzo. Este tipo de estructuras que no resultan comunes en las rocas del área, las direcciones de esfuerzos o de desplazamiento relativo son interpretadas por la deformación elíptica de las rocas afectadas.



Plegamientos de pequeñas dimensiones (10 cm de amplitud de pliegue) son muy comunes en este tipo de rocas debido a la plasticidad de los componentes de la misma (minerales micáceos) y ante esfuerzos compresivos, dando una idea muy acertada del movimiento relativo de las capas de rocas producto de esfuerzos. El movimiento que posibilita el plegamiento se produce esencialmente en las discontinuidades que constituyen los planos de foliación (**Foto 22**).



**Foto 22. A) Plegamiento en esquistos moderadamente meteorizado, nótese la dirección de los ejes axiales y el movimiento relativo de las capas de rocas. Cerro Loma El Perico municipio de Murra. B) Diagrama tomado de Burchfiel et al., (1982) UTM 607885 E; 1520563 N.**

En las rocas intrusivas hipo-abisales como los diques félsicos vistos en el área de trabajo son notorias las estructuras de fracturas conjugadas que indican perfectamente la dirección de esfuerzos (**Foto 23**).

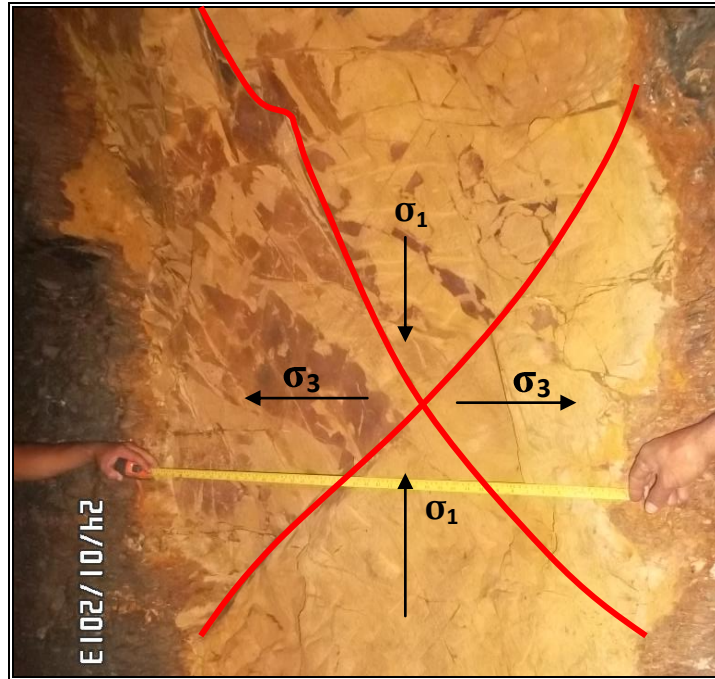


Foto 23. Fracturamiento conjugado producido por esfuerzos originados por intrusión del dique,  $\sigma_1$  indica la dirección de esfuerzo principal máximo mientras que  $\sigma_3$  indica la dirección de esfuerzo principal mínimo.

## **CAPITULO 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 Conclusiones**

El área de estudio está afectada por un metamorfismo regional de edad Paleozoica evidenciado en los esquistos micáceos encontrados en los sitios visitados y afectados por intrusiones magmáticas subsecuentes de composición granítica semi-regionales (intrusivo granítico de Las Uvas-Santa Cruz) interpretado como hipófisis relacionado con el Batolito de Dipilto - Jalapa, estas rocas afloran en la parte Noroeste del área de estudio y cortan rocas metamórficas.

Los contactos entre las rocas intrusivas y metamórficas o la concordancia vertical que presentan son muy diferentes unos con otros. En campo lo único a observar son los contactos con gran cantidad de terrazas sin poder definir su aureola de contacto ajustada a las rocas graníticas e inmediatamente el contacto con los esquistos Micáceos.

La interacción entre el cuerpo intrusivo (extremo Noroeste del área) y las rocas metamórficas encajante originan esfuerzos compresivos en el área, lo que resulta en la formación de patrones estructurales de fallamiento definido en dirección Noreste-Suroeste y Noroeste-Sureste.

En las zonas de fallamiento y fracturamiento, fueron observados y documentados indicadores cinemáticos claves para determinar y comprender el desarrollo dinámico de estas litologías, tales como son el sistema de fracturamiento conjugado, sistema paralelo y sub paralelo, sistema bifurcado, estructuras sigmoidales, arreglos anastomosados y pliegues.

El sistema Noreste-Suroeste se encuentra bien definido en las áreas de Matabuey y San Albino presentado fallas regionales prolongables hasta los 11 a 15 Km de longitud en conjunto con fracturas continuas y lineamientos interpretados por expresión topográfica.

Por otro lado, el sistema estructural Noroeste - Sureste está representado por la falla Río Júcaro, la cual consiste en una falla tipo normal que se extiende aproximadamente por 9.5 km.

Se concluye una disposición estratigráfica generalizada relativamente simple del área de estudio debido a la homogeneidad de las rocas encontradas, las secuencias litológicas están sobrepuestas unas con otras, de tal manera que los depósitos aluviales del Cuaternario se encuentran cubriendo parcialmente a las rocas metamórficas.

Los depósitos aluviales constituidos por arenas silíceas de grano medio producto de meteorización del intrusivo, se encuentran limitados en una pequeña porción mapeable a la escala seleccionada en la porción Noroeste del área, bancos de menores dimensiones fueron encontrados en las riveras de los principales ríos de la zona (Río Júcaro, Río Sucio).

## 5.2 Recomendaciones

- Se recomienda, realizar la continuidad de la cartografía geológica a escalas detallada (1:20,000) entre las rocas metamórficas y el Plutón granítico de Dipilto, para continuar el estudio y desarrollo de la aureola de contacto y sus diferentes implicaciones a niveles microscópicos y macroscópicos.
- Realizar estudios analíticos de patrones estructurales del toda el área con la finalidad de cuantificar y clasificar con mayor detalle los patrones locales de fracturamiento y fallamiento que ayuden a dar una mayor comprensión de la dinámica regente en el área.
- Así mismo, se recomienda realizar dataciones radiométricas de las rocas metamórficas para contribuir a la reconstrucción de la evolución geológica y tectónica del área y sus alrededores.
- Realizar sondeos geofísicos exploratorios para lograr determinar con mayor eficacia anomalías que indiquen la existencia de vetas de cuarzo de dimensiones considerables, ya que estas raras veces afloran en superficie.
- Realizar una zonificación de las rocas metamórficas del área, con la finalidad de determinar y delimitar la secuencia de esquistos grafiticos que fueron mencionados en este informe de forma muy general debido a la escala seleccionada.

## **BIBLIOGRAFIA**

**B.W.D. Yardley, (1997)**, Atlas de Rocas Metamórficas y sus Texturas. Editorial MASSON S.A. Barcelona, España.

**Carr, M., et al., (2003)**, “Volcanism and geochemistry in Central America: Progress and problems”. American Geophysical Union, Geophysical Monograph 138, pp. 153-173.

**Del Guidice D., (1960)**, Apuntes sobre la geología de Nueva Segovia: Managua, Servicio Geológico Nacional, Nicaragua, Bol. No. 4.

**Dengo G., (1973)**, Estructura geológica, neotectónica y morfología de América Central: México, Centro Regional de Ayuda Técnica.

**Donnelly T. W., Horne G. S., Finch R. C., & Lopez-Ramos, E., (1990)**, Northern Central America; The Maya and Chortis blocks, in Dengo, G., and Case, J. E., eds., The Geology of North America, vol. H., The Caribbean Region: Boulder, Colorado, The Geological Society of America, p. 1-37.

**De Mets, Ch. (2001)**, “A new estimate for present-day Cocos-Caribbean plate motion: Implications for slip along the Central America volcanic arc”. Geophysical Research Letters.

**Espinoza, F. J. (2007)**, “Neotectónica de la falla Nejapa, porción oeste del graben de Managua, Nicaragua”. Tesis de maestría, Universidad Nacional Autónoma de México, p. 83.

**García-Palomo A., (2002)**. Vulcanismo y Geología Estructural de la Región de Apan Estados de Hidalgo, Tlaxcala, Puebla y México. Tesis de Doctorado Ciencias Vulcanología. Universidad Autónoma de México, México, DF.

**Gómez. M., (2008)**. Estudio geológico del área Oeste de la Hoja Topográfica de ciudad Sandino, Jícaro.

**Gillen C. (1982)**. Metamorphic Geology, University of Aberdeen, London.

**González V. (2002).** Ingeniería Geológica, España.

**Girard, G., Van Wyk Vries, B. (2005),** “The Managua Graben and Las Sierra-Masaya volcanic complex (Nicaragua); pull-apart localization by an intrusive complex: results from analogue modeling”, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, pp 37-57.

**Hodgson G., (1977),** Geología y Anotaciones Mineras del Área de Jalapa. S.G.N.

**Hodgson G., (1977),** Localización de las Áreas de Carbonato de Calcio. Ministerio de Industria y Comercio. Boletín # 19 Servicio Geológico Nacional.

**Hodgson G., (1977),** Geología y Anotaciones Mineras del Área de Jalapa. S.G.N, Informe # 17.

**Klauss F., (1964),** Esquistos de Nueva Segovia. S.G.N, Ministerio de Economía. Trabajo Realizado a los Alrededores de Ocotal.

**Kornprobst J. (1996).** Manual de Petrología Metamórfica y su Contexto Geodinámico, Universite, France.

**La Femina, P., et al., (2002),** “Bookshelf faulting in Nicaragua”, *Geological Society of America*, Vol., 30, No., 8, pp. 751-54.

**Quintero R., (2006),** Estudio Geológico del Metamorfismo de San Fernando, Nueva Segovia. Trabajo Monográfico: Centro de Investigaciones Geocientíficas CIGEO-UNAN Managua.

**Rupke, L., et al., (2002),** “Are the regional variation in Central American Arc lavas due to differing basaltic versus peridotitic slab sources of fluids?”, *Geological Society of America*, Vol., 30, No., 11, pp 1035 – 1038

**Tolson G., (1998),** Un catálogo de indicadores cinemáticos en rocas cizalladas: México, *GEOS*, Vol. 16, No. 1.

**Tolson G., (1998)**, Deformación, Exhumación y Neotectónica de la Margen Continental de Oaxaca: Datos Estructurales, Petrológicos y Geotermo - barométricos [Ph. D. thesis] Universidad Nacional Autónoma de México.

**Williams R. L., Garayar J. y Ferrey C., (1971)**, Geología y depósitos minerales de los cuadrángulos de Dipilto, Macuelizo y Somoto: Managua, Catastro e Inventario de Recursos Naturales, informe No. 9.

**Zoppis Bracci L., (1957)**, Estudio geológico de la región de Palacagüina y de su depósito de antimonio: Managua, Servicio Geológico Nacional, Nicaragua, Bol. No.1.

**Zoppis Bracci L., (1960)**, Viejas minas de plata en Macuelizo: Managua, Servicio Geológico Nacional, Nicaragua, Bol. No. 4.



**ANEXOS**

**ANEXO 1    Tabla 2. Puntos de levantamiento Cartográfico.**

<b>Pto</b>	<b>COORDENADA ESTE NORTE</b>		<b>COMA RCA</b>	<b>TIPO DE ROCA</b>	<b>RUMB O (Az)</b>	<b>BUZAM IENTO (°)</b>	<b>DESCRIPCIO N MACORSO PICA Y OBSERVACI ONES</b>
1	607811	1518832	San Francis co Arriba	Esq. Oxd.	160	25 SO	Esquistos moderadamente meteorizados y parcialmente deformados, vetillaje de cuarzo casi nulo. Cristales de sericita laminar apenas apreciable.
2	607915	1519407	San Francis co Arriba	Esq. Oxd.	150	20 SO	Esquistos meteorizados con vetillaje de ocasional a nulo, minerales observables: sericita laminar / clorita.
3	607980	1519184	San Francis co Arriba	Esq. Graf.	130	32 SO	Cauce de Qubrada La Fortuna, Esquistos grafíticos parcialmente silicificados, vetillaje de cuarzo

							moderado de orden centimétrico
4	607908	1519250	San Francisco Arriba	Esq. Graf.	190	24 SE	Esquistos gráficos parcialmente meteorizados en superficie de fractura, vetillaje de cuarzo ocasional de tallas cm.
5	607920	1519327	San Francisco Arriba	Esq. Graf.	220	20 SE	Esquistos gráficos parcialmente meteorizados en superficie de fractura, vetillaje de cuarzo ocasional de tallas cm.
6	607549	1519983	San Francisco Arriba	Esq. Oxd.	230	25 SE	Esquistos parcialmente meteorizados.
7	607242	1519283	San Francisco Arriba	Esq. Mic.	290	65 NE	Esquistos sericíticos parcialmente meteorizados, vetillaje de cuarzo de ocasional a nulo emplazándose entre los planos de foliación.
8	607376	1519747	San Francisco Arriba	Esq. Oxd.	280	20 NE	Esquistos severamente meteorizados, vetillaje ocasional cm. Limonita sustituyendo

							cristales de mica.
9	606053	1519127	San Francisco del Potrero	Esq. Oxd.	240	15 NO	Esquistos parcialmente meteorizados.
10	606971	1519834	San Francisco del Potrero	Esq. Oxd.	150	5 SO	Esquistos parcialmente meteorizados. Vetillaje ocasional
11	607870	1521829	San Francisco Arriba	Esq. Oxd.	260	40 S	Esquistos severamente meteorizados, minerales micáceos reemplazados por limonita, depósitos de cuarzo lenticular como vetillaje de orden centimétrico.
12	607908	1521667	San Francisco Arriba	Esq. Oxd.	260	50 S	Esquistos severamente meteorizados, minerales micáceos reemplazados por limonita, depósitos de cuarzo lenticular como vetillaje de orden centimétrico.
13	606413	1518502	San Pedro	Esq. Mic.	240	15 NO	Esquistos parcialmente meteorizados.
14	606288	1517915	San Pedro	Esq. Mic.	250	30 NO	Esquistos parcialmente meteorizados, minerales laminares reconocibles

							(mica sericita).
15	606114	1517674	El Burbusco	Esq. Mic.	230	20 NO	Esquistos alterados levemente plegados con vetillas de cuarzo de 4 a 6 cm, fracturas milimétricas con rumbo 250° y buzamiento de 80°
16	607818	1517547	El Burbusco	Esq. Mic.	265	20 SE	Esquistos cloríticos sericíticos alterados de color gris verdoso, altamente fracturados, fracturas rumban 260° con buzamiento de 80°
17	606908	1517711	San Antonio de Las Flores	Esq. Mic.	220	15 NO	Esquistos moderadamente meteorizados con vetillaje de cuarzo severo de hasta 15cm.
18	606229	1522236	El Plantel	Esq. Mic.	210	30 NO	Esquisto sericítico meteorizado y levemente plegado, vetillaje ocasionales de entre 2-3 cm.

19	604745	1518820	Las Pozas	Esq. Mic.	-----	-----	Bloques de cuarzo dispersos no se encontró ninguna veta significativa en las cercanías.
20	604660	1518513	Las Pozas	Esq. Mic.	340	25 O	Esquistos micáceos severamente plegados y parcialmente silicificados, vetillaje severo de cuarzo de hasta 8cm.
21	604741	1518778	Las Pozas	Esq. Mic.	220	30 NO	Esquistos moderadamente meteorizados y severamente plegados, vetillaje de cuarzo se presenta con frecuencia.
22	604620	1518805	Las Pozas	Esq. Silic.	340	30 O	Esquistos micáceos parcialmente silicificados, notable planos de foliación, vetillaje de frecuencia moderada.
23	601985	1516646	San Jerónimo	Cuarzo	-----	-----	Bloques de cuarzo dispersos parcialmente meteorizados en superficie de fracturas,

							bloques de tamaño medio de sub angular a angular.
24	602171	1517001	La Montaña	Esq. Mic.	240	30 NO	Esquisto micáceos parcialmente meteorizados, bien foliado con vetillaje de cuarzo de hasta 25cm de espesor.
25	599299	1516413	Quebrada Grande	Esq. Oxd.	225	40 SE	Esquistos severamente oxidados emplazando una pequeña veta de cuarzo de 90cm moderadamente oxidada y fracturada entre un dique de grano fino severamente oxidado de color pardo.
26	599815	1516890	Quebrada Grande	Esq. Oxd.	230	30 SE	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
27	599910	1517212	Quebrada Grande	Esq. Graf.	230	40 SE	Esquistos grafiticos con vetillaje de

							cuarzo centimétrico ocasional, parcialmente silicificados.
28	596613	1513294	El Jobo	Esq. Mic.	280	20 SO	Esquistos sericíticos parcialmente meteorizados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
29	596610	1513309	El Jobo	Esq. Mic.	260	25 SO	Esquistos micáceos parcialmente meteorizados, vetillaje de ocasional a nulo de orden centimétrico y de hábito lenticular, meteorizado en superficie de fracturas.
30	594786	1518183	Los Lirios	Arn.	-----	-----	Terraza aluvial en cauce de Río Sucio, granos muy bien clasificados de tamaño medio a fino bien redondeados, intercalaciones de grava pobremente clasificada de hasta 35cm.

31	593100	1518300	Murra	Esquistos micáceos	251	68	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
32	595100	1521700	Murra	Esquistos micáceos	202	50	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
33	597000	1525100	Murra	Esquistos micáceos	215	72	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
34	599100	1527200	Murra	Esquistos micáceos	245	57	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente



							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
35	600350	1527908	Murra	Grafito	250	73	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
36	602500	1527700	Murra	Grafito	252	69	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
37	604510	1527900	Murra	Grafito	264	81	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
38	602758	1526001	Murra	Grafito	261	79	Esquistos severamente oxidados y fracturados,

							muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
39	600800	1524208	Murra	Grafito	245	56	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
40	597200	1520100	Murra	Grafito	145	48	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.
41	595900	1516910	Murra	Grafito	202	53	Esquistos severamente oxidados y fracturados, muy pobremente notables los cristales de mica, totalmente alterados a limonita.

42	593505	1516120	Murra	Grafito	217	38	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
43	600450	1516701	Murra	Grafito	226	71	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
44	602920	1521100	Murra	Grafito	218	81	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
45	604810	1529700	Murra	Grafito	238	72	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
46	606910	1528700	Murra	Grafito	269	69	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
47	603600	1517200	Murra	Grafito	212	45	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
48	601200	1512500	Murra	Grafito	210	52	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.

49	597900	1524430	Murra	Grafito	223	63	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
50	597750	1521103	Murra	Grafito	46	53	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
51	602961	1523600	Murra	Grafito	57	81	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
52	599631	1526010	Murra	Grafito	310	72	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
53	593010	1515510	Murra	Grafito	305	42	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
54	594310	1514505	Murra	Grafito	325	48	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
55	596210	1513451	Murra	Grafito	300	56	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.

56	597705	1512510	Murra	Grafito	315	58	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
57	600510	1517721	Murra	Grafito	34	62	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
58	601905	1521810	Murra	Esquistos micáceos	285	45	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
59	600200	1522519	Murra	Esquistos micáceos	310	48	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
60	599901	1522000	Murra	Esquistos micáceos	300	52	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
61	601322	1522400	Murra	Esquistos micáceos	320	62	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
62	602510	1523010	Murra	Esquistos micáceos	300	35	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.



63	605200	1521410	Murra	Esquistos micáceos	340	62	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
64	607150	1520160	Murra	Esquistos micáceos	295	43	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
65	603810	1519601	Murra	Esquistos micáceos	295	52	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
66	606120	1516705	Murra	Esquistos micáceos	305	48	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
67	606710	1517105	Murra	Esquistos micáceos	330	21	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
68	604100	1516000	Murra	Esquistos micáceos	345	42	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
69	604950	1518400	Murra	Esquistos micáceos	358	42	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.

70	604200	1517810	Murra	Esquistos micáceos	308	42	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
71	605500	1524900	Murra	Esquistos micáceos	344	52	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
72	608510	1526800	Murra	Esquistos micáceos	358	50	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
73	601305	1527500	Murra	Esquistos micáceos	348	70	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
74	596700	1526810	Murra	Esquistos micáceos	248	57	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
75	595610	1526001	Murra	Esquistos micáceos	251	63	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
76	597710	1527905	Murra	Esquistos micáceos	263	58	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.

77	599310	1523610	Murra	Esquistos micáceos	256	73	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
78	596120	1521103	Murra	Esquistos micáceos	145	75	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
79	596310	1524201	Murra	Esquistos micáceos	150	82	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
80	601510	1514530	Murra	Esquistos micáceos	173	53	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
81	599950	1512205	Murra	Esquistos micáceos	130	62	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
82	599201	1511905	Murra	Esquistos micáceos	145	38	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
83	604351	1511710	Murra	Esquistos micáceos	153	82	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.

84	599710	1514105	Murra	Esquistos micáceos	130	48	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
85	596720	1515301	Murra	Esquistos micáceos	122	53	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
86	596310	1524261	Murra	Esquistos micáceos	148	63	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente reconocibles en la roca, cuarzo lenticular de orden centimétrico.
87	601310	1514730	Murra	Esquistos micáceos	159	72	Esquistos sericíticos parcialmente oxidados, minerales de mica fácilmente

							reconocibles en la roca, cuarzo lenticular.
--	--	--	--	--	--	--	--



**ANEXO 2    Tabla 3. Base de Datos Geo-Estructurales**

<b>Coordenadas</b>		<b>Litología</b>	<b>Estructura</b>	<b>Rbo</b>	<b>Bz</b>
<b>N</b>	<b>E</b>				
1518300	593100	Esquistos micáceos	Falla	251	68
1521700	595100	Esquistos micáceos	Falla	202	50
1525100	597000	Esquistos micáceos	Falla	215	72
1527200	599100	Esquistos micáceos	Falla	245	57
1527908	600350	Esquisto Grafitico	Falla	250	73
1527700	602500	Esquisto Grafitico	Falla	252	69
1527900	604510	Esquisto Grafitico	Falla	264	81
1526001	602758	Esquisto Grafitico	Falla	261	79
1524208	600800	Esquisto Grafitico	Falla	245	56
1520100	597200	Esquisto Grafitico	Falla	145	48
1516910	595900	Esquisto Grafitico	Falla	202	53
1516120	593505	Esquisto Grafitico	Falla	217	38
1516701	600450	Esquisto Grafitico	Falla	226	71
1521100	602920	Esquisto Grafitico	Falla	218	81

1529700	604810	Esquisto Grafitico	Falla	238	72
1528700	606910	Esquisto Grafitico	Falla	269	69
1517200	603600	Esquisto Grafitico	Falla	212	45
1512500	601200	Esquisto Grafitico	Falla	210	52
1524430	597900	Esquisto Grafitico	Falla	223	63
1521103	597750	Esquisto Grafitico	Falla	46	53
1523600	602961	Esquisto Grafitico	Falla	57	81
1526010	599631	Esquisto Grafitico	Falla	310	72
1515510	593010	Esquisto Grafitico	Falla	305	42
1514505	594310	Esquisto Grafitico	Falla	325	48
1513451	596210	Esquisto Grafitico	Falla	300	56
1512510	597705	Esquisto Grafitico	Falla	315	58
1517721	600510	Esquisto Grafitico	Falla	34	62
1521810	601905	Esquistos micáceos	Fractura	285	45
1522519	600200	Esquistos micáceos	Fractura	310	48
1522000	599901	Esquistos micáceos	Fractura	300	52
1522400	601322	Esquistos	Fractura	320	62

		micáceos			
1523010	602510	Esquistos micáceos	Fractura	300	35
1521410	605200	Esquistos micáceos	Fractura	340	62
1520160	607150	Esquistos micáceos	Fractura	295	43
1519601	603810	Esquistos micáceos	Fractura	295	52
1516705	606120	Esquistos micáceos	Fractura	305	48
1517105	606710	Esquistos micáceos	Fractura	330	21
1516000	604100	Esquistos micáceos	Fractura	345	42
1518400	604950	Esquistos micáceos	Fractura	358	42
1517810	604200	Esquistos micáceos	Fractura	308	42
1524900	605500	Esquistos micáceos	Fractura	344	52
1526800	608510	Esquistos micáceos	Fractura	358	50
1527500	601305	Esquistos micáceos	Fractura	348	70
1526810	596700	Esquistos micáceos	Fractura	248	57
1526001	595610	Esquistos micáceos	Fractura	251	63
1527905	597710	Esquistos micáceos	Fractura	263	58
1523610	599310	Esquistos micáceos	Fractura	256	73

1521103	596120	Esquistos micáceos	Fractura	145	75
1524201	596310	Esquistos micáceos	Fractura	150	82
1514530	601510	Esquistos micáceos	Fractura	173	53
1512205	599950	Esquistos micáceos	Fractura	130	62
1511905	599201	Esquistos micáceos	Fractura	145	38
1511710	604351	Esquistos micáceos	Fractura	153	82
1514105	599710	Esquistos micáceos	Fractura	130	48
1515301	596720	Esquistos micáceos	Fractura	122	53
1524261	596310	Esquistos micáceos	Fractura	148	63
1514730	601310	Esquistos micáceos	Fractura	159	72

**ANEXO 3    Tabla 4. Foliaciones Medidas**

No.	COORDENADAS		ESTRUCTURA	AZIMUT	BUZAMIENTO
	ESTE	NORTE			
1	607811	1518832	Foliación	160	25
2	607915	1519407	Foliación	150	20
3	607980	1519184	Foliación	130	32
4	607908	1519250	Foliación	190	24
5	607920	1519327	Foliación	220	20
6	607549	1519983	Foliación	230	25
7	607242	1519283	Foliación	290	65
8	607376	1519747	Foliación	280	20
9	606053	1519127	Foliación	240	15
10	606971	1519834	Foliación	150	5
11	607870	1521829	Foliación	260	40
12	607908	1521667	Foliación	260	50
13	606413	1518502	Foliación	240	15
14	606288	1517915	Foliación	250	30
15	606114	1517674	Foliación	230	20
16	607818	1517547	Foliación	265	20
17	606908	1517711	Foliación	220	15
18	606229	1522236	Foliación	210	30
19	604660	1518513	Foliación	340	25
20	604741	1518778	Foliación	220	30
21	604620	1518805	Foliación	340	30
22	602171	1517001	Foliación	240	30
23	599299	1516413	Foliación	225	40
24	599815	1516890	Foliación	230	30

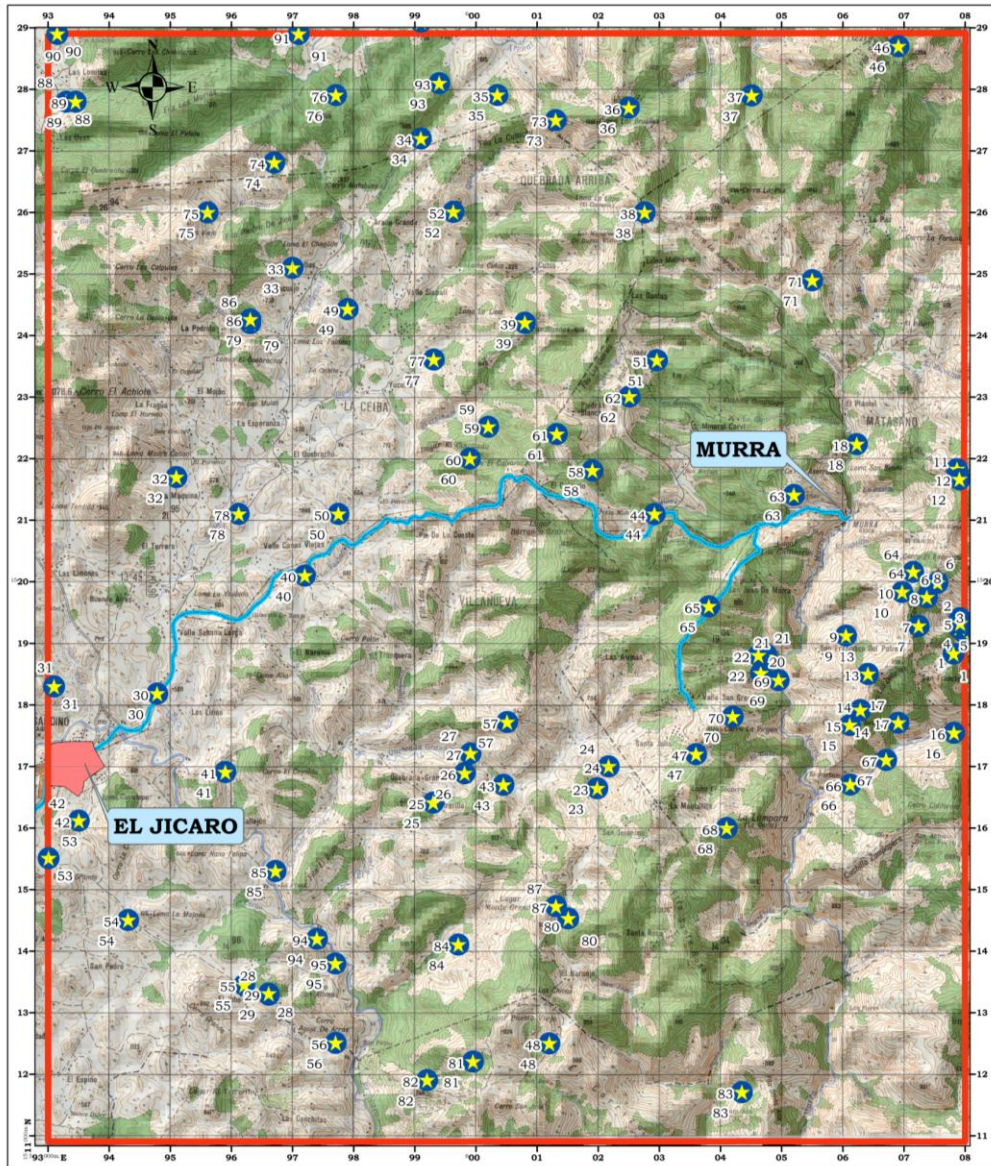
25	599910	1517212	Foliación	230	40
26	596613	1513294	Foliación	280	20
27	596610	1513309	Foliación	260	25
28	597440	1511185	Foliación	195	35
29	597490	1511166	Foliación	278	38
30	597502	1511142	Foliación	165	30
31	597540	1511120	Foliación	200	30
32	507716	1511081	Foliación	150	30
33	597762	1511106	Foliación	220	58
34	597781	1511107	Foliación	210	60
35	597839	1511130	Foliación	190	50
36	597862	1511120	Foliación	220	40
37	597894	1511132	Foliación	210	60
38	597923	1511134	Foliación	210	30
39	597942	1511138	Foliación	120	20
40	597976	1511159	Foliación	230	
41	597987	1511155	Foliación	140	30
42	598026	1511165	Foliación	120	25
43	598055	1511155	Foliación	220	28
44	598238	1511166	Foliación	230	78
45	598238	1511166	Foliación	330	25
46	603404	1519789	Foliación	260	35
47	603388	1519999	Foliación	340	20
48	603586	1519925	Foliación	160	30
49	603015	1519466	Foliación		
50	603067	1519498	Foliación	250	24
51	603453	1519674	Foliación	225	15
52	600530	1510942	Foliación	210	15
53	601469	1512486	Foliación	260	40
54	607918	1519250	Foliación	320	25

55	607908	1519258	Foliación	190	24
56	607901	1519363	Foliación	280	16
57	607775	1519495	Foliación	230	14
58	607316	1519556	Foliación	280	14
59	607244	1519282	Foliación	290	65
60	607254	1519244	Foliación	285	60
61	607373	1519748	Foliación	280	20
62	607288	1519638	Foliación	350	14
63	607885	1520563	Foliación	210	10
64	607885	1520563	Foliación	320	5
65	606970	1519835	Foliación	150	5
66	606895	1519771	Foliación	160	10

**ANEXO 4. Mapa de puntos de cartografiado y muestreo geológico.**

**MAPA DE MUESTREO**

2957-II



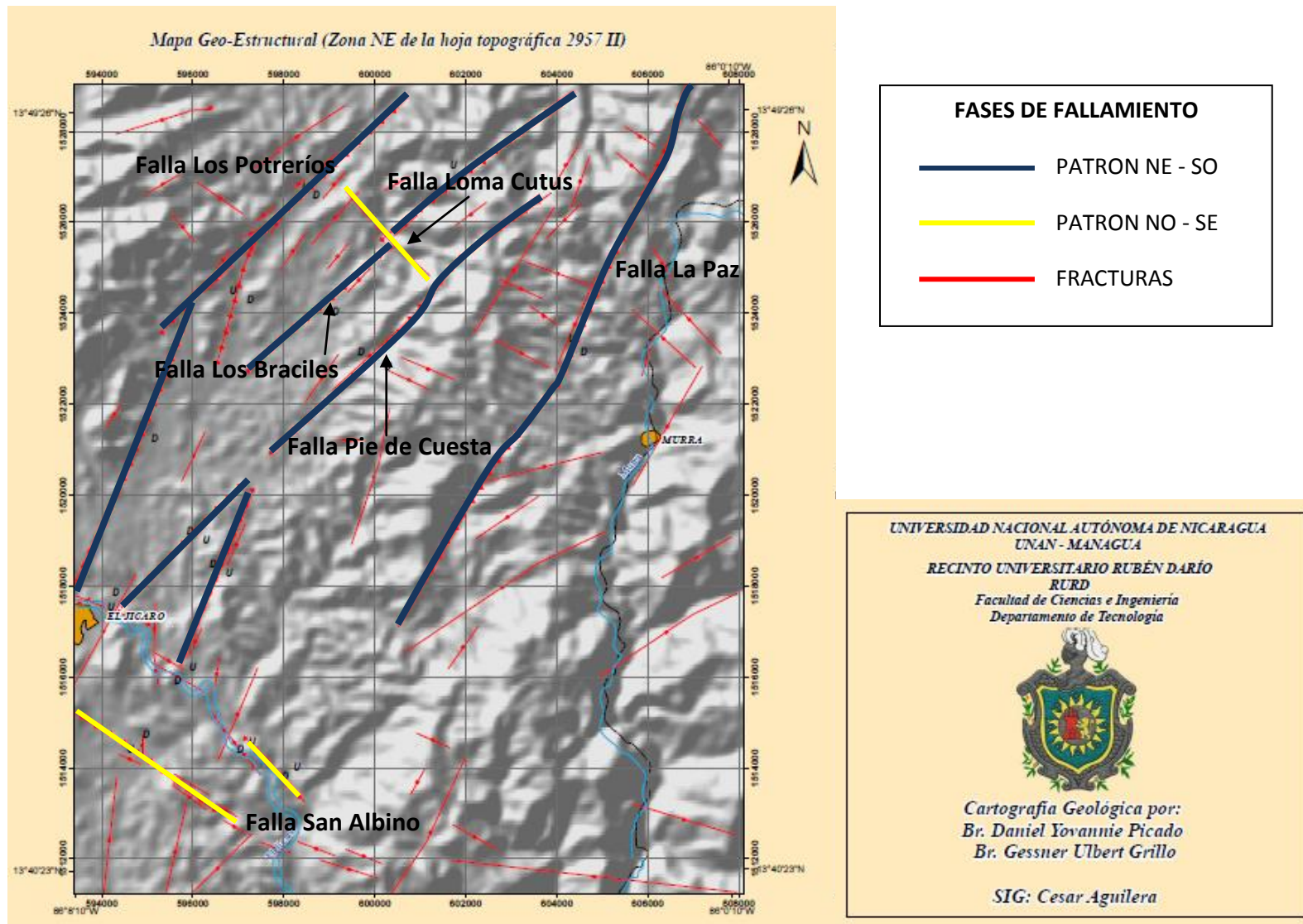
1:50,000

Proyección transversal universal de Mercator  
 Dato horizontal norteamericano de 1927  
 Esferoide de Clarke de 1866

<b>Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Facultad de Ciencias e Ingenierías</b>				
<b>Tutor:</b> MSc. Gema Velazquez		Cartografía Geológica a semi detalle del Cuadrangulo Este de la Hoja Topográfica Ciudad Sandino, Serie 2957-II, Escala 1:50000		
<b>INTEGRANTES:</b> Br. Daniel Yovanie Picado L. Br. Gessner Ulbert Grillo				
		<b>Escala</b>	1 : 50000	Mapa N°



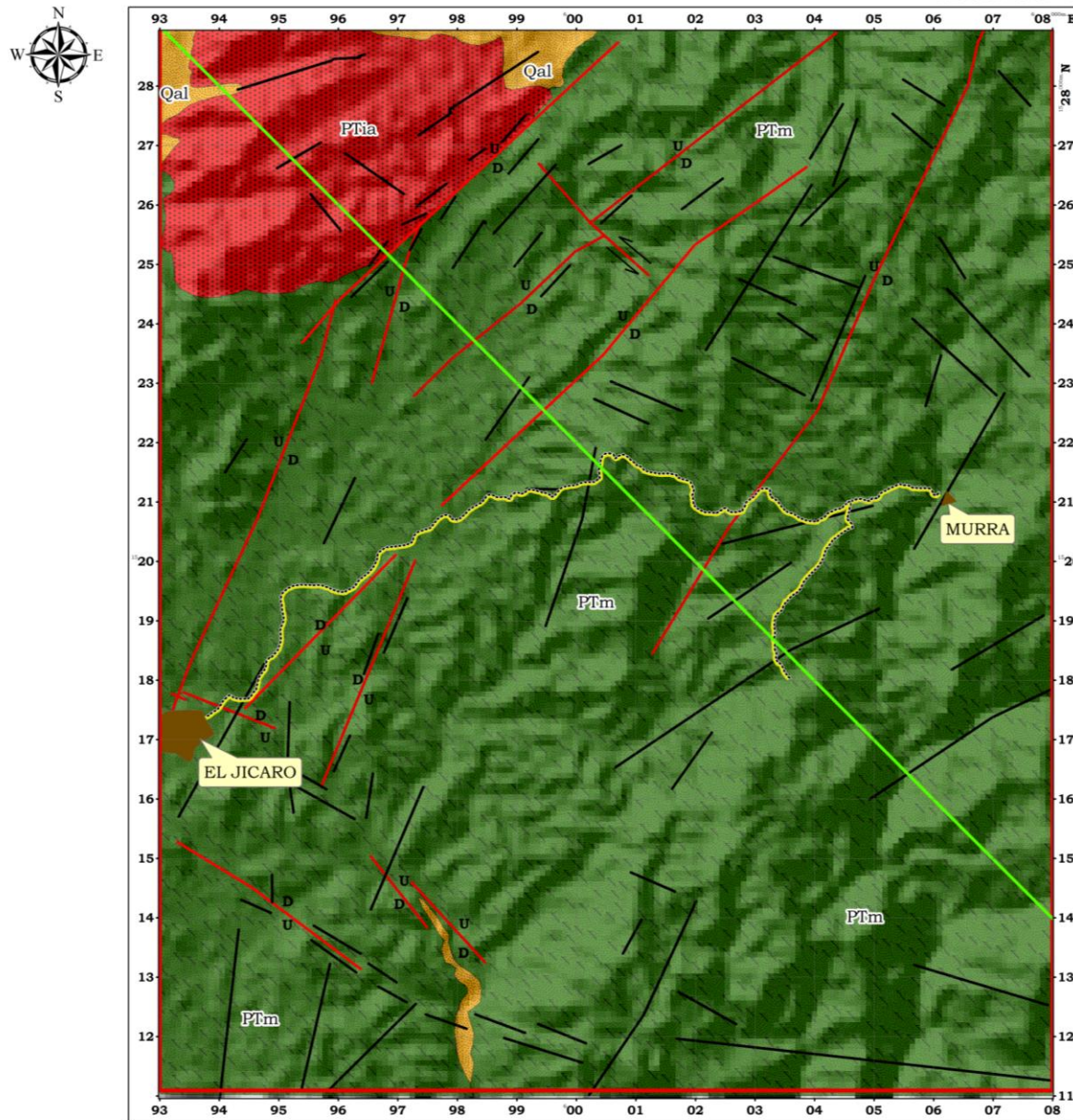
**ANEXO 5. Modelo de sombras.**



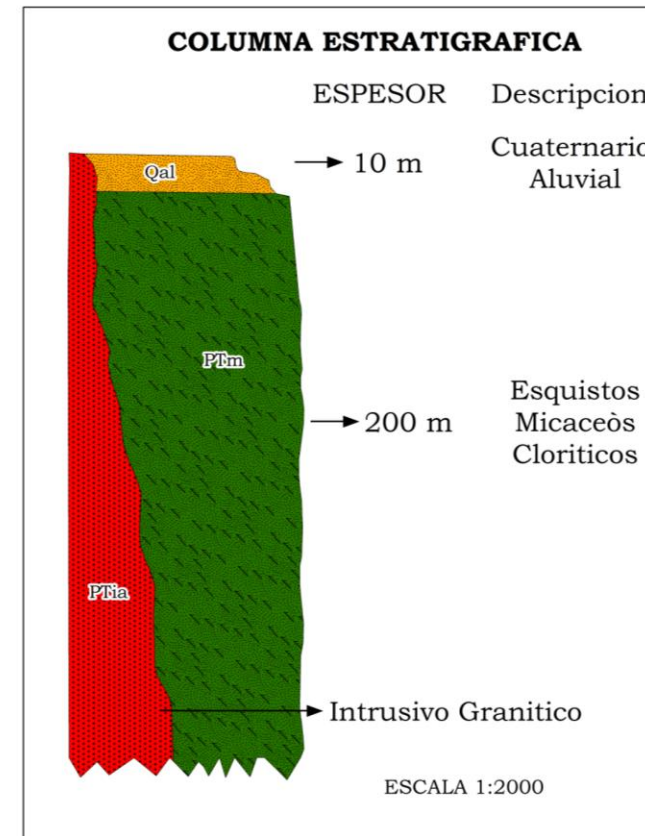
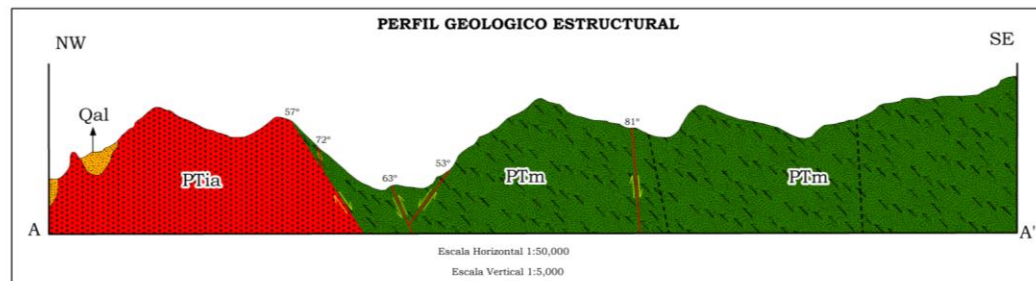
ANEXO 6. Mapa Geo-Estructural

**MAPA GEO-ESTRUCTURAL  
(ZONA ESTE "CIUDAD SANDINO")**

HOJA 2957-II



Proyección transversal universal de Mercator  
Dato horizontal norteamericano de 1927  
Esferoide de Clarke de 1866



**LEYENDA**

<b>Estructuras</b>	<b>Litología</b>
— Fracturas Mayores	Qal: Cuaternario Aluvial
— Fallas (Normales e Inversas)	PTm: Paleozoico Terciario Metamórfico
— Transcurrente o Desgarre	PTia: Paleozoico Terciario Intrusivo Acido
<b>Simbología Convencional</b>	
□ Area	— Caminos
■ Ciudad	

<b>Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua Facultad de Ciencias e Ingenierías</b>		
Tutor: MSc. Gema Velazquez. Asesor: Ing. Edmundo Aguirre.	Actualización Cartográfica de la Parte Este de Ciudad Sandino, (2957-II)	
<b>Autores</b> Gessner Ulbert Grillo R. Daniel Yovanic Picado L.	Escala 1:50000	Proyección Transversal Mercator (UTM). Zona 16 Elipsoide WGS-84.