

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE GEOLOGIA

TRABAJO DE GRADUACIÓN



ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN ÁREA DE 9 KM², A
ESCALA 1:10,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA
LAS CAÑAS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ.

HUGO LEONARDO HERNÁNDEZ CAJAS

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2017

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN ÁREA DE 9 KM², A ESCALA
1:10,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS CAÑAS,
SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

HUGO LEONARDO HERNÁNDEZ CAJAS
CARNÉ 200740103

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
TÉCNICO UNIVERSITARIO EN GEOLOGÍA

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIO:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE DOCENTES:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquin Yoj
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR:	Ing. Geól. Luid Alfonso Laj Hún
SECRETARIA:	Ing. Geól. Patricia Muñoz Castro
VOCAL:	Ing. Geól. Luis Gustavo Chiquín Marroquín

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Geól. Bernnie Castillo Moeschler

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Luis Alfredo Godoy Morales

ASESOR:

Ing. Geól. Ricardo Enrique Milián de la Cruz

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-61/2017
20 de febrero de 2017


Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del Nivel Intermedio, del estudiante **HUGO LEONARDO HERNÁNDEZ CAJAS**, carné n°. **200740103**, titulado: **“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN ÁREA DE 9 km², A ESCALA 1:10,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS CAÑAS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geól. Ricardo Enrique Milián de la Cruz
Docente Asesor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-85/2017
10 de marzo de 2017

**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**
Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com


Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **HUGO LEONARDO HERNÁNDEZ CAJAS**, carné n°. **200740103**, titulado: **“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN ÁREA DE 9 km², A ESCALA 1:10,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS CAÑAS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geól. Luis Alfredo Godoy Morales
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE (CUNOR)
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
PBX: 79 566 600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-115/2017
18 de abril de 2017

Señores Miembros
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

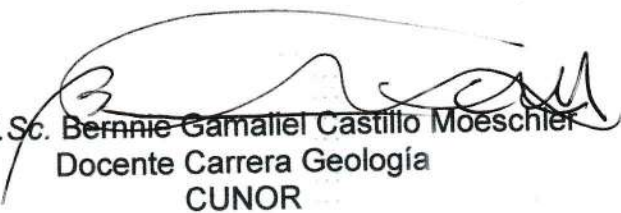
Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE UN ÁREA DE 9 km², A ESCALA 1:10,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS CAÑAS, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ”**, del estudiante **HUGO LEONARDO HERNÁNDEZ CAJAS**, carné n°. **200740103**, el cual ya fue revisado como miembro de la Comisión de Redacción y Estilo de la Carrera de Geología, quien considera llena los requisitos establecidos para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Comisión de Redacción y Estilo
Carrera Geología


Ing. M.Sc. Bernabe Gamaliel Castillo Moeschler
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: "Análisis estructural de un área de 9 km², a escala 1:10,000 en los alrededores de la aldea las Cañas, Salamá, Baja Verapaz", como requisito previo a optar al título profesional de Tecnico Universitario en Geología.



Hugo Leonardo Hernández Cajas
Carné 200740103

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: Del estudiante que opta al título, del asesor y del revisor; la Comisión de Redacción y Estilo de cada carrera, es la responsable de la estructura y la forma”.

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

AGRADECIMIENTOS A:

- DIOS:** Señor y creador de todo lo que existe.
- MIS PADRES Y HERMANO:** Por su apoyo incondicional y ejemplo en mi vida.
- MI NOVIA E HIJO:** Por ser la motivación para seguir adelante.
- MIS AMIGOS:** Por también ser parte de este logro.
- MIS COMPAÑEROS:** Con quienes he convivido momentos importantes de mi vida. Gracias por estar conmigo en las buenas y las malas
- A LOS HABITANTES DEL
ÁREA DE INVESTIGACIÓN:** Especialmente a Don Ruben Luna y familia por su apoyo y amistad brindada durante la realización de esta investigación.
- CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE:** Especialmente a la carrera de Geología.
- ASESOR Y DOCENTES DE
LA CARRERA DE
GEOLOGÍA:** Por su ayuda, apoyo y recomendaciones para la elaboración de este trabajo.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	ix
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1	Antecedentes del problema	03
1.2	Planteamiento del problema	05
1.3	Objetivos	06
	1.3.1 General	06
	1.3.2 Específicos	06
1.4	Hipótesis	06

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD PRACTICA

2.1	Localización geográfica	07
2.2	Vías de acceso	08
2.3	Geología regional	09
	2.3.1 Litostratigrafía	09
	a) Grupo Chuacús	10
	a) Grupo El Tambor (kt)	15
	2.3.2 Tectónica	16
	2.3.3 Geomorfología	21
	a) Hidrología	21
	b) Clima y vegetación	22
	c) Suelos	23
	d) Relieve	23

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Marco metodológico	25
3.1.1	Etapa de planificación	25
3.1.2	Etapa de campo	25
3.1.3	Etapa de laboratorio	26
3.1.4	Etapa de gabinete	27

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Unidades litodémicas	29
4.1.1	Unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita	29
4.1.2	Unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita	31
	a) Subunidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita y hornblenda	39
	b) Subunidad de gneis feldespático con granates	42
	c) Subunidad de cuarcita	45
4.1.3	Unidad de mármol	47
	a) Subunidad de mármol con moscovita	49
	b) Subunidad de mármol con anfibolita	52
4.1.4	Unidad de serpentinita	54
	b) Subunidad de eclogita	57
4.1.5	Unidad de anfibolita	60
4.1.6	Unidad de basalto	67
4.1.7	Unidad de coluvión	71
4.1.8	Unidad de aluvión	72
4.2	Geología estructural	73
4.2.1	Estructura del dominio frágil	73
	a) Diaclasas	73
	b) Fallas	74
	i. Fallas normales	75
	ii. Fallas inversas	76
	iii. Fallas dextrales	78
	iv. Fallas sinestrales	80
	c) Grietas de tensión	82
4.2.2	Estructuras del dominio dúctil	84
	a) Foliación S1	84
	b) Foliación S2	85

	c) Lineación mineral	86
	d) Pliegues	87
	e) Boudines	89
4.3	Geomorfología local	91
4.3.1	Unidad de origen denudacional	93
	a) Cresta (ct)	93
	b) Ladera media (lm)	93
	c) Ladera baja (lb)	94
	d) Planicie (pl)	95
4.3.2	Unidad de origen agradacional	95
	a) Depósitos aluviales activos	95
	b) Terrazas aluviales	96
	c) Subunidad de coluvión	97
4.3.3	Hidrología	97

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Unidades litodémicas	101
5.2	Análisis estructural	105
5.2.1	Dominio frágil	105
	a) Modelo estructural frágil 1	105
	b) Modelo estructural frágil 2	109
5.2.2	Dominio dúctil	111
	a) Modelo estructural dúctil 1	111
	b) Modelo estructural dúctil 2	112
5.3	Análisis de los modelos estructurales	113
CONCLUSIONES		115
	a) Generales	115
	b) Específicos	116
RECOMENDACIONES		119
BIBLIOGRAFÍA		121
ANEXOS		123

ÍNDICE DE CUADROS

1	Contenido mineralógico de gneis feldespático con moscovita	35
2	Contenido mineralógico de bandas de anfibolita	36
3	Contenido mineralógico de subunidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita y hornblenda	39
4	Contenido mineralógico de subunidad de gneis feldespático con granates	42
5	Contenido mineralógico de subunidad de cuarcita	45
6	Contenido mineralógico de subunidad de mármol con moscovita	48
7	Contenido mineralógico de subunidad de mármol con anfibolita	52
8	Contenido mineralógico de unidad de serpentinita	55
9	Contenido mineralógico de unidad de anfibolita	62
10	Contenido mineralógico de subunidad de gneis moscovítico	65
11	Contenido mineralógico de unidad de basalto	69
12	Dirección de fallas normales medidas en campo y dirección promedio de familias	75
13	Dirección de fallas inversas medidas en campo y dirección promedio de familias	77
14	Dirección de fallas dextrales medidas en campo y dirección promedio de familias	79
15	Dirección de fallas sinestrales medidas en campo y dirección promedio de familias	81
16	Rango de valores de las pendientes en grados y su clasificación	92

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Mapa de ubicación del área	07
2	Vías de acceso	09
3	Modelo teórico de la falla del motagua	15
4	Tectónica de Guatemala	17
5	Dirección preferencial de diaclasas medidas dentro del área de investigación	74
6	Fallas normales identificadas en el área de estudio	76
7	Fallas inversas identificadas en el área de estudio	78
8	Fallas dextrales identificadas en el área de estudio	80
9	Fallas sinestrales identificadas en el área de estudio	82
10	Orientación preferencial de grietas de tensión identificadas dentro del área de investigación	84

11	Polos de direcciones de foliación s1, identificados dentro del área de investigación	85
12	Polos de direcciones de foliación s2, identificados dentro del área de investigación	86
13	Dirección de lineaciones minerales, identificadas dentro del área de Investigación	87
14	Dirección de ejes de pliegues, identificados dentro del área de investigación	89
15	Dirección de ejes de boudines, identificados dentro del área de Investigación	91
16	Mapa de pendientes, las Cañas, Salamá	92
17	Mapa de patrones de drenaje	98
18	Mapa geomorfológico, las Cañas, Salamá	99
19	Columna litodémica local	101
20	Modelo de deformación teórico	106
21	Modelo estructural frágil 1	107
22	Modelo estructural frágil 2	109
23	Modelo estructural dúctil 1	111
24	Modelo estructural dúctil 2	113

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Gneis cuarzo feldespático con biotita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 786031, norte: 1650369	30
2	Gneis cuarzo feldespático con biotita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 786588, norte: 1650940	30
3	Gneis cuarzo feldespático con biotita	31
4	Gneis cuarzo feldespático con moscovita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 784332, norte: 1650762	32
5	Gneis cuarzo feldespático con moscovita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 784112, norte: 1650609	33
6	Gneis cuarzo feldespático con moscovita (lc-01)	34
7	Gneis cuarzo feldespático con moscovita (lc-01)	34
8	Anfibolita con moscovita (lc-02)	37
9	Anfibolita con moscovita (lc-02)	37
10	Gneis cuarzo feldespático con moscovita con hornblenda (lc-03)	40
11	Gneis cuarzo feldespático con moscovita con hornblenda (lc-03)	40
12	Gneis feldespático con granate (lc-04)	43
13	Gneis feldespático con granate (lc-04)	43
14	Cuarcita (lc-05)	46

15	Cuarcita (lc-05)	46
16	Mármol, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 7841320, norte: 1649528	48
17	Mármol (lc-06)	49
18	Mármol con moscovita (lc-07)	50
19	Mármol con anfibolita (lc-08)	53
20	Serpentinita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785909, norte: 1649071	54
21	Serpentinita (lc-09)	56
22	Serpentinita (lc-09)	56
23	Eclogita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785861, norte: 1649031	58
24	Cristales de hornblenda remplazados por actinolita	59
25	Matriz de onfacita, en muestra de eclogita	59
26	Cristales de cordierita dentro de matriz de onfacita	60
27	Anfibolita, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785160, norte: 1648975	61
28	Anfibolita (lc-10)	62
29	Anfibolita (lc-10)	63
30	Gneis moscovítico, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785129, norte: 1648917	65
31	Gneis moscovítico (lc-11)	66
32	Gneis moscovítico (lc-11)	66
33	Basalto, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785132, norte: 1649300	69
34	Basalto (lc-11)	70
35	Basalto (lc-11)	70
36	Coluvión, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 786500, norte: 1648300	71
37	Aluvión, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785925, norte: 1649882	72
38	Terrazas aluviales, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 784716, norte: 1649497	73
39	Grietas de tensión, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 785390, norte: 1650268	83
40	Pliegue, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 786035, norte: 1650761	88
41	Boudines, localizados en las coordenadas UTM: 15p este: 785085, norte: 1649848	90
42	Cresta, localizada en las coordenadas UTM: 15p este: 786613, norte:	

	1648673	93
43	Ladera media, localizada en las coordenadas UTM: 15p este: 786324, norte: 1649145	94
44	Ladera baja, localizada en las coordenadas UTM: 15p este: 784209, norte: 1650053	94
45	Planicie, localizada en las coordenadas UTM: 15p este: 784209, norte: 1650053	95
46	Aluvión, localizada en las coordenadas UTM: 15p este: 784209, norte: 1650053	96
47	Terrazas aluviales, localizado en las coordenadas UTM: 15p este: 784716, norte: 1649497	97

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

a	Anfibolita
Act	Actinolita
Anf	Anfíboles
Arc	Minerales Arcillosos
Bt	Biotita
CA	Carretera al Atlántico
Ca	Calcita
Cl	Clorita
Cn	Cianita
Ct	Cresta
Dip	Buzamiento
Dir	Dirección
E	Este
Ep	Epidota
Fd	Feldespato
Gcfb	Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita
Gcfm	Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
Gr	Granate
gt	Grieta de Tensión
Hrb	Hornblenda
IGN	Instituto Geográfico Nacional
Inguat	Instituto Guatemalteco de Turismo
K-Ar	Potasio - Argón
Km	Kilometro
Kps	Peridoditas Serpentinizadas
Kt	Grupo Tambor
Lb	Ladera baja
LC	Las Cañas
Lm	Ladera media
m	Metro
Mbm	Mármol
MEM	Ministerio de Energía y Minas

Msc	Moscovita
msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Norte
NE	Noreste
NW	Noroeste
OI	Olivino
Onf	Onfacita
Op	Minerales Opacos
Pcfb	Gneis Cuarzo-Feldespático-Biotita
Peg	Esquistos Granatíferos
Pgcfm	Gneis Cuarzo-Feldespato-Microclina
Pgcm	Gneis Cuarzo-Mica
Pgf	Gneis Feldespático
Pgma	Gneis Migmatítico-Anfibolita
PI	Plagioclasas
PI	Planicie
PPL	Luz Polarizada Plana
Qal	Aluvión
Qba	Basalto
Qcol	Coluvión
Qz	Cuarzo
RN	Ruta Nacional
S	Sur
SE	Sureste
Sp	Serpentinita
SW	Suroeste
T.A.	Terraza Aluvial
Tal	Talco
TFC	Trabajo Final de Campo
UTM	Universal Transversal de Mercator
XPL	Luz polarizada cruzada
W	Oeste

RESUMEN

En el presente informe se presentan los resultados obtenidos del mapeo geológico realizado al Sureste de la hoja El Chol denominado Análisis estructural de un área de 9 Km², cartografiados a escala 1:10 000 en los alrededores de la aldea las Cañas, Salamá, Baja Verapaz.

Con base a la textura, color y mineralogía, se definieron ocho unidades litodémicas de manera informal que se denominaron: unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita (Gcfb), unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita (Gcfm), unidad de mármol (Mbm), unidad de serpentinita (Ks), unidad de basalto (Qba), unidad de coluvión (Qcol) y unidad de aluvión (Qal).

El área se encuentra polideformada, se observaron, midieron y describieron estructuras geológicas tales como foliación S1, foliación S2, lineación mineral, ejes de pliegues, ejes de boudines, fallas, grietas de tensión y diaclasas. Con base a la dirección y geometría de estas estructuras se establecieron cuatro modelos de deformación local, dos para el dominio frágil y dos para el dominio dúctil.

Los modelos estructurales para el dominio frágil presentan: el primero una cinemática sinistral, la cual concuerda con el movimiento de la zona de falla del Motagua, el cual se puede atribuir a una variación de la traza principal y el segundo con movimiento dextral opuesto a la misma, posiblemente una falla Ridel antitética.

Estos modelos exhiben una dinámica, modelo 1 Sigmas: σ_1 N093°, σ_3 N008° y Modelo 2 Sigmas: σ_1 N323°, σ_3 N232°.

Para el dominio dúctil el primer modelo exhibe un movimiento E-W, mientras que el segundo presenta una cinemática sinistral, con una dinámica: Modelo 1 Sigmas: σ_1 N352°, σ_3 N262° y Modelo 2 Sigmas: σ_1 N052°, σ_3 N262°.

En cuanto a la geomorfología se observaron geoformas como crestas, laderas medias, laderas bajas y planicies. Su hidrología está determinada por patrones de drenaje subparalelos al N, mientras que al S se observan del tipo dentrítico.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una síntesis de los resultados obtenidos del estudio denominado Análisis estructural de un área de 9 km², cartografiados a escala 1:10 000 en los alrededores de la aldea las Cañas, Salamá, Baja Verapaz.

Este informe expone la planificación y aspectos técnicos apoyados en trabajos previos realizados en los alrededores del área de investigación, así como durante la etapa de investigación de campo.

El fin principal de dicha investigación, fue describir y analizar la geología estructural, unidades litodémicas y geomorfología presente dentro del área de investigación.

A continuación, se dan a conocer los objetivos, metodología, técnicas y resultados de este trabajo el cual contiene rasgos estructurales, litológicos, geomorfológicos, cartográficos del área, con el fin de detallar, caracterizar y actualizar la geología local.

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

Existen diversidad de investigaciones de carácter geológico que se han realizado dentro y los alrededores del área en estudio, siendo en su mayoría a nivel regional, enfocadas al estudio litológico y estructural, dentro de los que podemos mencionar los estudios de Van den Boom (1 972) Thomas Donelly (1 990) basado en las publicaciones de Sapper (1 937), McBirney (1 963), y Sutter (1 979).

Otros estudios fueron realizados por Jaime Requena (1 999), Luis Chiquín (2 001), Mauricio Chiquín (2 003), Cesar Valdez (2 004), Fernando Ortega Gutiérrez (2 004), Carlos Ortega Obregón (2 005), Juanangel Díaz (2 005) y Erick Noé Cacao (2 005).

Estos autores coinciden en describir la litología del Grupo Chuacús en su mayor parte con rocas metamórficas: gneises, esquistos micáceos y filitas, estrechamente asociadas con serpentinitas, esquistos cloríticos y talcosos dentro de las serpentinitas; esquisto de cuarzo-albita-epidota-moscovita-clorita, esquisto de cuarzo-albita-epidota-moscovita-biotita-clorita, esquisto de cuarzo-albita-epidota-moscovita-biotita-granate.

Así mismo identificaron esquisto de cuarzo-albita-epidota-biotita-hornblenda-granate, gneis de estaurolita-cianita-almandino, migmatitas de microclina-albita-epidota-clorita esquistos moscovítico-granatífero +/- clorita, esquistos de granate y distena, esquistos de granate y biotita,

anfíbolitas de granate y biotita, cuarcitas con distena, gneis feldespático, gneis migmatítico-anfíbolita, gneis cuarzo feldespático, esquisto granatífero.

También se describieron gneis cuarzo feldespático-biotita y gneis de cuarzo-mica del Paleozoico Inferior o más antiguas; gneis cuarzo feldespático (paragénesis) y migmatíticos. Se observó una secuencia bandeada y localmente migmatizada y replegada de mica-esquistos, cuarcitas, mármoles y anfíbolitas.

Estudios más recientes para la obtención del grado Técnico en Geología dentro del área y adyacente a la misma nos brindan la siguiente información.

Juanangel Díaz (2 005)¹, en su Trabajo Final de Campo (TFC), realizado dentro del perímetro de investigación indica que el área se encuentra polideformada, encontrando pliegues a pequeña escala dentro de gneis con un eje en sentido E-W. Así mismo se observa dentro de bloques de anfíbolitas crenulación bien marcada.

La foliación presenta en su mayoría una orientación N235°, misma que presentan la mayoría de lineaciones minerales, principalmente en los Gneis.

Las fracturas observadas presentan tres orientaciones preferenciales: NE-SW, E-W y NW-SE. De la misma manera Díaz indica que ha inferido fallas de rumbo a través de dos lineaciones mayores que atraviesan el área de E a W.

¹ Juanangel Díaz. *Cartografiado geológico a los alrededores de las Cañas, Salamá, Baja Verapaz*. Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, 2 005.

Cesar Valdez (2 004)², en su TFC realizado al E del área en estudio indica que los pliegues varían en diferentes zonas del área, van desde centímetros hasta metros, en los cuales se observa una crenulación con una orientación hacia el NE-SW. La foliación tiene una orientación preferencial de N369°.

Las fallas mayores son de tipo inverso y tienen una orientación NE-SW, mientras que las fallas normales y de rumbo se orientan N-S. El patrón de fracturamiento se encuentra orientado NW-SE y es de primer orden, con una componente NE-SW. La zona de anfibolita es la más afectada.

Erick N. Cacao (2 005)³, en su TFC realizado al SE del área en estudio indica que los pliegues de pequeñas dimensiones se observan en el gneis cuarzo biotita (Gcb) y unidad gneis cuarzo feldespático y anfibolita son isoclinales y se orientan sus ejes al SE en su mayoría. Al S de esta última unidad dentro de un cuerpo de anfibolita se observa el desarrollo de pliegues tipo chevron bien marcados con inmersión de sus ejes al S.

Las mineralizaciones y lineaciones de blastos tienen una dirección preferencial N224° con inmersión de 38° al SW. Las foliaciones de plano axial, para las unidades al N del bloque ofiolítico, tienen una tendencia N319°/51°SW. Se observa gran cantidad de escarpes con orientación N-S en la parte N, mientras que en la parte E con orientación NNE-SSE.

Otro claro indicio de fracturamiento y tectonismo es la presencia de aguas termales cercanas a la confluencia de la quebrada el Ratón y Río Cimarrón.

² Cesar Gabriel Valdez Soto, *Levantamiento geológico en los alrededores de la aldea Las Vigas, Salamá, Baja Verapaz*. Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, 2 005.

³ Cacao Chiquín, Erick Noe. *Cartografía geológica en los alrededores de la Comunidad la Canoa, municipio de Salamá, Baja Verapaz*. Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte, Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala, 2 005.

1.2 Planteamiento del problema

¿Cuál es la cinemática y dinámica de las estructuras del dominio frágil que presentan las rocas aflorantes en un área de 9km² en los alrededores de la aldea Las Cañas, Salamá, Baja Verapaz?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Analizar la geología de las estructuras del dominio frágil presentes en las rocas aflorantes en un área de 9 Km² en los alrededores de la aldea las Cañas, Salamá, Baja Verapaz.

1.3.2 Específicos

- a) Determinar la geometría de las diversas estructuras geológicas del dominio frágil presentes en las rocas aflorantes dentro del área de estudio.
- b) Definir la dinámica de los esfuerzos principales con base a la cinemática y geometría de las estructuras.
- c) Proponer un modelo estructural del área de estudio en función de la dinámica de las estructuras.

1.4 Hipótesis

Las estructuras del dominio frágil presentes en las unidades litológicas aflorantes en el área de Las Cañas al SE de Salamá Baja Verapaz, son producto del arreglo de esfuerzos tectónicos, de la zona de falla del Motagua, según modelo de Rumbo Sinistral.

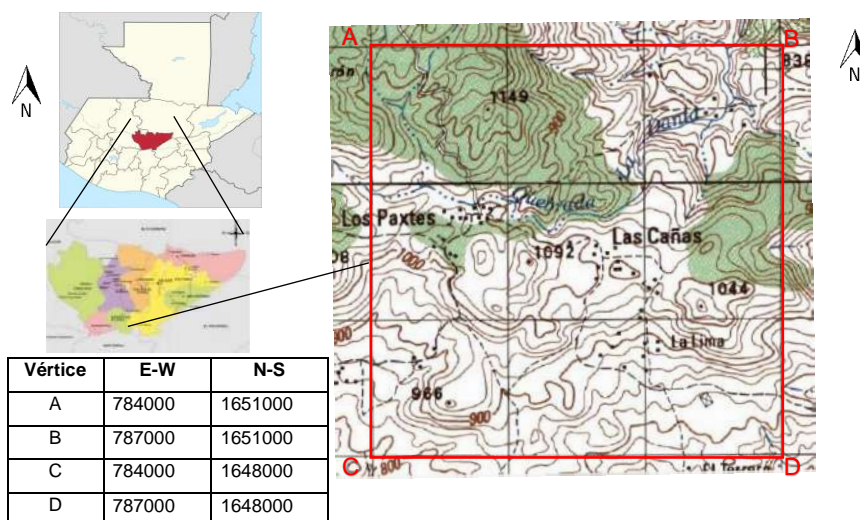
CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización geográfica

Guatemala territorial y administrativamente está dividido en 22 departamentos, dentro de los cuales se encuentra Baja Verapaz, localizado al N del país. Este departamento se subdivide en ocho municipios, dentro de los cuales se encuentra Salamá, el cual es su cabecera departamental.

Geográficamente el área en estudio se encuentra localizada al SE del municipio de Salamá. Comprende las aldeas Los Paxtes, Las Cañas, La Lima y Estancia Grande. Así mismo se ubica al SE de la hoja topográfica escala 1:50 000 serie 2061 IV El Chol del Instituto Geográfico Nacional (IGN), bajo las coordenadas siguientes: (Figura 1).

**FIGURA 1
MAPA DE UBICACIÓN DEL ÁREA**



Fuente: Elaboración propia. Año 2 016. Modificado de la Hoja Topográfica escala 1:50,000 (Datum WGS84), serie 2062 IV El Chol del IGN, 1 999.

2.2 Vías de acceso

Al área en estudio se puede acceder de tres maneras distintas:

Desde Cobán Alta Verapaz, se debe de tomar la Carretera CA-14 hasta el cruce de la cumbre de Santa Elena (Asfaltada, 80 Km). Desde ese punto, se debe de cruzar por la RN-05 hacia Salamá (Asfaltada, 8 Km). De Salamá, se busca la Carretera que conduce a la Ciudad de Guatemala vía Chinautla (más conocida como la Canoa) hasta llegar a la aldea Llano Grande (Asfaltada, 27.5 Km). De Llano Grande se busca la Carretera que conduce a la aldea Los Paxtes (terracería, 6 Km). Figura 2A.

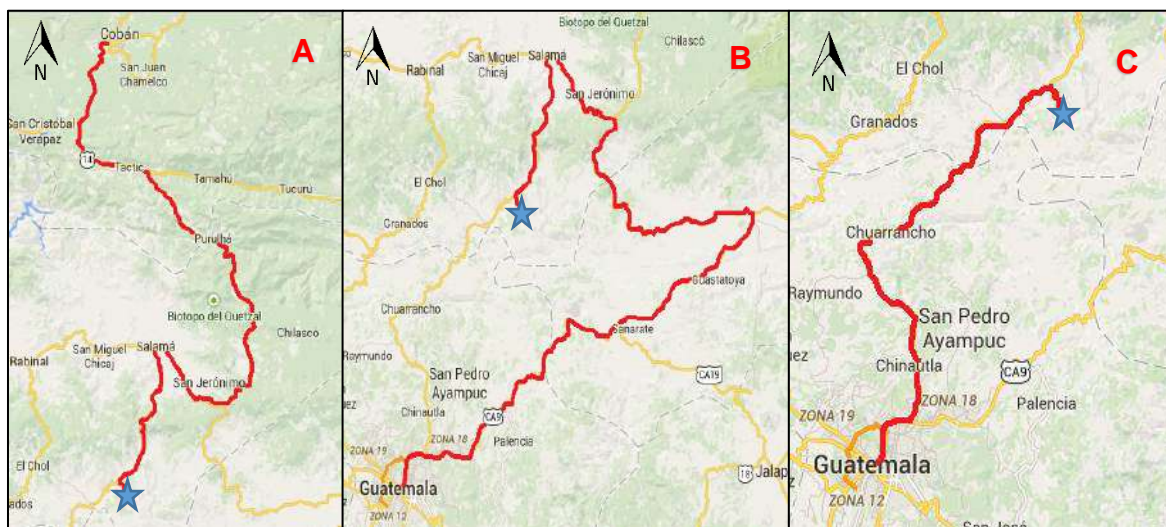
Desde el departamento de Guatemala, se puede acceder de dos formas.

Se puede tomar la Carretera CA-09 hasta llegar al Cruce del Rancho (Asfaltada, 100 Km). Luego, se debe tomar la CA-14 hasta llegar al cruce la Cumbre de Santa Elena (Asfaltada, 47 Km). Desde este punto se debe de seguir hacia Salamá, posteriormente hacia la aldea Llano Grande y luego hacia la aldea Los Paxtes. Figura 2B.

También se puede acceder por medio de la Carretera que conduce de la ciudad capital hacia Salamá, Baja Verapaz vía Chinautla (conocida como la Canoa) hasta llegar a la aldea Llano Grande (Asfalto/Terracería, 92.5 Km). De Llano Grande se busca la carretera que conduce a la aldea Los Paxtes (terracería, 6 Km). Figura 2C. Esta carretera puede ser transitada únicamente en verano con vehículo de doble tracción, debido a que el puente que cruzaba el Río Motagua, fue destruido durante el paso de la tormenta Agatha, en mayo del 2 010⁴.

⁴ Municipalidad de Salamá. *Reconstrucción del puente de la Canoa*, 2 014. <http://munisalama.gob.gt/content/reconstruccion-del-puente-de-la-canoa>, 01 de abril del año 2 017.

**FIGURA 2
VÍAS DE ACCESO**



★ Área de Investigación. — Recorrido.

Fuente: Google Maps. Año 2 016.

2.3 Geología regional

2.3.1 Litostratigrafía

Las unidades litológicas regionales corresponden a rocas metamórficas del Grupo Chuacús y los Cuerpos Ofiolíticos del Grupo el Tambor.

Los estudios más recientes publicados son GEOLOGÍA DEL CUADRÁNGULO DE LA HOJA SALAMÁ (Jaime E. Requena F., 1 999) y MAPEO GEOLÓGICO DE SUPERFICIE DEL CUADRÁNGULO GRANADOS, ESCALA 1:50 000 (Sergio Moran, Luis Chiquín y Jaime Requena, 2 001), los cuales litológicamente describen las siguientes unidades:

a) Grupo Chuacús

Requena (2 001)⁵ las clasifica en 3 grupos:

Esquistos granatíferos: Los esquistos de esta unidad son de granate-muscovita, algunas veces se observan intercalados con granate-anfibolita y granate-cuarcitas. Presentan una asociación mineralógica de granate, biotita, mica blanca, hornblenda, ¿epidota?, albita, cuarzo y clorita alrededor de los granates.

La presencia de clorita en estas rocas ha sido atribuida al intenso cizallamiento y metamorfismo retrógrado de la última deformación. La textura de las rocas es porfiroblástica, con granates entre una matriz granoblástica, fuertemente crenulada.

Esquistos y gneis de biotita: Esta unidad la componen principalmente esquistos y gneises, pero también ocurren anfibolitas, cuarcitas y muy pocos mármoles. Afloran en una franja paralela al lado N de la Sierra de Chuacús y en la aldea El Cacao.

Mineralógicamente presentan cuarzo, biotita, clorita, plagioclasas, ¿epidota? Y ocasionalmente turmalina. Ocurren porfiroblastos de cuarzo y feldespato altamente equigranulares en una masa de mica blanca y cuarzo granulado.

Mármol y Anfibolitas: Una intercalación de mármoles, anfibolitas y esquistos micáceos puede apreciarse al S de Rabinal, pero ellos parecen estar alineados sobre la falla inversa

⁵ Jaime Requena. *Geología del Cuadrángulo de la Hoja Salamá*. Dirección General de Investigación. CUNOR-USAC. Cobán 1 999.

que pone en contacto al Grupo Chuacús sobre el Grupo Sana Rosa.

El mármol presenta coloraciones grises, blancas y verdosas, estas últimas posiblemente a su contaminación con la lixiviación de las anfibolitas. Mineralógicamente está compuesto casi enteramente por calcita gruesamente cristalina y poca tremolita. Las anfibolitas son de grano grueso ocurren interestratificadas con los mármoles principalmente al S de Rabinal.

No muestran marcada foliación, pero en algunos casos están plegadas y están constituidas principalmente por hornblenda y muy pocas plagioclasas.

Moran et. Al. (2 001)⁶ las clasifico en seis grupos siendo estos:

Gneis feldespático (Pgf): Está constituida principalmente de capas feldespáticas y en menor proporción de anfibolitas, cuarcitas y pegmatitas. El espesor de las capas varía desde pocos centímetros hasta un m.

A las capas feldespáticas macroscópicamente se les observa feldespato, cuarzo y mica blanca, formando una masa de color blanco a rosado, de grano fino y de estructura masiva, donde los minerales tienen una orientación arbitraria. El color rosado, puede deberse a la presencia de feldespato potásico (ortosa).

Las anfibolitas se observan en capas de espesor variable entre 75 cm a un metro. Estas rocas son de color verde oscuro y

⁶ Luis Chiquín. Et. Al., *Mapeo Geológico De Superficie Del Cuadrángulo Granados, Escala 1:50 000*. Dirección General de Investigación CUNOR-USAC Guatemala 2 001.

se presenta en bandas constituidas por cristales (0.5 mm a 4 mm de largo) de hornblenda y plagioclasas, además se observan diseminados pirita o calcopirita.

Las capas de cuarcitas se encuentran asociadas a las capas feldespáticas y su espesor regularmente es inferior a los 50 cm. Algunas pegmatitas simples de cuarzo-feldespato y mica, se encuentran interfoliadas dentro de este cuerpo rocoso. Su espesor varía entre 75 cm a 1 m.

Gneis migmatítico-anfibolita (Pgma): La unidad la conforman anfibolitas, gneises de cuarzo-mica, esquistos biotíticos, augen gneis y ¿granulitas?. Las anfibolitas constituidas por hornblenda, feldespatos, gránulos de granate y diseminados de pirita. Los espesores de las capas de anfibolitas oscilan entre 0.75 cm a un m, masivas de color verde oscuro.

Dentro de la unidad existen esquistos biotíticos, que constituyen bandas con espesores que varían de 5 m a 6 m y de coloración negro-cafés. Los augen gneis, tienen cristales de feldespatos de 1 cm a 2 cm e incluso de 4.5 cm de longitud, levemente deformados y orientados dentro de una matriz de cuarzo y micas.

Gneis cuarzo-feldespato-microclina (Pgcfm): Macroscópicamente se observa cuarzo, feldespato y mica blanca dispuestas en bandas, las que forman un excelente bandeo composicional de 2 mm a 1 cm. El tamaño de los granos minerales varía de 1 mm a 4 mm, textura media-gruesa.

Dentro de esta unidad, ocurren cuerpos de roca que en superficie poseen aspecto elipsoidal de textura granoblástica con cristales tabulares de feldespatos de 1 cm a 3 cm de diámetro. Otras capas de roca que pueden ser observadas interestratificadas son cuarcitas, esquistos micáceos y esporádicamente capas de anfibolita de 0,70 m de espesor.

Esquistos granatíferos (Peg): Está compuesta de una serie de capas con distintos arreglos de esquistos fuertemente crenulados, cuarcitas, mármol y muy pocas capas de grafito y arcillas. Macroscópicamente se observan granates (hasta 3 cm de diámetro), mica blanca, cuarzo, feldespato, distena y clorita.

También se observan pegmatitas interfoliadas y cortando a los esquistos, al igual que las anteriores unidades. Las cuarcitas son de color amarillentas, de capas bien definidas y sus espesores van de centímetros hasta 2 m aproximadamente. Suelen contener láminas de mica blanca con aspecto de cuarcitas esquistosas o micáceas. Estas capas están más asociadas a capas de grafito.

El mármol presenta color blanco a gris, de 1 m a 3 m de espesor, de textura gruesa y en ciertas localidades con cierto contenido de mica blanca. Según las relaciones encontradas pueden existir por lo menos dos cuerpos interestratificados dentro de esta secuencia.

Gneis cuarzo-feldespático-biotita (Pcfb): Esta unidad consiste de un gneis de grano grueso con capas de anfibolita interfoliada. Muestra una buena interestratificación, debido por lo general a una alternancia de capas milimétricas a centimétricas de espesor

de mica biotítica y gruesas bandas de cuarzo y feldespato de unos 3 mm a 2 cm de espesor, con gradación entre ellos.

Gneis cuarzo-mica (Pgcm): Esta unidad engloba una serie de roca, determinando el contacto con la unidad anterior, la presencia de una capa de mármol que puede ser reconocida y localizada en campo.

Un cuerpo de mármol de textura gruesa, color blanco a gris y de 50 m a 60 m de espesor, se encuentra interestratificado dentro de esta unidad. Después del mármol se encuentran rocas de gneis de cuarzo y mica. Estos poseen un bandeado milimétrico constituidos de biotita y cuarzo.

Los restantes cambios consisten en la presencia de esquistos muscovíticos con nódulos de feldespatos de 0.5 cm, los cuales forman una foliación anastomosada. Otras variaciones dentro de esta unidad, consisten de esquistos muscovíticos y cuarcitas interestratificadas.

La diferencia existente entre la unidad de gneis cuarzo-feldespático y gneis cuarzo-feldespato-biotita, radica en la presencia del cuarzo de mármol en la segunda, estando ausente en el primero y presencia de abundante mica blanca (muscovita) en el gneis cuarzo-feldespático con mica negra (biotita) en el segundo.

b) Grupo El Tambor (Kt)

El Grupo El Tambor⁷ aflora a lo largo del valle del Motagua, formando una franja que se extiende con una dirección E-W y como cuerpos cabalgantes tanto al N como al S del río Motagua.

Las rocas que componen este grupo pertenece a un complejo ofiolítico, compuesto por peridotitas serpentinizadas, anfibolitas, *pillow lavas*, ¿chert radiolárico?, lutitas y calizas fosilíferas/marmolizadas.

Este complejo ofiolítico cabalga sobre el Grupo Chuacús, que posteriormente ha sido afectado por fallas Sinestrales con dirección E-W, perteneciente al sistema de la falla del Motagua.

Por razones cartográficas Chiquín⁸ dividió el complejo ofiolítico en dos subunidades: Unidad de Peridotitas Serpentinizadas y Lutitas-Calizas, siendo la primera la de interés para esta investigación.

Unidad de peridotitas serpentinizadas (Kps): Se ha nombrado así, a una franja de Peridotitas Serpentinizadas que se extiende a lo largo del valle del río Motagua y ciertos cuerpos esparcidos cabalgantes, que se localizan a ambos lados del mismo río. Dentro de esta unidad pueden encontrarse algunas rocas consistentes en Anfibolitas y posiblemente Eclogitas.

⁷ Maurico Chiquín Yoj. *Geología del Cuadrángulo El Progreso*. Dirección General de Investigación. CUNOR-USAC. Cobán, Alta Verapaz, 2 003.

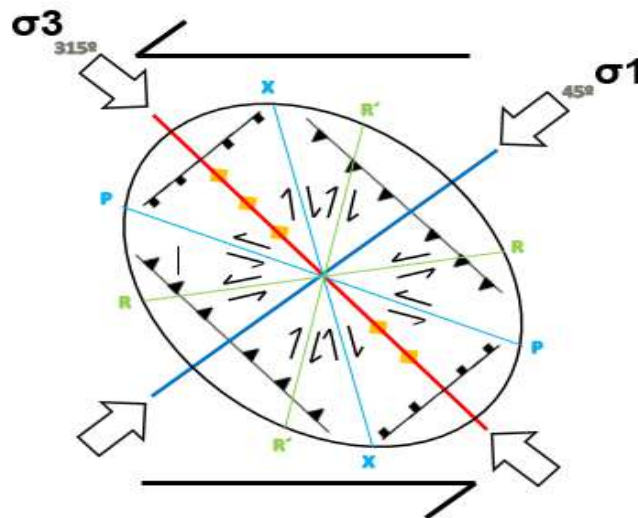
⁸ Luis Chiquín. Et. Al., *Mapeo Geológico De Superficie Del Cuadrángulo Granados, Escala 1:50 000*. Dirección General de Investigación CUNOR-USAC Guatemala 2 001.

Millán (1 979)⁹ sugiere que los sedimentos del Grupo Chuacús fueron formados probablemente en el Devónico o Paleozoico inferior, a partir de rocas derivadas de la masa de tierra Precámbrica situada al N del área de deposición que después del proceso metamórfico ha sufrido un gran proceso de erosión desde el Terciario.

2.3.2 Tectónica

El área en estudio se encuentra aproximadamente a dos kilómetros al N de la falla del Motagua. Esta zona se caracteriza por formar un juego de fallas de rumbo, que se encuentran sísmicamente activas, siendo estas Chixoy-Polochic y Motagua, Con dirección E–W y E-NE (Figura 3).

FIGURA 3
MODELO TEÓRICO DE LA FALLA DEL MOTAGUA



Fuente: Modificado de: Ken McClay. The mapping of geological structures.
Traducción: Ing. Geol. Mauricio Chiquín Yoj. 2 010.

⁹ Millan, S M. (Comp.) *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala. Norte y Centro.* Guatemala: Usac/Cunor., 1 985. (Traducción Libre Mauricio Chiquín Yoj)

Salamá y el Granito Rabinal con las rocas de alto grado del Complejo Chuacús.

A pesar de que el cizallamiento pueda afectar amplios intervalos en ambos lados, los contactos de dichas zonas pueden ser establecidos con un ancho de 9 a 10 kilómetro aproximadamente.

Morán (2 001)¹¹ en su investigación al cuadrángulo Granados indica que las foliaciones desarrolladas en las rocas que afloran en el sitio de estudio pertenecen a la pizarrosa, crenulada, esquistosa y de plano axial. La presencia de una foliación S1, es desarrollada tanto en Filitas del Complejo Ofiolítico y las Filitas San Diego.

En el caso de las primeras, no tienen una orientación preferencial, pero las segundas tienen una orientación de N208°/31°SW, formando una estructura monoclinal.

Los pliegues observados son de diversos tamaños y formas entre los que se identificaron: Al NW un mega pliegue volcado con plano axial 45°/N220°. Al W pliegues normales con una orientación preferencial del su eje 19°/N125°. Pliegues recumbentes abundantes en el gneis migmatítico, anfibolitas y gneis feldespático con orientación de sus ejes 50°/N226°.

También se observaron pliegues tipo chevron de pequeños tamaños (10 cm a 50 cm) con dos orientaciones preferenciales 31°/N230° y 61°/N300° siendo esta última la más desarrollada. Pliegues asimétricos parásitos con morfología de S, Z, M con dimensiones centimétricas.

¹¹ Luis Chiquín. Et. Al., *Mapeo Geológico De Superficie Del Cuadrángulo Granados*, Escala 1:50 000. Dirección General de Investigación CUNOR-USAC Guatemala 2 001.

Las lineaciones de minerales desarrollan dos orientaciones bien definidas, la más común $35^{\circ}/N143^{\circ}$; y $40^{\circ}/N230^{\circ}$. Su desarrollo se restringe a ciertas zonas. El patrón generalizado de fracturamiento muestra dos tendencias bien definidas: $N10^{\circ}W$ y $N45^{\circ}E$, y un patrón subordinado orientado $N70^{\circ}W$.

Los planos de las fallas normales poseen direcciones que varían entre $N35^{\circ}-45^{\circ}E$. Estas son las que cortan a las rocas metamórficas y ofiolitas en las localidades de Concuá, Ixchel, Plan de Manzo, y a las tobas en Chipastor. Otras fallas normales, observadas en depósitos aluvionales cerca de Pachalum, poseen dos orientaciones: $60^{\circ}/N145^{\circ}$ y $70^{\circ}/N326^{\circ}$, los cuales formaron planos conjugados, algunas evidenciaron desarrollo sinsedimentario.

Fallas inversas suelen tener una orientación de $50^{\circ}/N200^{\circ}$, con componente sinistral; fallas de tipo cabalgamiento son los que limitan a las ofiolitas con el grupo Chuacús.

Ortega (2 005)¹² refiere que, a escala regional, la foliación S1 (independiente de la morfología) en rocas graníticas y rocas meta sedimentarias de la secuencia Salamá en el área tiene una orientación media principal de 60° al 188° (NW) de 100 datos analizados. La lineación por estiramiento de cuarzo buza en general al SW con un ángulo promedio de 40° .

Los indicadores cinemáticos en afloramiento analizados en los planos paralelos a la lineación de estiramiento y perpendiculares a la

¹² Carlos Ortega Obregón, *Caracterización estructural, petrológica y geoquímica de la zona de cizalla "Baja Verapaz"*, Guatemala México 2 005

foliación indicaron en la gran mayoría de los casos un sentido de transporte por cabalgamiento hacia el NNE.

En la zona de cizalla Baja Verapaz se desarrollaron diferentes tipos de indicadores cinemáticos con un sentido de movimiento hacia el NE.

A escala de afloramiento se han observado entre otros: pliegues de arrastre en las filitas cortados por la reactivación de la foliación, imbricación de bloques separados por estructuras frágiles dentro del granito, clastos dentro del conglomerado con desarrollo de alas de deformación (objetos σ), así como el desarrollo de bandas de clivaje C (clivaje S/C).

En todos los indicadores del sentido de cizalla en afloramiento se observó la misma dirección de transporte (NE).

El metamorfismo más reciente determinado con el método K–Ar es de alrededor de 66 M.A. por lo que MacBirney y Bass (1969), suponen que el Grupo Chuacús podría tener una edad de 1075 millones de años, y es probable que el primer metamorfismo haya ocurrido en el Devónico Superior simultáneo al emplazamiento del Granito Rabinal.

El último evento metamórfico hace suponer un simple calentamiento acontecido en el Cretácico Superior o Terciario Temprano, aproximadamente 75 M.A.

2.3.3 Geomorfología

a) Hidrología

Según el Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología – INSIVUMEH-, desde el punto de vista hidrológico, el territorio de Guatemala, se puede dividir en tres grandes vertientes de acuerdo al punto donde desembocan finalmente todos los ríos que atraviesan y/o nacen en el territorio nacional.

Estas vertientes son: Vertiente del pacifico, Vertiente del Golfo de México y Vertiente del Atlántico o vertiente del mar de las Antillas, siendo esta ultima la que abarca el área de interés.

Vertiente del Atlántico: La longitud de los ríos es mucho mayor e incluye al río más lardo del País, el Rio Motagua con 486.55 Km. Las pendientes son más suaves y su desarrollo es menos brusco, ya que en la parte montañosa los ríos hacen sus recorriendo en grandes barrancas o cañones.

Las crecidas son de mayor duración y los tiempos de propagación son también mayores. Los caudales son más constantes durante todo el año. Parte del área de esta vertiente tiene muy baja pluviosidad, 500 mm/anuales mientras que, en la zona de Puerto Barrios y Morales, la pluviosidad alcanza hasta 3 500 mm/anuales.

El patrón de drenaje es subdendrítico y subparalelo afectado por las estructuras geológicas, por lo que las corrientes del flanco S drenan hacia el río Motagua y las del lado N hacia el río Negro o Chixoy.

b) Clima y vegetación

Aldo Cuc (2 009)¹³, en su trabajo denominado DIAGNÓSTICO SOCIOECONÓMICO, POTENCIALIDADES PRODUCTIVAS Y PROPUESTAS DE INVERSIÓN, realizado en el Municipio de Salamá, Baja Verapaz expone que el municipio se encuentra a una altura de 940 msnm, el clima es variado, en el N es frío, en el centro templado y al S es cálido.

Se encuentran dos estaciones así: verano (noviembre a mayo), donde el clima es paradisíaco dominado por un cálido sol en el cielo; invierno (junio a octubre) donde la vegetación se ve más verde debido a las lluvias.

Según registros meteorológicos, la precipitación pluvial anual promedio es de 750 mm, el promedio de lluvias de 103 días, la temperatura media es de 20.9 °C, la máxima de 38.0 °C y la mínima de 0.2 °C. La humedad relativa media es de 70.9 % y la máxima es de 100 %.

El número de horas de sol al año es de 2 333.3. Los vientos predominantes son del E y su velocidad media de 5.0 Km/hora con máximos hasta de 29.5 Km/hora.

Según el website Mapas de Guatemala¹⁴, la vegetación dentro del departamento de Baja Verapaz cuenta con árboles de

¹³ Aldo Brandini Cuc Pérez. *Diagnostico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión*. Facultad de Ciencias Economicas – Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala (2 009)

¹⁴ Mapas de Guatemala. *Baja Verapaz, 2 014*. <http://mapasdeguatemala.com/mdg/destinos/verapaces/baja-verapaz/>. 01 de abril del año 2 017.

pino ciprés, pinabete y ahuehuete, cedro, caoba, gran variedad de legumbres, frutas y plantas medicinales.

Según información de los habitantes del área la flora presente en el lugar es: Bosque Natural, conformado por: pino encino, roble, conacaste (este último muy escaso). Los cultivos de la región son: maíz, frijol, maicillo, jamaica y en menor cantidad flor de izote y loroco.

c) Suelos

Los suelos existentes son poco profundos y se encuentran asociados a pendientes escarpadas y abruptas, lo que favorece la erosión. En el departamento de Baja Verapaz predominan los Suelos de Altiplanicie Central según Simmons¹⁵ (1 959).

Estos suelos se derivan de rocas metamórficas tales como esquistos y gneises, producto de la meteorización. Estos suelos son de color café grisáceo y poseen una textura franco arenosa, con espesores de 0.1 m a 0.3 m.

d) Relieve

El Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-¹⁶ divide a Guatemala en 11 provincias fisiográficas las cuales son: Llanura Costera del Caribe, Cinturón Plegado del Lacandón, Plataforma de Yucatán, Planicie baja interior de El Petén, Tierras Altas Sedimentarias, Depresión del Lago de

¹⁵ Charles S. Simmons. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. Ministerio de Agricultura. Instituto Agropecuario Nacional. Guatemala 1 959.

¹⁶ Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-. *Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000 -Memoria Técnica-*. Unidad de Políticas e información estratégica (UPIE-MAGA); Programa de emergencia por desastres naturales (MAGA-BID). Guatemala (2 001).

Izabal, Depresión del Motagua, Tierras Altas Cristalinas, Cadena Volcánica, Pendiente Volcánica Reciente y Llanura Costera del Pacífico.

El área de interés pertenece a lo considerado como Tierras Altas Cristalinas, que corresponden a una franja de rocas metamórficas que atraviesan el País de E a W, específicamente a la subregión Sierra de Chuacús.

I. Subregión Sierra de Chuacús: dentro de esta subregión se encuentra el Gran Paisaje, Sierra de Chuacús, el cual constituye el eje central del país conjuntamente con la Sierra de las Minas, comprende la mayor parte del Departamento de Baja Verapaz, la parte S del Departamento de El Quiché y la parte NW del Departamento de El Progreso.

Esta unidad ocupa gran parte del territorio que se orienta de E a W, con una longitud de aproximadamente 100 Km de largo y 20 Km de ancho, siendo su máxima elevación el Cerro Tzimatzatz con 2 519 msnm, al SE de San Andrés Sajcabaja en Quiché, se distinguen también el Cerro Chimachó (2,04 msnm), al SW de Cubulco y el Cerro Balamguac con 2 441 msnm.

Esta unidad tiene valles profundos con laderas de fuerte pendiente. Las divisorias son angostas, su estructura es complicada por la presencia de pliegues y fallas.

CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Marco metodológico

Para la realización de este proyecto de investigación se ejecutaron 4 etapas las cuales se describen a continuación:

3.1.1 Etapa de planificación

Esta etapa consistió en la recopilación de información bibliográfica, la cual incluyó trabajos realizados, revistas geológicas, fotografías aéreas, mapas geológicos, mapas topográficos relacionados con el área de investigación, así mismo, información relacionada con la problemática propuesta (cinemática y dinámica, geología estructural).

También se incluyó dentro de esta etapa, una fase de reconocimiento del área con la cual se estableció la metodología utilizada en la etapa de campo, así como la solicitud de permisos con las autoridades locales.

3.1.2 Etapa de campo

Esta fue ejecutada del 07 de Junio al 30 de Julio del año 2016. Consistió en el levantamiento geológico de superficie, el cual se realizó con base a técnicas de mapeo por afloramientos y mapeo por caminamiento. Se ubicaron, describieron y midieron los principales rasgos litológicos y estructurales presentes en cada uno de los afloramientos.

En esta etapa se realizaron las siguientes actividades:

Se colectaron datos estructurales y litológicos. Se delimitaron contactos entre las unidades y se describieron las principales características como color, grado de meteorización y mineralogía. La ubicación fue determinada por medio de GPS, Datum WGS84, sistema de coordenadas UTM. Los datos fueron medidos con brújula tipo Brunton en sistema DIP/DIR. Se logró cubrir un 90 % del área de investigación.

Se generó el mapa base, el cual reflejó la relación de las unidades litológicas y estructuras geológicas presentes en el área de investigación, con base a los datos colectados en campo.

Se obtuvieron muestras representativas de las unidades litológicas existentes en el área, las cuales evidenciaron la similitud y diferencias existentes entre las mismas.

3.1.3 Etapa de laboratorio

Durante esta etapa, fueron seleccionadas las mejores muestras recolectadas durante la etapa anterior, las cuales fueron preparadas para su posterior análisis en microscopio petrográfico (corte, pegado y pulido). Posteriormente en el análisis se describió su textura y composición mineral, con base a lo cual fueron nombradas las unidades de roca.

En total se realizaron 12 secciones delgadas, con el propósito de describir ampliamente las diferentes intercalaciones existentes dentro de las unidades. También fue analizada una muestra por

medio de estereoscopio binocular debido a que esta unidad se encuentra altamente afectada por meteorización lo que dificultó la realización de sección delgada. Esta etapa se realizó en el laboratorio de Geología del Centro Universitario del Norte.

Una muestra de la subunidad de Eclogita, fue enviada al Laboratorio La Geo, en El Salvador para realizar el estudio de Sección delgada y Difracción de Rayos X (Anexo 03).

3.1.4 Etapa de gabinete

En esta etapa se compiló la información obtenida durante las 3 etapas anteriores, las cuales ayudaron a la generación de conclusiones.

Con base en el mapa que se generó en campo, el análisis de muestras en laboratorio, análisis e interpretación de datos estructurales y análisis de fotografías aéreas se obtuvieron los siguientes resultados:

- Informe técnico de la geología del área en estudio.
- Mapa geológico a escala 1:10 000 de los alrededores de la aldea Las Cañas, Salamá, Baja Verapaz (Anexo 01).
- Dos perfiles geológicos (Anexo 02).
- Cuatro modelos estructurales locales; correspondiendo dos para el dominio frágil y dos para el dominio dúctil.

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Unidades litodémicas

Las unidades litodémicas que afloran en el área fueron identificadas y clasificadas de manera informal con base a su contenido mineralógico, de la más antigua a la más reciente: unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita, unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita, unidad de mármol, unidad de serpentinita, unidad de anfibolita, unidad de basalto, unidad de coluvión y unidad de aluvión.

4.1.1 Unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita (Gcfb)

Aflora al NE del área en jurisdicción de los Caseríos El Cuje y Los Charcos. Su mejor exposición es dentro de la quebrada la Danta, con afloramientos de 1 m a 5 m, en las paredes de la misma (Fotografía 1). Abarca aproximadamente 0.7 km² cerca de 8 % del área de estudio (Anexo 1).

FOTOGRAFÍA 1
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON BIOTITA, LOCALIZADO
EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 786031, NORTE:
1650369



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Se desarrolla en una topografía con alturas de 740 msnm a 880 msnm y define un pequeño valle con pendientes medias (16° a 32°). Dentro de esta unidad se observa interfoliación de bandas que van desde unos pocos centímetros hasta 1 m de anfibolita y gneis cuarzo feldespato con moscovita (Fotografía 2).

FOTOGRAFÍA 2
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON BIOTITA, LOCALIZADO
EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 786588, NORTE:
1650940.



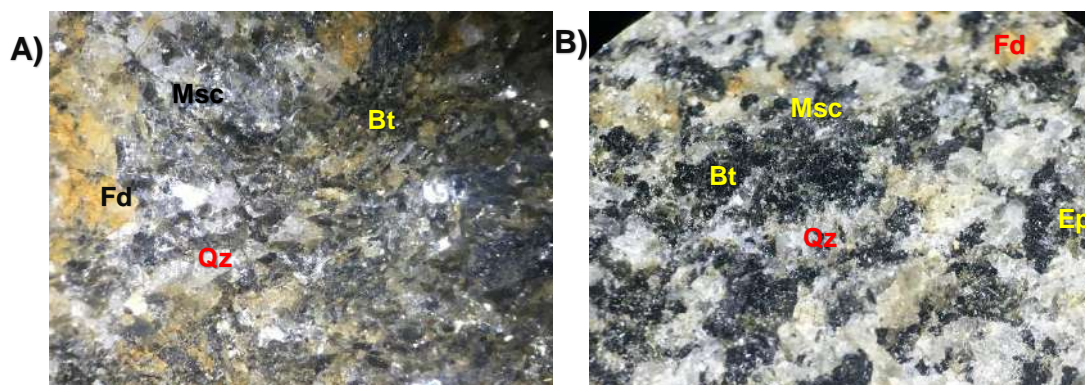
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Posee un contacto superior gradual con la unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita.

Macroscópicamente se identifica una textura granolepidoblástica, con grados de meteorización entre III-IV (no se pudo realizar sección delgada), de color blanco-negro, grano fino a medio.

Observada en estereoscopio binocular se determinó su contenido mineral constituido por cuarzo (30 %), biotita (25 %), feldespato (22 %), moscovita (17 %), óxidos de hierro (04 %) y epidota (02 %) (Fotografía 3).

FOTOGRAFÍA 3 GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON BIOTITA



A) y B) Vista en estereoscopio binocular con objeto 20x.

Msc=Moscovita; **Qz**=Cuarzo; **Bt**=Biotita; **Fd**=Feldespato; **Ep**=Epidota.

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

4.1.2 Unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita (Gcfm)

Esta unidad aflora en la parte N del área, abarcando aproximadamente 3.7 km² (39 % del área, Anexo 1). Se encuentra expuesta en los cerros Plan del Burro, Cimarrón y Plan del Limón, además en la aldea Los Paxtes y Caserío el Cuje.

Sus mejores exposiciones se ubican dentro del Plan del Burro y Quebrada La Danta, con afloramientos de entre 1 m a 5 m, en su mayoría cubiertos por vegetación (hojarasca y pino seco).

Su topografía consiste principalmente en pequeños cerros de forma sub-redondeada, de poca altura, la cual varía de 780 msnm a 1 160 msnm, con pendientes que van desde suaves a fuertemente escarpadas de 8° a 45°.

Se encuentra en contacto gradual al NE con la unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita. Al E se encuentra en contacto discordante con la unidad de basalto. Al S en contacto concordante con la unidad de mármol; mientras que con la unidad de serpentinita en contacto fallado inverso inferido.

En muestra de mano el gneis es de color blanco, con textura granolepidoblástica de grano medio, presenta un grado de meteorización entre II-III. Mineralógicamente está constituido de cuarzo, feldespato y moscovita. (Fotografía 4).

FOTOGRAFÍA 4
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA,
LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 784332,
NORTE 1650762



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Se encuentra interfoliado con capas oscuras de 0.1 m a 2 m que corresponden a anfibolita con moscovita la cual es de color verde oscuro con textura lepidoblástica, con un grado de meteorización que va de II a IV; principalmente se observan anfíboles, plagioclasas y moscovita. (Fotografía 5).

FOTOGRAFÍA 5
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA,
LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 784112
NORTE: 1650609

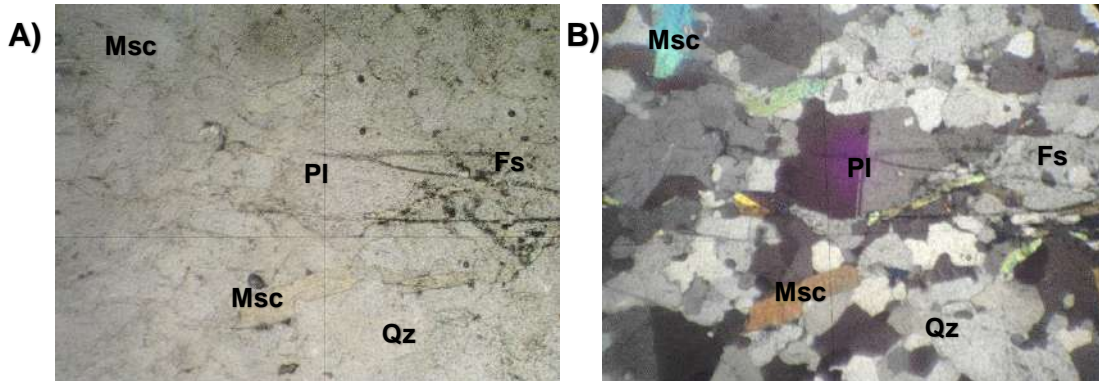


Gcfm=Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; **Anf**=Anfibolita
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Vista en microscopio petrográfico la roca presenta microtexturas lepidoblástica y poikiloblástica, cristales en su mayoría con formas que van desde subhedral a anhedral.

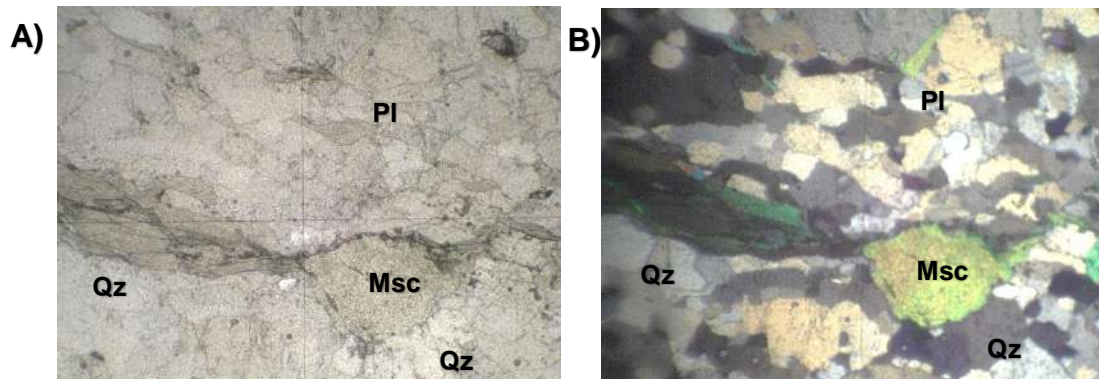
Las fotografías 6A y 7A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-01: gneis cuarzo feldespático con moscovita, en vista PPL, mientras que las fotografías 6B y 7B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 6
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA (LC-01)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **Pl**=Plagioclasa; **Qz**=Cuarzo; **Fs**=Feldespato.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 7
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA (LC-01)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **Pl**=Plagioclasa; **Qz**=Cuarzo; **Fs**=Feldespato.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Su contenido mineralógico y porcentaje de minerales se muestra en el cuadro 1.

CUADRO 1 CONTENIDO MINERALÓGICO DE GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-01	Cuarzo	50
	Moscovita	25
	Plagioclasas	15
	Feldespatos	10

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

Las características y detalles de los minerales vistos en microscopio se describen a continuación:

Presenta cuarzo (Qz, 50 %), el cual en vista PPL posee un relieve bajo, color beige. No presenta clivaje, ni pleocroísmo, con fracturas en algunos cristales. En vista XPL se observan cristales con formas de subhedral a anhedral. Exhibe colores de interferencia de primer orden que varían entre blanco, beige y negro. Denota extinción ondulante en algunos cristales.

Su contenido de moscovita (Msc, 25 %), en PPL presenta relieve bajo a medio, con pleocroísmo bajo con colores entre blanco y verde claro. Presenta un clivaje paralelo al borde del mineral. En XPL los cristales se presentan de forma subhedral, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja, con extinción recta.

También se observaron plagioclasas (PI, 15 %), que presentan en PPL un relieve bajo, con color blanco, no presenta pleocroísmo ni clivaje. En XPL se observan colores de primer orden (blanco-negro), forma de los cristales subhedral a anhedral. Algunos cristales presentan maclado polisintético. Con base al ángulo de extinción 63°

se clasifica como anortita, clasificación basada en el método de *Michel-Levy*.

Así mismo, exhibe feldespatos (Fs, 10 %), presentando en PPL un relieve bajo, de color beige, sin pleocroísmo. No presenta clivaje. En vista XPL se observan colores de primer orden (Blanco-Negro), forma de los cristales desde subhedral a anhedral.

Las bandas de anfibolita presentarán microtextura granolepidoblástica, con forma de los cristales subhedrales a anhedrales, con el siguiente contenido mineralógico (cuadro 2):

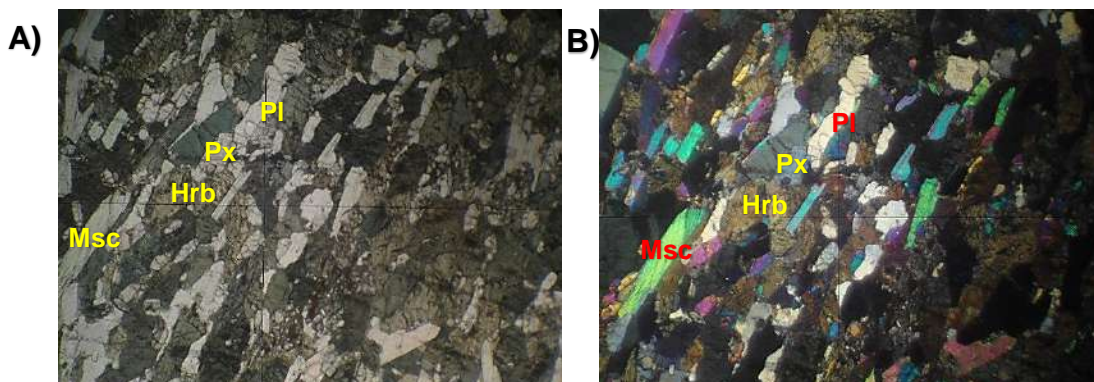
CUADRO 2 CONTENIDO MINERALÓGICO DE BANDAS DE ANFIBOLITA

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-02	Anfíboles	65
	Plagioclasas	21
	Moscovita	10
	Piroxenos	4

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

Las fotografías 8A y 9A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-02: anfibolita con moscovita, en vista PPL, mientras que las fotografías 8B y 9B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 8 ANFIBOLITA CON MOSCOVITA (LC-02)

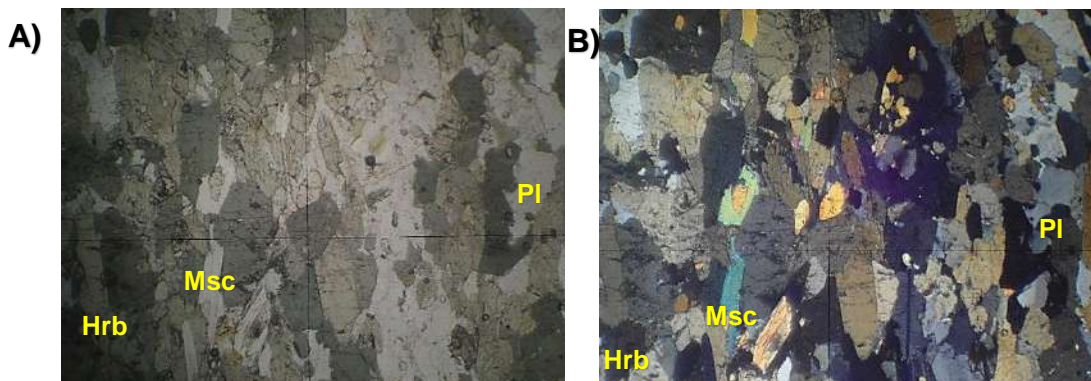


A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Px**=Piroxeno **Pl**=Plagioclasa

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 9 ANFIBOLITA CON MOSCOVITA (LC-02)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Pl**=Plagioclasa

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Las características de los minerales de esta unidad se describen a continuación:

Contiene anfíboles (Anf, 65 %), se observa en PPL un relieve medio, pleocroísmo en tonalidades verdosas y beige, con dos patrones de clivaje en 120° y 60° , con forma de los cristales de

subhedrales a anhedrales. En XPL presenta colores de interferencia en tonalidades verdosas y marrón (café claro).

Presenta plagioclasas (Pl, 21 %), las cuales muestran en PPL un relieve bajo, con color beige, no presenta pleocroísmo ni clivaje, mientras que en XPL se observan colores de interferencia de primer orden (Blanco-Negro), forma de los cristales subhedral a anhedral, la mayoría de los cristales presenta un maclado polisintético.

Presentan un ángulo de extinción promedio de 58° , clasificándolas como plagioclasas del tipo anortita (clasificación basada en el método de *Michel-Levy*)

Además, contiene moscovita (Msc, 10 %). Se observa en PPL, relieve bajo a medio, con pleocroísmo bajo, con colores entre blanco y verde claro. Presenta un clivaje paralelo al borde del mineral. En XPL los cristales presentan formas subhedrales, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja, con extinción recta. La mayoría de los cristales se presenta en forma tabular.

También se observaron piroxenos (Px, 4 %). En vista PPL presenta un relieve medio, sin pleocroísmo, clivaje a 90° , con forma de los cristales subhedral, mientras que en XPL colores de interferencia entre Verde-amarillo-azul-naranja, lo que indica que es un clinopiroxeno.

Dentro de esta unidad existen variaciones mineralogías bien definidas, con espesores menores a 1 m las cuales pueden definirse como subunidades de la siguiente manera:

a) Subunidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita y hornblenda

Esta subunidad se distingue por la presencia de porfiroblastos de hornblenda. Sus características macroscópicas son: Color blanco, textura granoporfidolepidoblástica, grano medio, meteorización II. Con presencia de minerales de cuarzo, feldespato, moscovita y hornblenda.

Los minerales distinguidos en sección delgada se muestran en el cuadro 3.

CUADRO 3
CONTENIDO MINERALÓGICO DE SUBUNIDAD DE GNEIS
CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA Y HORNBLENDA

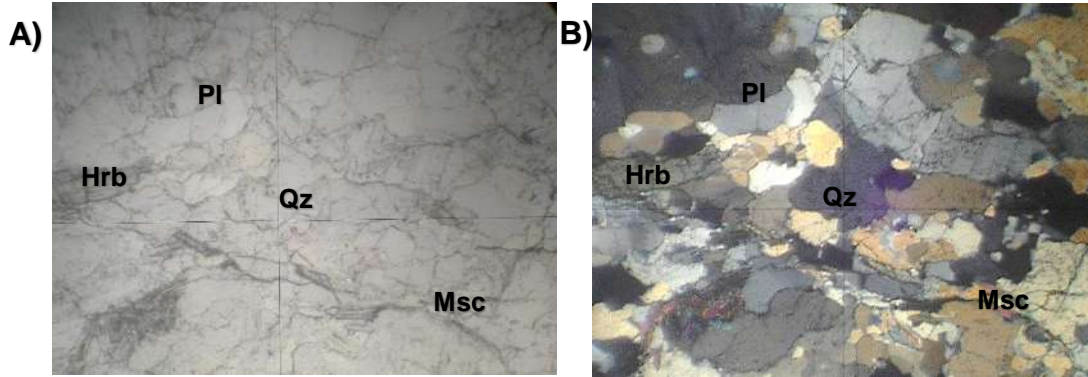
Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-03	Cuarzo	50
	Plagioclasas	20
	Moscovita	15
	Hornblenda	10
	Feldespatos	5

Fuente: Investigación de Laboratorio, 2 016.

Visto al microscopio presenta las microtexturas lepidoporfidoblástica y poikiloblástica con formas de los cristales subhedrales a anhedrales.

Las fotografías 10A y 11A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-03: gneis cuarzo feldespático moscovita y hornblenda, en vista PPL, mientras que las fotografías 10B y 11B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 10
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA Y
HORNBLENDA (LC-03)

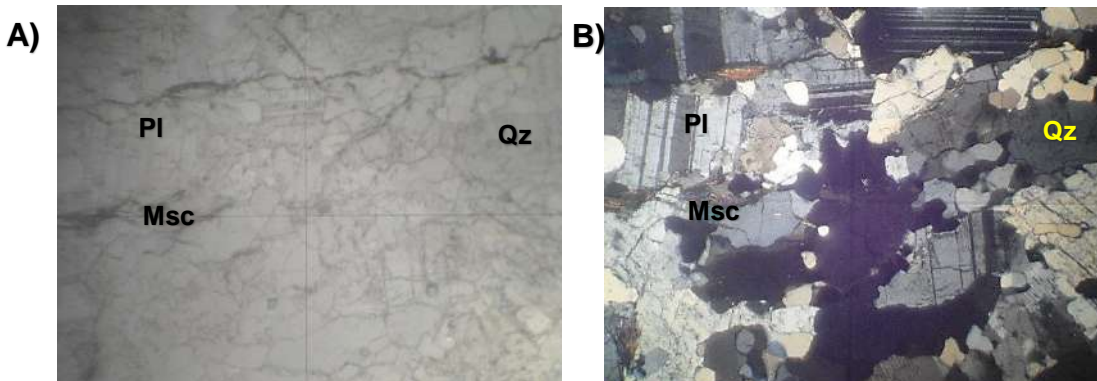


A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **PI**=Plagioclasa.

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 11
GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA Y
HORNBLENDA (LC-03)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Qz**=Cuarzo; **PI**=Plagioclasa.

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Las características de los minerales se describen a continuación:

Presenta cuarzo (Qz, 50 %), en PPL no se observa pleocroísmo, es de color blanco, relieve bajo, sin clivaje, algunos

cristales presentan fracturas. En XPL Se observan cristales con formas que van desde subhedral hasta anhedral, con colores de interferencia de primer orden (blanco-beige-negro), algunos cristales presentan bordes suturados.

Contiene plagioclasas (Pl, 20 %). En PPL muestra un relieve bajo, de color beige, no presenta pleocroísmo ni clivaje. En XPL se observan colores de interferencia de primer orden (blanco-negro), forma de los cristales subhedral a anhedral, con maclado polisintético. Presenta un ángulo de extinción promedio de 61° clasificándolas como plagioclasas del tipo anortita (clasificación basada en el método de *Michel-Levy*)

También se observó moscovita (Msc, 15 %), en PPL, muestra relieve bajo a medio, colores: blanco y verde claro, con pleocroísmo bajo. En XPL los cristales presentan formas subhedral, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-amarillo-naranja.

Además, contiene hornblenda (Hrb, 10 %), la cual presenta en PPL relieve medio, con pleocroísmo alto, colores que varían en tonalidades verdosas, clivaje en enrejado de 60° y 120° . En XPL se observa un color pardo a verde de segundo orden, cristales subhedrales, con ángulo de extinción promedio de 22° .

También presenta feldespato (Fs, 5%). En PPL se observa un relieve bajo, con color blanco, sin pleocroísmo. No presenta clivaje. En XPL presenta colores de primer orden (blanco-negro), forma de los cristales desde subhedral a anhedral.

b) Subunidad de gneis feldespático con granates

Macroscópicamente es de color blanco, grano medio, meteorización III-IV, con contenido mineral de cuarzo feldespato y en menor cantidad de moscovita y granates de aproximadamente 1 mm de diámetro.

Microscópicamente presenta microtexturas granolepidoporfidoblástica y poikiloblástica, con formas de los cristales anhedral a subhedral. La composición mineralógica de esta subunidad se muestra en el cuadro 4.

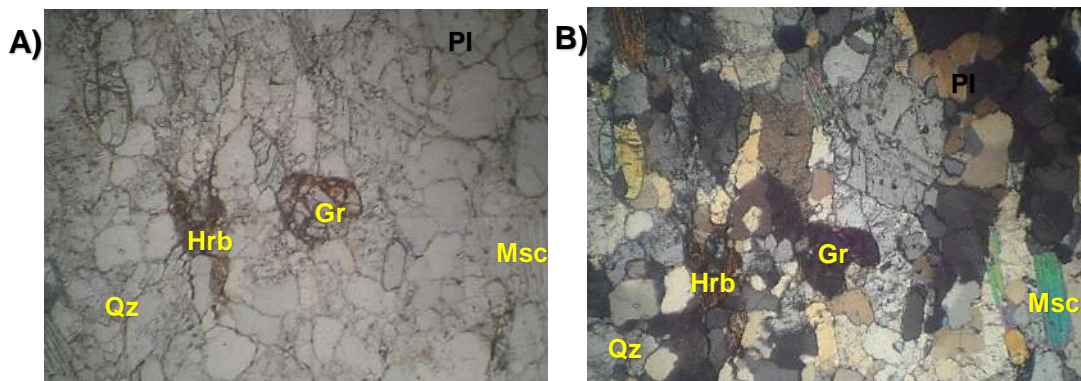
CUADRO 4
CONTENIDO MINERALÓGICO DE SUBUNIDAD DE GNEIS
FELDESPÁTICO CON GRANATES

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-04	Plagioclasas	40
	Cuarzo	18
	Moscovita	18
	Granate	8
	Piroxeno	2
	Hornblenda	2

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

Las fotografías 12A y 13A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-04: gneis feldespático con granates, en vista PPL, mientras que las fotografías 12B y 13B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 12 GNEIS FELDESPÁTICO CON GRANATE (LC-04)

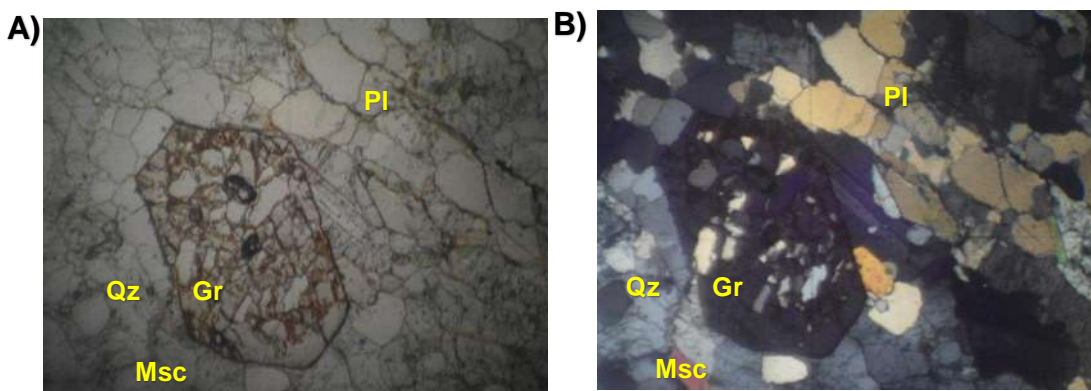


A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **PI**=Plagioclasa; **Gr**=Granate.

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 13 GNEIS FELDESPÁTICO CON GRANATES (LC-04)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **PI**=Plagioclasa; **Gr**=Granate.

Tomada por: Hugo Hernández. 2,016.

Las características de los minerales se describen a continuación:

Su contenido de plagioclasas (PI, 40 %), en PPL presenta un relieve bajo, de color beige, no presenta pleocroísmo. En XPL presenta colores de interferencia de primer orden (blanco-negro),

forma de los cristales subhedral a anhedral, la mayoría de los cristales exhiben un maclado polisintético.

Presenta un ángulo de interferencia promedio de 60° clasificándolas como plagioclasas del tipo anortita (clasificación basada en el método de *Michel-Levy*).

Presenta cuarzo (Qz, 18 %), en PPL exhiba un relieve bajo, color beige, sin clivaje, no presenta pleocroísmo, con fracturas en algunos cristales, mientras que en XPL se observan cristales con formas que van desde subhedral hasta anhedral, con colores de interferencia de primer orden (blanco-beige-negro), con extinción ondulante en algunos cristales.

También contiene moscovita (Msc, 18 %), la cual en PPL presenta un relieve bajo a medio, con pleocroísmo bajo con colores entre blanco y verde claro. Presenta un clivaje paralelo al borde del mineral. En XPL los cristales exhiben formas subhedrales, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja. La mayoría de los cristales se presenta en forma tabular.

Así mismo, presenta granate (Gr, 8 %). En PPL se observa un relieve alto, fracturas irregulares dentro de los cristales, incoloro, con inclusiones de otros minerales. No presenta clivaje. En XPL es de color opaco.

Contiene piroxeno (Px, 2 %), exhibe en PPL un relieve medio, con clivaje a 90° , con forma de los cristales de subhedral a anhedral, no presenta pleocroísmo, mientras que en XPL se observan colores de interferencia que varían entre beige-gris-blanco, que lo clasifica como un ortopiroxeno.

Además, se observó Hornblenda (Hrb, 2%), en PPL se observa relieve medio, con pleocroísmo en colores verdosos y beige, clivaje entre 60° y 120° , forma de los cristales de subhedral a anhedral. En XPL presenta colores de interferencia en tonalidades verdosas, con ángulo de extinción promedio de 23° .

c) Subunidad de cuarcita

Esta subunidad aflora al N del área, principalmente se observan estas bandas de cuarcita en los afloramientos ubicados en el cerro Plan del Burro.

Macroscópicamente presenta coloración entre naranja y blanco, con meteorización grado II, altamente fracturada.

Microscópicamente se observa dentro de la sección una microtextura granoblástica, con cristales en su mayoría con formas que van desde subhedral a anhedral. Su contenido mineral se muestra en el cuadro 5.

CUADRO 5
CONTENIDO MINERALÓGICO DE SUBUNIDAD DE CUARCITA

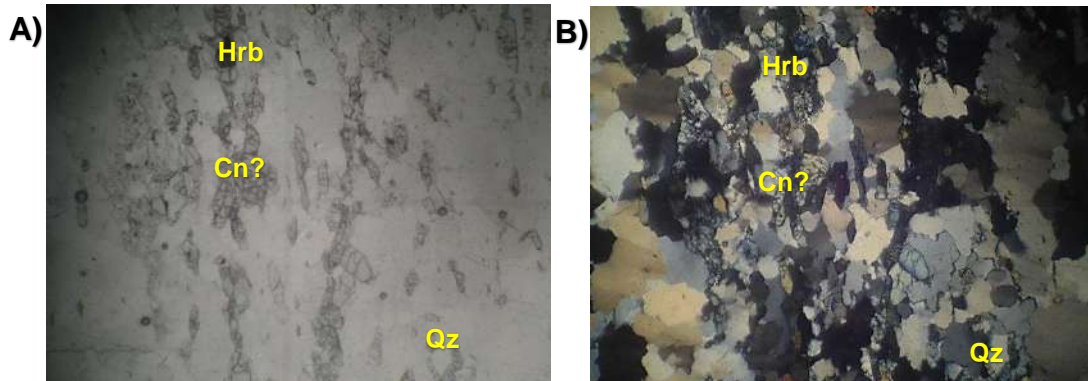
Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-05	Cuarzo	85
	Cianita	12
	Moscovita	2
	Hornblenda	1

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

Las fotografías 14A y 15A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-05: cuarcita, en vista PPL,

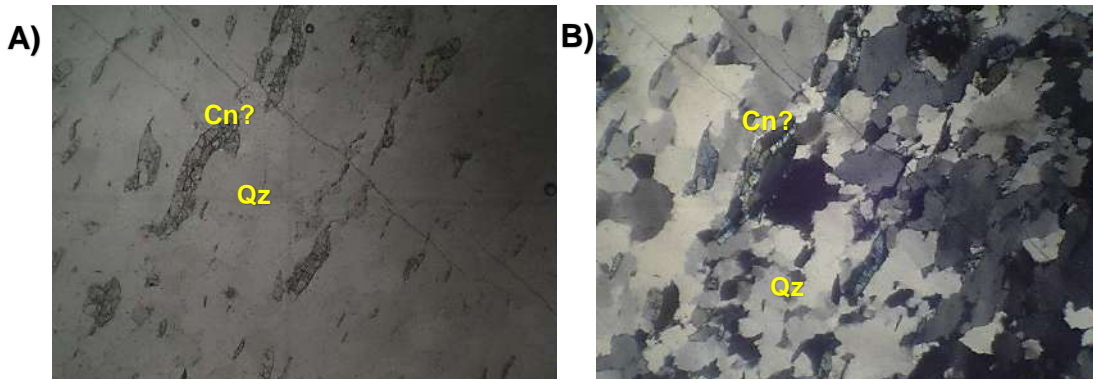
mientras que las fotografías 14B y 15B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 14 CUARCITA (LC-05)



A) Vista en XPL. B) Vista en PPL
Hrb=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **Cn?**=Cianita
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 15 CUARCITA (LC-05)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Hrb=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **Cn?**=Cianita
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Las características ópticas de los minerales se presentan a continuación.

Contiene cuarzo (Qz, 85 %), el cual en PPL presenta relieve bajo, color beige, sin clivaje, no presenta pleocroísmo. En XPL se observan cristales con formas de subhedral hasta anhedral, con colores de interferencia de primer orden (blanco-beige-negro), con bordes entre los cristales suturados, lo que evidencia deformación.

También se observó ¿Cianita? (Cn, 12 %). En vista PPL se distingue un relieve alto, incoloro, sin pleocroísmo, mientras que en XPL se observan colores de primer orden (Celeste-amarillo), cristales alargados con formas de subhedral a anhedral. Los cristales presentan fracturamiento penetrativo. Presenta un ángulo de extinción aproximado de 32°.

Presenta moscovita (Msc, 2 %), se observa en PPL un relieve bajo a medio, con pleocroísmo bajo con colores entre blanco y verde claro. En XPL los cristales presentan formas subhedrales, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja.

Además, contiene Hornblenda (Hrb, 1 %), presenta en PPL un relieve medio, con pleocroísmo alto, colores verdosos, clivaje enrejado, (120°-60°) mientras que en XPL exhibe colores de Pardo a verde de segundo orden y cristales en formas subhedrales.

4.1.3 Unidad de mármol (Mbm)

Esta unidad aflora al SW de la aldea Los Paxtes en la carretera que comunica con la aldea Estancia Grande, su mejor exposición es en los alrededores de la Hacienda Los Paxtes con afloramientos de 1 m a 5 m de espesor (Fotografía 16).

FOTOGRAFÍA 16
MÁRMOL, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 784320, NORTE: 1649528.



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Abarca 0.16 Km² cerca de 2 % del área de estudio (Anexo 1), aflora como una banda de 770 m de largo y 220 m de ancho. Desarrollando una topografía con cotas que van de 980 msnm a 1 060 msnm y pendientes suaves (12° a 16°).

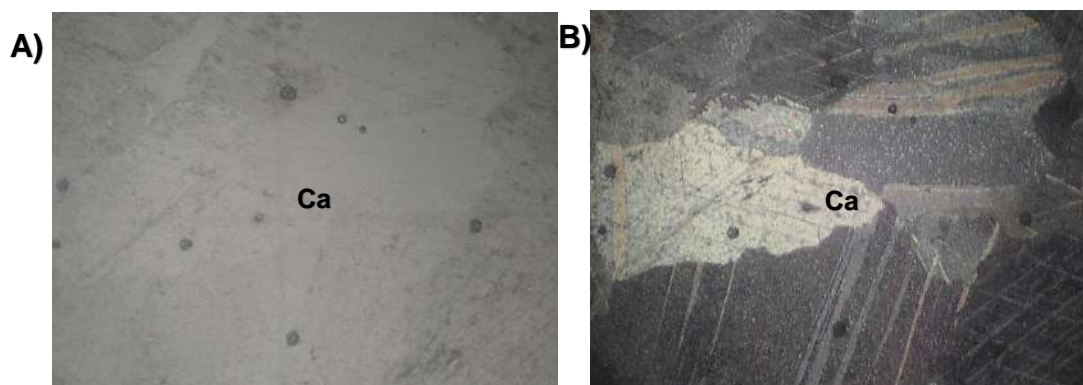
En muestra de mano se observa una textura granoblástica, de color banco-gris claro; con grano medio a grueso, contenido mineralógico de Calcita (100 %). Presenta grados de meteorización variable entre II-III.

Se encuentra en contacto concordante al N con la unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita; al S en contacto fallado inverso inferido con la unidad de serpentinita; al E un contacto discordante con la unidad de basalto. La unidad de mármol (al E) se acuña bajo la unidad de serpentinita, por lo cual desaparece al centro del área de investigación.

En sección delgada se observa una microtextura granoblástica, con formas de los cristales euhedrales a anhedrales. La fotografía 17A

muestra calcita en vista PPL, mientras que la fotografía 17B, en vista XPL de la sección delgada LC-06.

FOTOGRAFÍA 17 MÁRMOL (LC-06)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Ca=Calcita

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Presenta calcita (Ca, 100 %), la cual en PPL presenta un relieve bajo, de color beige, sin pleocroísmo y con un clivaje romboédrico. En XPL se observan colores de interferencia que varían entre beige, gris y colores iridiscentes en los planos de exfoliación, además de extinción recta.

Dentro de esta banda de Mármol se logró identificar pequeñas capas menores poco comunes de 1 m de espesor que presentan variaciones mineralógicas, las cuales han sido clasificadas en dos subunidades de la siguiente manera:

a) Subunidad de mármol con moscovita

Esta subunidad se distingue por la presencia moscovita y calcita. Sus características macroscópicas son: color blanco, textura granolepidoblástica, grano medio. Con un grado de meteorización II.

Vista en microscopio la subunidad principalmente está compuesta por calcita con presencia de moscovita y muy ocasionalmente cuarzo y plagioclasas (Cuadro 6).

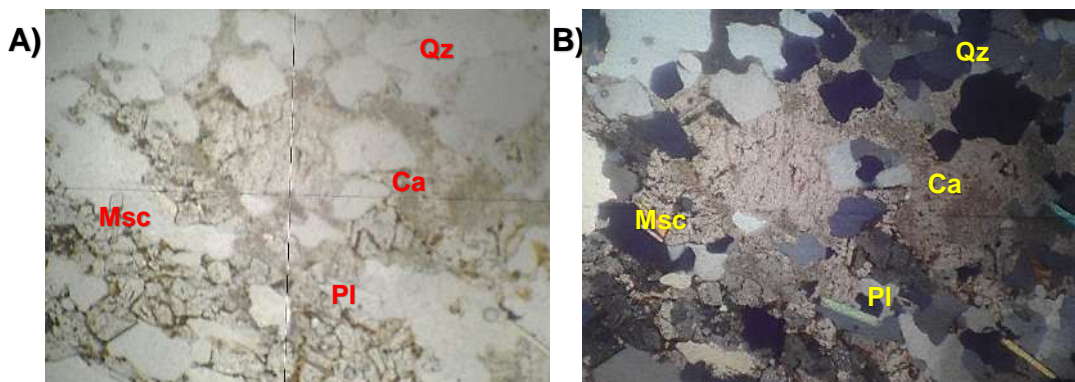
CUADRO 6 CONTENIDO MINERALÓGICO DE SUBUNIDAD DE MÁRMOL CON MOSCOVITA

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-07	Calcita	69
	Moscovita	15
	Cuarzo	13
	Plagioclasas	2
	Opacos	1

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

En sección delgada presenta microtexturas granolepidoblástica y poikiloblástica con formas de los cristales euhedrales a anhedrales. La fotografía 18A muestra la vista en PPL, de la sección delgada LC-07: mármol con moscovita, mientras que la fotografía 17B, la vista XPL.

FOTOGRAFÍA 18 MÁRMOL CON MOSCOVITA (LC-07)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; Ca=Calcita; Qz=Cuarzo; Pl=Plagioclasa.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Las características de los minerales se describen a continuación:

Contiene calcita (Ca, 69 %), presenta en PPL un relieve bajo, de color beige, sin pleocroísmo y con un clivaje romboédrico. En XPL Se observan colores de interferencia que varían entre beige, gris y colores pastel, con forma de los cristales euhedrales y subhedrales.

Presenta moscovita (Msc, 15 %), se observa en PPL un relieve bajo a medio, con pleocroísmo bajo con colores entre blanco y verde claro. En XPL los cristales presentan formas subhedrales, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja.

También contiene cuarzo (Qz, 13 %). En PPL presenta un relieve bajo, color beige, no presenta pleocroísmo, con fracturas en algunos cristales, sin clivaje. En XPL se observa con colores de interferencia de primer orden que varían entre blanco-beige-negro, los cristales tienen formas que van desde subhedral hasta anhedral.

Así mismo, presenta plagioclasas (Pl, 2 %), En PPL exhibe un relieve bajo, con color beige, sin pleocroísmo, ni clivaje. En XPL se observan colores de primer orden (blanco-negro), con forma de los cristales subhedral a anhedral.

Se observaron minerales opacos (Op, 1 %), los cuales no presenta ninguna característica óptica, presentando un color negro tanto en PPL como en XPL, forma de los cristales anhedral.

b) Subunidad de mármol con anfibolita

Esta subunidad se distingue por la presencia de moscovita y calcita e interfoliaciones con anfibolita. Sus características macroscópicas son: color blanco y verde, textura granolepidoblástica, grano medio, con meteorización II. Con contenido mineralógico de Calcita, moscovita y anfíboles.

Vista en microscopio la subunidad principalmente está compuesta por calcita con presencia calcita, anfíboles, moscovita y muy ocasional cuarzo y plagioclasas (Cuadro 7).

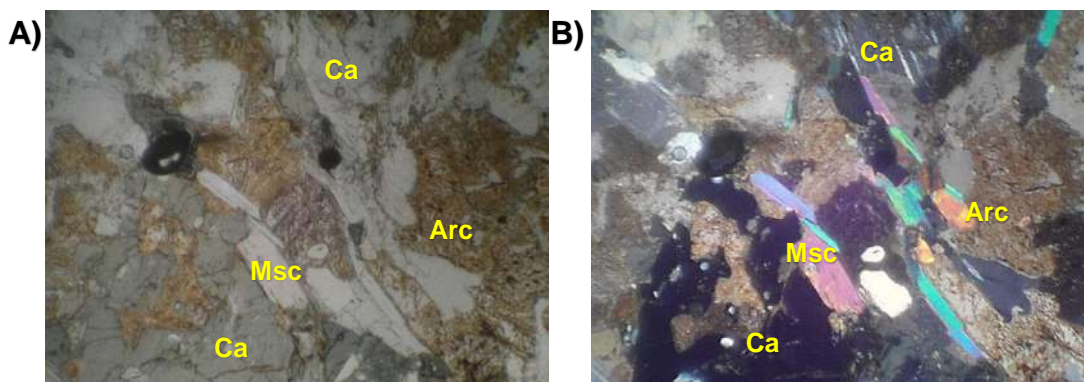
CUADRO 7
CONTENIDO MINERALÓGICO DE SUBUNIDAD DE MÁRMOL
CON ANFIBOLITA

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-08	Anfíboles	35
	Calcita	30
	Plagioclasas	15
	Minerales arcillosos	15
	Cuarzo	5

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

En sección delgada presenta microtexturas granolepidoblástica y poikiloblástica con formas de los cristales subhedrales a anhedrales. La fotografía 19A muestra la vista en PPL, de la sección delgada LC-08: mármol con anfibolita, mientras que la fotografía 19B, la vista en XPL.

FOTOGRAFÍA 19 MÁRMOL CON ANFIBOLITA (LC-08)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; Ca=Calcita; Arc=Minerales Arcillosos.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

La composición mineral se describe a continuación:

Contiene anfíboles (Anf, 35 %), los cuales presentan en PPL se observa un relieve medio, con pleocroísmo en tonalidades verdosas y beige, clivaje, con forma de los cristales de subhedrales a anhedrales, mientras que en XPL exhibe colores de interferencia en tonalidades verdosas y marrón (café claro).

Presenta calcita (Ca, 30 %), presenta en PPL un relieve bajo, con colores que van de beige a incoloro, sin pleocroísmo y con un clivaje romboédrico, mientras que en XPL se observan colores de interferencia que varían entre beige, gris y colores pastel, con forma de los cristales euhedrales y subhedrales.

Así mismo, contiene plagioclasas (Pl, 15 %). En PPL muestra un relieve bajo, de color beige, sin pleocroísmo. En XPL denota colores de primer orden (blanco-negro), con forma de los cristales subhedrales a anhedrales.

También se observaron, minerales arcillosos (Arc, 15 %), que muestran en PPL un relieve medio, con colores en tonalidades marrones (café), pleocroísmo bajo, sin clivaje. En XPL se observan colores de primer orden (café), forma de los cristales anedral.

Su contenido de cuarzo (Qz, 5 %), presenta en PPL un relieve bajo, color blanco, no presenta pleocroísmo, con fracturas en algunos cristales, sin clivaje. En XPL se observan colores de interferencia de primer orden que varían entre blanco-beige-negro, los cristales tienen formas que van desde subhedral hasta anhedral.

4.1.4 Unidad de serpentinita (Ks)

Esta unidad aflora en la parte S del área con afloramientos de 2 m a 5 m de alto, en las aldeas Estancia Grande, Las Cañas, La Lima y al S de Los Paxtes. Abarca aproximadamente 3.5 Km², cerca del 38 % del área de investigación. (Fotografía 20).

FOTOGRAFÍA 20 SERPENTINITA, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 785909, NORTE: 1649071.



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Su mejor exposición se encuentra en una cantera (conocida por los pobladores como La Balastrea) explotada artesanalmente entre la carretera que comunica a las aldeas Los Paxtes y Estancia Grande.

Desarrolla una topografía definida por cotas que varían entre 740 msnm a 1060 msnm, con pendientes que van de media a fuertemente escarpadas (16° a 45°).

Su relación espacial se encuentra definida por contacto fallado inverso inferido con las unidades de mármol y gneis cuarzo feldespático con moscovita y contacto discordante con las unidades de anfibolita y basalto.

Macroscópicamente es de color verde claro, con texturas afanítica y ocasionalmente fibrosa (serpentinita del tipo crisotilo), en algunos segmentos se palpa una textura talcosa. Presenta un grado de meteorización entre II-IV, con contenido mineralógico principalmente de serpentina.

En sección delgada la roca presenta microtextura pseudomórfica, con formas de los cristales anhedral a subhedral. La composición mineralógica se presenta en el cuadro 8.

CUADRO 8

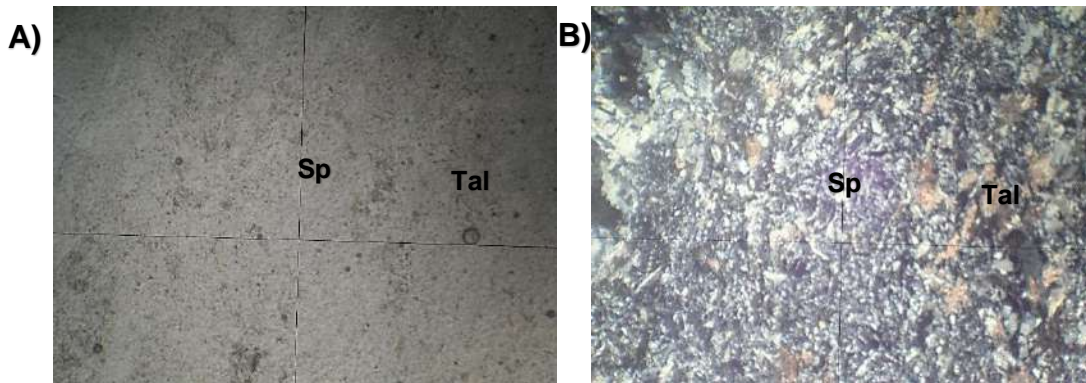
CONTENIDO MINERALÓGICO DE LA UNIDAD DE SERPENTINA

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-09	Serpentinita	93
	Talco	5
	Minerales opacos	2

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

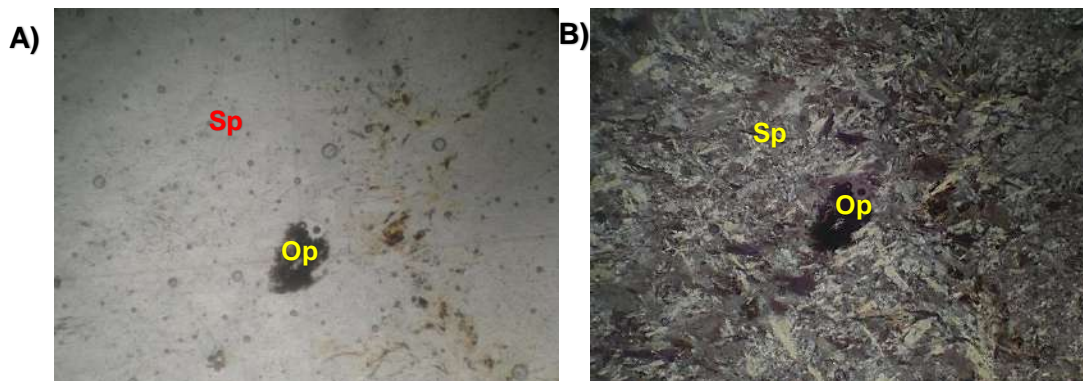
Las fotografías 21A y 22A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-09: serpentinita, en vista PPL, mientras que las fotografías 21B y 22B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 21 SERPENTINITA (LC-09)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Sp=Serpentina; **Tal**=Talco.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 22 SERPENTINITA (LC-09)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Sp=Serpentina; **Op**=Minerales Opacos
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

La serpentina (Sp, 93 %) en PPL presenta un relieve bajo, pleocroísmo débil, con color que va de incolora a verdosa. En XPL

se observan colores de interferencia de primer orden blanco-gris-beige, con forma de los cristales alargada y tabular.

El talco (Tal, 5 %) en PPL es incoloro, sin pleocroísmo, con relieve medio, mientras que en XPL se observan colores de interferencia de tercer orden que varían entre tonalidades pastel, con forma de los cristales anhedrales.

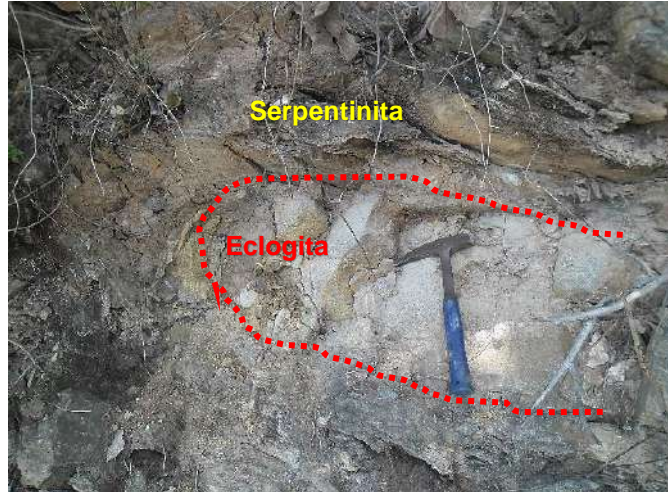
Los minerales opacos (Op, 2 %) no presentan ninguna propiedad óptica. En PPL y XPL se observa de color negro, con formas anhedral.

Dentro de esta unidad se pueden observar cuerpos de eclogita que varían entre 0.5 m a 1 m de ancho y 2 m a 3 m de largo.

a) Subunidad de eclogita.

Macroscópicamente la subunidad de eclogita presenta un color verde claro, con meteorización III. Exhibe una textura porfiroblástica y mineralogía compuesta principalmente por onfacita y granates. (Fotografía 23).

FOTOGRAFÍA 23
ECLOGITA, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 785861, NORTE: 1649031.



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

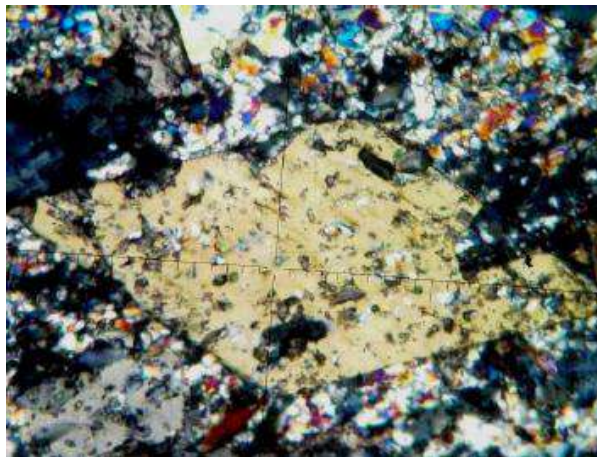
Se realizaron estudios de sección delgada y difracción de rayos X en el laboratorio, La Geo, de El Salvador a una muestra de eclogita, los cuales arrojaron los siguientes resultados:

En sección delgada presenta una microtextura porfiroblastica, con forma de los cristales de euهدral a anهدral. Su contenido mineralógico es:

La mayoría de los cristales de actinolita (Act, 40 %), están bien formados, algunos columnares, otros hexagonales, principalmente reemplazando los cristales de hornblenda, aún conservan la estructura cristalina y clivaje.

Los cristales presentan formas euهدrales, con color de primer orden (beige), textura poikiloblastica y forma euهدral. (Fotografía 24).

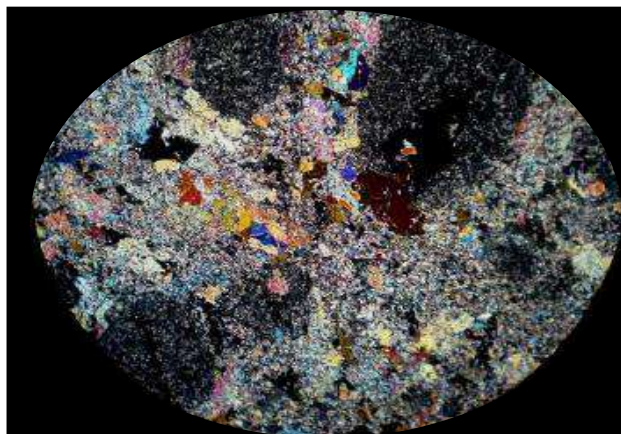
FOTOGRAFÍA 24 CRISTALES DE HORNBLENDA REMPLAZADOS POR ACTINOLITA



Tomada por: La Geo. 2 016.

Los cristales de onfacita (Onf, 35 %) son subhédricos a anhédricos con variación de tamaño, los más pequeños muestran una textura sacaroidea, los cuales rellenan la matriz de la roca, probablemente producto de fracturamiento de los cristales grandes. Casi todos los cristales presentes contienen pequeñas inclusiones de onfacita. (Fotografía 25).

FOTOGRAFÍA 25 MATRIZ DE ONFACITA, EN MUESTRA DE ECLOGITA

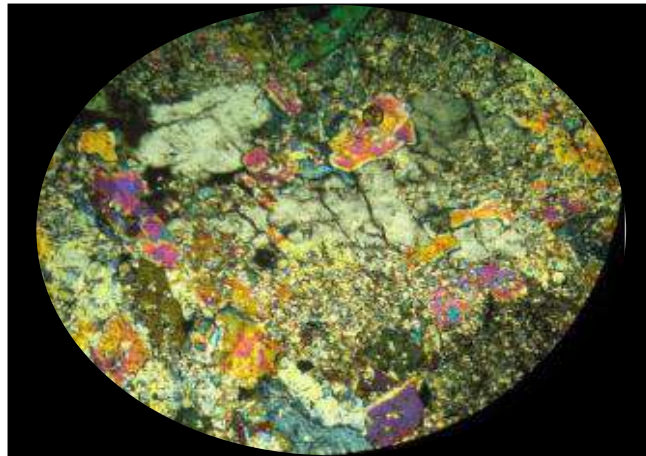


Tomada por: La Geo. 2 016.

Los cristales de granate (Gr, 15 %) son grandes y contienen inclusiones pequeñas en toda el área del cristal, principalmente de cuarzo y titanita, en una típica textura poikilitica.

Se observa cristales de ¿cordierita? (Cor, 7 %) anhedrica, de color gris-negro, dentro de la matriz de onfacita. (Fotografía 26).

FOTOGRAFÍA 26 CRISTALES DE CORDIERITA DENTRO DE MATRIZ DE ONFACITA



Tomada por: La Geo. 2 016.

Su contenido mineralógico por estudio de Difracción de Rayos X es el siguiente: actinolita 35 %, onfacita 29 %, andradita 18 % y jadeíta 18 % (Anexo 3).

4.1.5 Unidad de anfibolita (a)

Esta unidad aflora en el lugar conocido como Los Peñotes (vereda que comunica el lado W con el Lado E del área); y en los alrededores de la carretera que comunica las aldeas Los Paxtes y Estancia Grande. Abarca aproximadamente 0.30 Km² ceca del 3.5 % del área de estudio.

Sus mejores exposiciones se encuentran en Los Peñotes, con afloramientos de 2 m a 7 m (Fotografía 27).

FOTOGRAFÍA 27
ANFIBOLITA, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 785160, NORTE: 1648975



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Se encuentra en contacto discordante con la unidad de serpentinita. Desarrolla una topografía con cotas que varían de 960 msnm a 1 040 msnm, con pendientes suaves de 12° a 16°.

En muestra de mano es de color verde oscura, textura porfiroblástica, meteorización grados II-III, con contenido mineralógico de anfíboles, plagioclasas y granates aproximadamente de 2 mm de diámetro.

En sección delgada se observa textura granolepidoblástica y poikiloblástica, su contenido mineralógico se muestra en el cuadro 09.

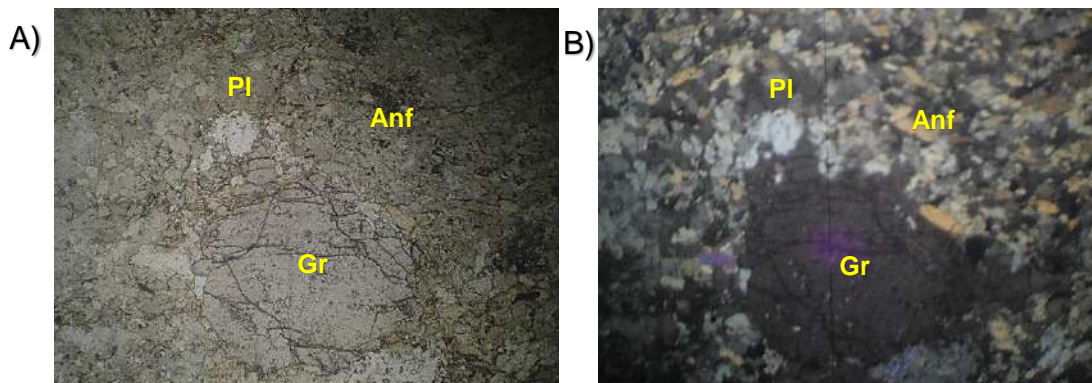
CUADRO 9 CONTENIDO MINERALÓGICO DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-10	Plagioclasas	30
	Anfíboles	30
	Moscovita	15
	Granate	15
	Circón	5
	Óxidos de hierro	5

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

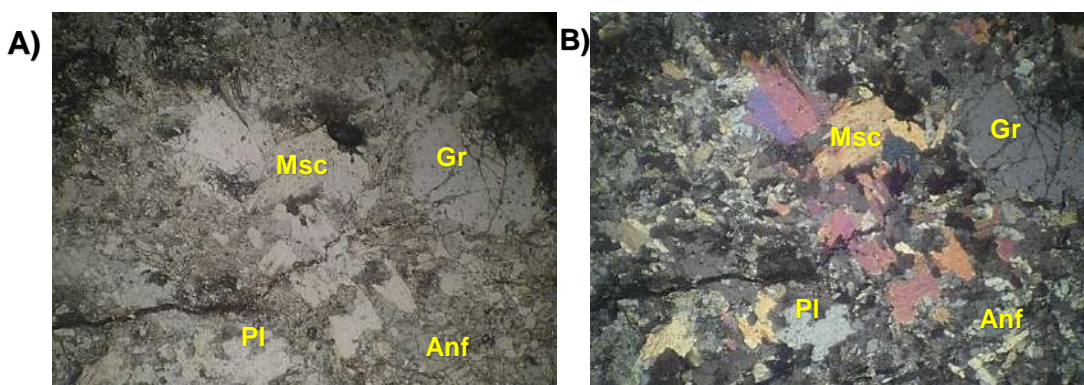
Las fotografías 28A y 29A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-10: anfibolita, en vista PPL, mientras que las fotografías 28B y 29B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 28 ANFIBOLITA (LC-10)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Pl=Plagioclasa; **Anf**=Anfiboles; **Gr**=Granate
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 29 ANFIBOLITA (LC-10)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
PI=Plagioclasa; **Anf**=Anfiboles; **Gr**=Granate
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Presenta plagioclasas (PI, 30 %). En vista PPL, muestra un relieve bajo, de color blanco, no presenta pleocroísmo ni clivaje. En XPL se observan colores de primer orden (blanco-negro), forma de los cristales subhedral a anhedral, la mayoría de los cristales presenta un maclado polisintético. El ángulo de extinción promedio es de 48° , definidas como plagioclasas del tipo Bitownita (clasificación basada en el método de Michel-Levy).

Contiene anfíboles (Anf, 30 %), los cuales se observa en PPL relieve medio, con pleocroísmo en tonalidades verdosas y beige, clivaje entre 120° y 60° , con forma de los cristales de subhedral a anhedral. En XPL presenta colores de interferencia entre verdosas y marrón (café claro).

También contiene moscovita (Msc, 15 %), se observa en PPL un relieve bajo a medio, con pleocroísmo bajo con colores entre blanco y verde claro. Presenta un clivaje paralelo al borde del mineral, mientras que en XPL, los cristales presentan formas subhedral, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre

rosado-verde-azul-amarillo-naranja. La mayoría de los cristales se presenta en forma tabular.

Los granates (Gr, 15 %), en PPL, presentan un relieve alto, fracturas irregulares dentro de los cristales, incoloro, con inclusiones de otros minerales, sin clivaje. En XPL es de color opaco.

Así mismo, se presentan circón (Cn, 5 %), se observa en PPL un relieve medio-alto, incoloro, sin pleocroísmo, forma de cristales subhedrales. En XPL se presentan colores de interferencia que varían entre rosado y celeste de tercer orden. Aparecen como inclusiones dentro de otro mineral (textura poikiloblástica).

Además, contiene óxidos de hierro (5 %), los cuales en PPL se observa un relieve bajo, incoloro, sin clivaje ni pleocroísmo, mientras que en XPL se presenta en color de interferencia anaranjado, cristales amorfos.

Dentro de esta unidad se puede observar cuerpos de Gneis Moscovítico con afloramientos de 1 m a 5 m de ancho y 0.5 m a 2 m de alto (Fotografía 30). Macroscópicamente es de color blanco con horizontes café claro, meteorización II-III, con minerales de Cuarzo, moscovita y en menor cantidad feldespato y granates menores a 1 mm de diámetro.

FOTOGRAFÍA 30
GNEIS MOSCOVÍTICO, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS
UTM: 15p ESTE: 785129, NORTE: 1648917



Tomada por: Hugo Hernández. 2,016.

Su composición mineralógica se detalla en el cuadro 10.

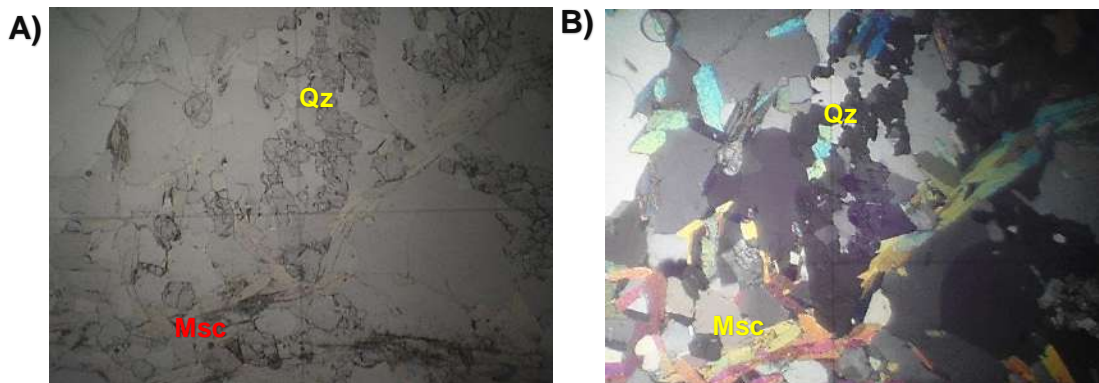
CUADRO 10
CONTENIDO MINERALÓGICO DE LA SUBUNIDAD DE GNEIS
MOSCOVÍTICO

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-11	Cuarzo	35
	Moscovita	30
	Feldespatos	13
	Granates	12
	Piroxenos	10

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

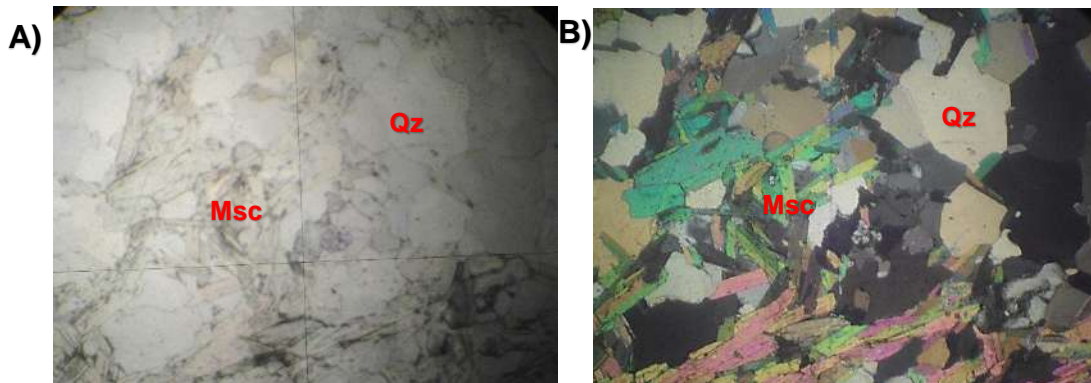
En sección delgada se observó una microtextura granolepidoblástica y porfiroblástica. Las fotografías 31A y 32A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-11: gneis moscovítico, en vista PPL, mientras que las fotografías 31B y 32B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 31 GNEIS MOSCOVÍTICO (LC-11)



a) Vista en PPL. b) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **Qz**=Cuarzo.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 32 GNEIS MOSCOVÍTICO (LC-11)



a) Vista en PPL. b) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **Qz**=Cuarzo
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Presenta cuarzo (Qz, 35 %), en PPL presenta un relieve bajo, color beige a incoloro, sin clivaje, no presenta pleocroísmo, con fracturas irregulares dentro de los cristales. En XPL se observan cristales con formas de subhedral a anhedral, con colores de interferencia de primer orden (blanco-beige-negro).

Contiene moscovita (Msc, 30 %), en vista PPL se observa un relieve bajo a medio, con pleocroísmo débil con colores entre blanco y verde claro. Presenta un clivaje paralelo al borde del mineral.

En XPL los cristales presentan formas euhedral a anhedral, con colores de interferencia de segundo y tercer orden, que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja, con extinción recta. La mayoría de los cristales se presenta en forma tabular.

Así mismo, se observarán feldespato (Fd, 13 %), en PPL presenta relieve bajo, de color beige, sin pleocroísmo, no presenta clivaje. En XPL se observan colores de primer orden (blanco-negro), forma de los cristales desde subhedral a anhedral.

También presenta granates (Gr, 12 %), en vista de PPL, presenta relieve alto, fracturas irregulares dentro de los cristales, incoloro, con inclusiones de otros minerales, no presenta clivaje. En XPL se observa de color opaco.

Su contenido de piroxeno (Px, 10 %), en PPL presenta relieve medio, con clivaje a 90°, con forma de los cristales de subhedral a anhedral, con pleocroísmo leve. Se observa en XPL, colores de interferencia que varían entre beige-gris-blanco. Posiblemente un ortopiroxeno.

4.1.6 Unidad de basalto (Ba)

Esta unidad aflora en tres distintos lugares dentro del área de investigación: al NE de la Hacienda los Paxtes en la vereda que comunica hacia la aldea Las Cañas, también aflora en la vereda que conduce de la aldea la Lima hacia aldea Las Cañas, y en la vereda que conecta las aldeas Estancia Grande y Las Tintas.

Abarca aproximadamente 0.5 Km², cerca del 5 % del área de estudio. Sus mejores exposiciones se observan camino a la aldea Las Cañas, en cercanía de los Peñotes, con afloramientos aproximadamente de 5 m a 10 m.

La topografía que desarrolló es variable en los tres sitios indicados donde aflora, al NE de la hacienda los Paxtes las cotas van de 1 040 msnm a 1 080 msnm, son pequeñas montañas redondeadas con pendientes suaves (2° a 16°).

En el segundo sitio aflorante que es en la vereda que conduce de la aldea la Lima hacia aldea Las Cañas, la topografía y va de alturas de 860 msnm a 900 msnm de igual forma con pendientes suaves (2° a 8°).

La topografía en la vereda que conecta las aldeas Estancia Grande y Las Tintas, las cotas van de 820 msnm a 900 msnm con pendientes suaves (2° a 16°).

Macroscópicamente es de color gris oscuro a negro, con textura afanítica y porfírica, presenta matriz de plagioclasas y fenocristales de olivino. Presenta leve magnetismo, con grado de meteorización II (Fotografía 33).

FOTOGRAFÍA 33
BASALTO, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 785132, NORTE: 1649300



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Su relación espacial se define por contacto discordante con las unidades de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; Mármol; y Serpentina. Su contenido mineralógico se detalla en el cuadro 11.

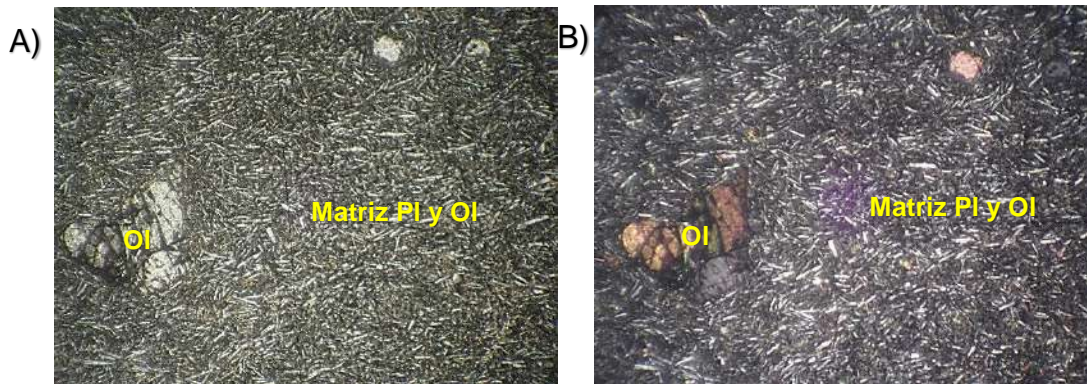
CUADRO 11
CONTENIDO MINERALÓGICO DE LA UNIDAD DE BASALTO

Muestra	Mineral	Porcentaje (%)
LC-12	Matriz de plagioclas y olivinos	95
	Olivinos	5

Fuente: Investigación de laboratorio, 2 016.

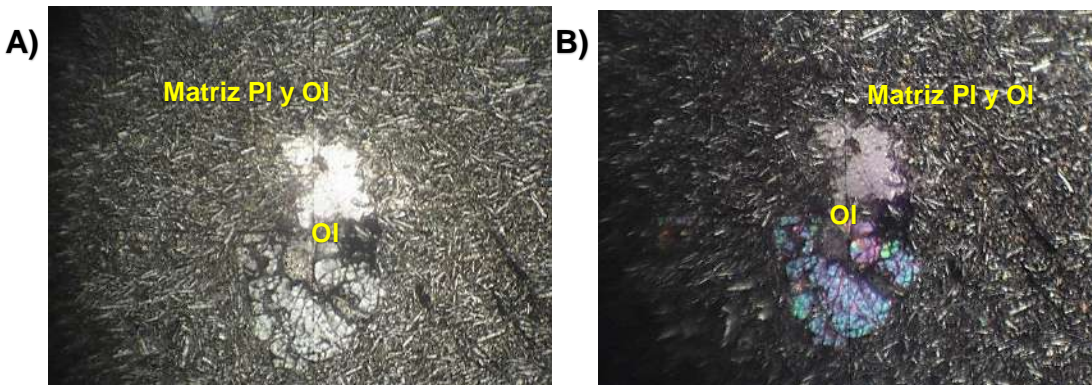
Microscópicamente se observan las microtexturas afanítica y porfirítica, con forma de los cristales de anhedral a subhedra. Las fotografías 34A y 35A, muestran las características de los minerales de la sección delgada LC-11: gneis moscovítico, en vista PPL, mientras que las fotografías 34B y 35B, exhiben las características en vista XPL.

FOTOGRAFÍA 34 BASALTO (LC-12)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
 OI=Olivino; PI=Plagioclasas
 Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FOTOGRAFÍA 35 BASALTO (LC-12)



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
 OI=Olivino; PI=Plagioclasa
 Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Se observó una matriz de plagioclasas y olivinos (95 %), la cual en PPL presenta una matriz de grano fino compuesta por plagioclasas las cuales presentan un relieve que va de medio a bajo, sin pleocroísmo ni clivaje y olivinos no pleocroicos, de relieve medio a alto, sin clivaje.

También contiene fenocristales de olivino (OI, 5 %). Presenta en PPL, relieve alto, con pleocroísmo bajo con colores entre blanco y amarillo pálido. Presenta fracturamiento irregular dentro de los cristales, mientras que en XPL los cristales presentan formas subhedrales, con colores de interferencia de segundo y tercer orden y colores que varían entre rosado-verde-azul-amarillo-naranja con extinción recta.

4.1.7 Unidad coluvión (Qcol)

Los depósitos de coluvión se distribuyen principalmente al SE del área a inmediaciones de la aldea La Lima, cubren la zona baja de escarpe que se ubica en dicha aldea. Está conformado por bloques sueltos principalmente de Serpentinita. No presentan una orientación preferencial (Fotografía 36).

FOTOGRAFÍA 36 COLUVIÓN, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 786500, NORTE: 1648300



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Depósitos de menores dimensiones entre 1 m a 2 m se distribuyen por toda el área, compuestos por diferentes tipos de rocas de las unidades litológicas aflorantes.

4.1.8 Unidad aluvión (Qal)

Esta unidad se observa en las orillas de la Quebrada la Danta, la cual está conformada por material no consolidado, por estar en constante movimiento y arrastre por agua que corre dentro de la misma. Se presentan bancos de arena en zonas más altas, esto debido a crecidas del río, especialmente en época de invierno (Fotografía 37).

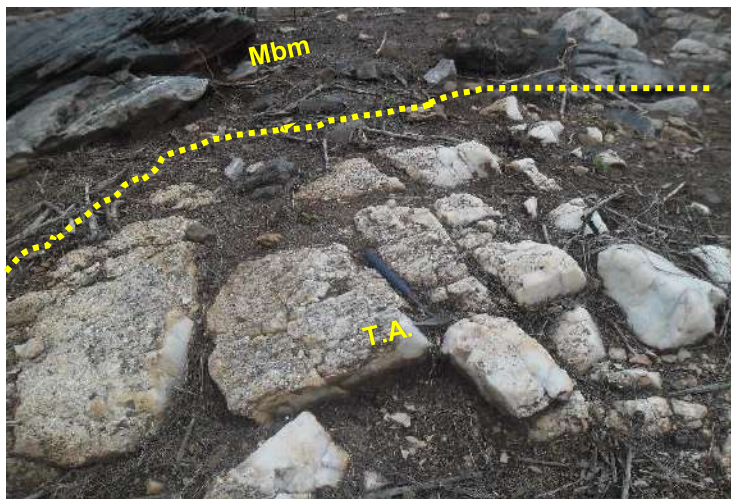
FOTOGRAFÍA 37 **ALUVIÓN, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p** **ESTE: 785925, NORTE: 1649882**



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Al E de la Hacienda Los Paxtes, entre las unidades de Mármol y Basalto se observan un horizonte de material no consolidado correspondiente a terrazas aluviales, principalmente de cuarzo y moscovita, de aproximadamente 2 m de espesor. (Fotografía 38).

FOTOGRAFÍA 38
TERRAZAS ALUVIALES, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS
UTM: 15p ESTE: 784716, NORTE: 1649497



Mbm=Mármol; T.A.=Terraza Aluvial
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

4.2 Geología estructural

4.2.1 Estructuras del dominio frágil

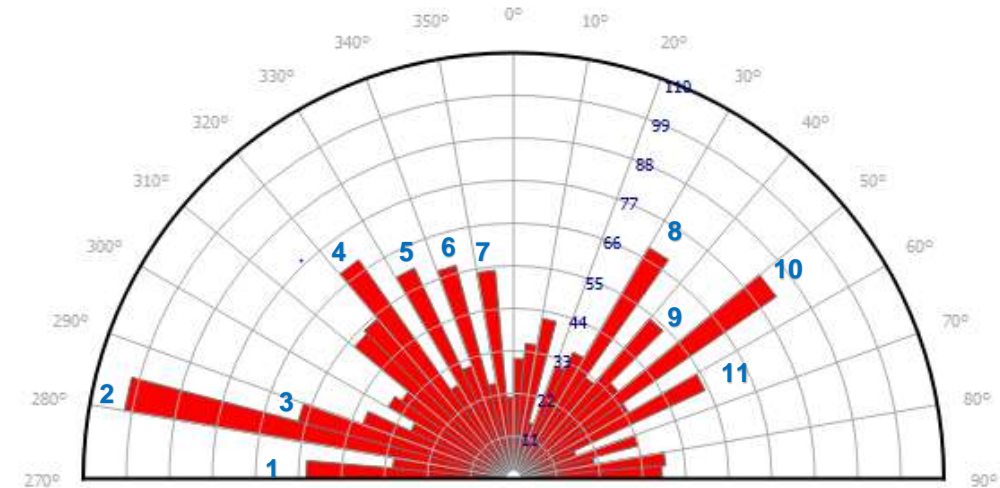
a) Diaclasas

Una diaclasa es una ruptura o grieta de una roca en la que no existe desplazamiento de los dos bloques.

Las diaclasas son penetrativas dentro del área de investigación debido a que esta se encuentra afectada tectónicamente, porque se encuentra en cercanías de la zona de la traza principal de la falla del Motagua.

La figura cinco muestra el diagrama de rosas que presenta las familias y direcciones preferenciales de diaclasas en las unidades expuestas en el área de estudio.

FIGURA 5
DIRECCIÓN PREFERENCIAL DE DIACLASAS MEDIDAS DENTRO
DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

Se distinguieron once orientaciones preferenciales, la primera N270°-275°; la segunda N280°-285°; la tercera N285°-290°; la cuarta N320°-325°; la quinta N330°-335°; la sexta N340°-345°; la séptima N350°-355°; la octava N30°-35°; la novena N40°-45°, la décima N50°-55° y la onceava N60°-65°.

b) Fallas

Una falla es una discontinuidad plana entre bloques de roca que se han desplazado uno con respecto a otro en una dirección paralela a la discontinuidad.

El área en estudio se encuentra influenciada por una fuerte actividad tectónica, clasificando las fallas según su desplazamiento con base en tectoglifos como estrillas, mineralizaciones escalonadas y desplazamiento de capas en fallas del tipo normal, inverso, dextral y sinistral

I. Fallas Normales

Una falla normal es una falla de gran ángulo y de salto según el buzamiento cuyo techo ha bajado en relación al piso.

Las fallas del tipo normal identificadas dentro del área de investigación se presentan en el cuadro 12.

CUADRO 12
DIRECCIÓN DE FALLAS NORMALES MEDIDAS EN CAMPO Y
DIRECCIÓN PROMEDIO DE FAMILIAS

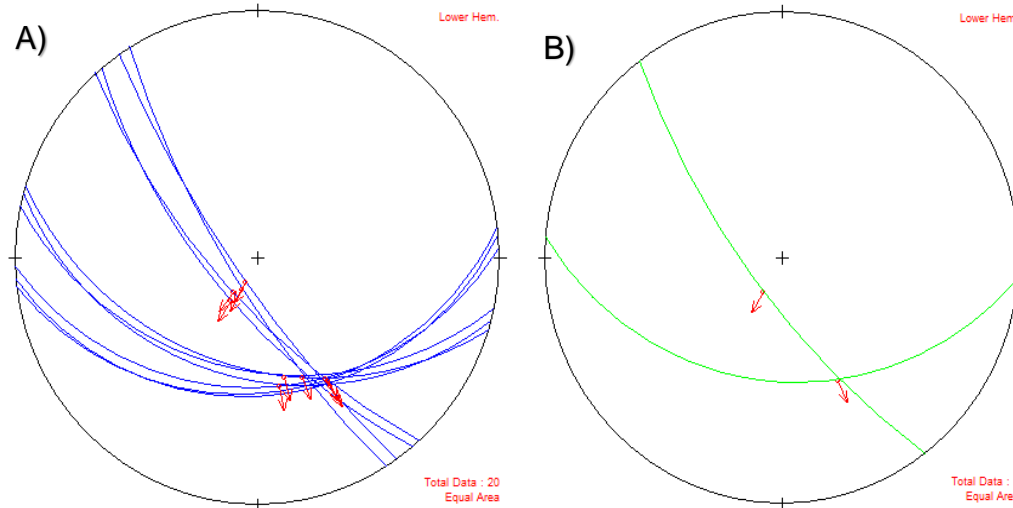
Familia	Color	Estructura	Dip/Dir	Pitch
01	Azul	Falla Normal	44°/N173°	73°E
	Azul	Falla Normal	43°/N175°	71°E
	Azul	Falla Normal	46°/N178°	70°E
	Azul	Falla Normal	52°/192°	60°SE
	Azul	Falla Normal	49°/N195°	73°SE
	Azul	Falla Normal	53°/N197°	71°SE
	Verde	Media	48°/N185°	69°SE
02	Azul	Falla Normal	76°/N228°	87°SE
	Azul	Falla Normal	74°/N230°	85°SE
	Azul	Falla Normal	82°/N235°	86°SE
	Azul	Falla Normal	80°/N238°	84°SE
	Verde	Media	78°/N233°	85°SE

Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

Se establecieron dos familias de fallas normales, con base a la orientación de los planos, el buzamiento y el cabeceo que presentan. La primera es una serie de fallas con rumbo E-W, con una orientación promedio de 48°/N185° y un pitch de 69°SE; mientras que la segunda es un conjunto de fallas con rumbo NW-SE y una dirección promedio de 78°/N233° y un pitch de 85°SE.

En la falsilla de la figura 6A) se muestran las dos familias de fallas normales; mientras que en la figura 6B) se presentan las direcciones y buzamientos promedios de cada familia.

FIGURA 6 FALLAS NORMALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



A) Dirección de fallas normales identificadas en campo, B) Dirección promedio de familias de fallas normales.

Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

II. Fallas Inversas

Una falla inversa es una falla de salto según el buzamiento, en la cual el techo ha subido en relación al piso.

Las fallas del tipo Inverso identificadas dentro del área de investigación son las siguientes: (cuadro 13)

CUADRO 13

DIRECCIÓN DE FALLAS INVERSAS MEDIDAS EN CAMPO Y DIRECCIÓN PROMEDIO DE FAMILIAS

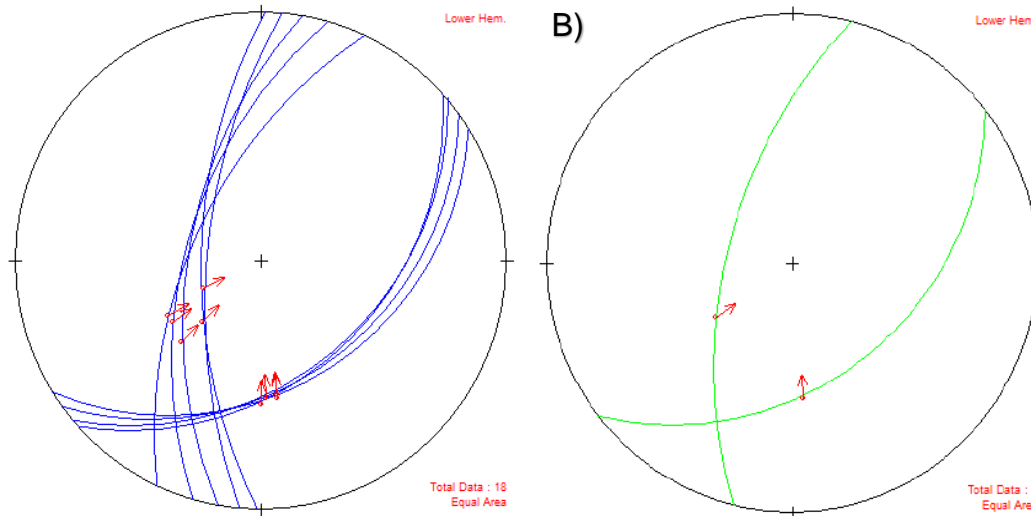
Familia	Color	Estructura	Dip/Dir	Pitch
01	Azul	Falla Inversa	70°/N271°	70°SW
	Azul	Falla Inversa	72°/N275°	80°SW
	Azul	Falla Inversa	66°/N280°	60°SW
	Azul	Falla Inversa	65°/N286°	63°SW
	Azul	Falla Inversa	67°/N295°	61°SW
	Verde	Media	68°/N284°	67°SW
02	Azul	Falla Inversa	50°/N138°	66°SW
	Azul	Falla Inversa	51°/N140°	64°SW
	Azul	Falla Inversa	49°/N144°	70°SW
	Azul	Falla Inversa	47°/N148°	67°SW
		Verde	Media	50°/N142°

Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

Se identificaron dos familias de fallas Inversas, la primera es una serie de fallas con rumbo N-S con una orientación promedio de 68°/N284° y un pitch de 67°SW; mientras que la segunda es un conjunto de fallas con rumbo NE-SW con una orientación promedio de 50°/N142° y un pitch de 67°SW.

En la falsilla de la figura 7A) se muestran las dos familias de fallas inversas. En la figura 7B) se presentan las direcciones y buzamientos promedios de cada familia.

FIGURA 7 FALLAS INVERSAS IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



A) Dirección de fallas inversas identificadas en campo, B) Dirección promedio de familias de fallas inversas.

Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

III. Fallas dextrales

Una falla dextral es una falla con desplazamiento horizontal, paralelo a la dirección de la falla, el cual presenta un movimiento relativo hacia la derecha, esto si se observa la traza de la falla de frente.

El cuadro 14 presenta los datos de fallas del tipo dextral obtenidos en campo.

CUADRO 14
DIRECCIÓN DE FALLAS DEXTRALES MEDIDAS EN CAMPO Y
DIRECCIÓN PROMEDIO DE FAMILIAS

Familia	Color	Estructura	Dip/Dir	Pitch
01	Azul	Falla Dextral	49°/N296°	38°NE
	Azul	Falla Dextral	42°/N3310°	40°NE
	Azul	Falla Dextral	31°/N3320°	40°NE
	Verde	Media	41°/N309°	39°NE
02	Azul	Falla Dextral	61°/N22°	4°NW
	Azul	Falla Dextral	42°/N22°	6°NW
	Azul	Falla Dextral	43°/N44°	40°SE
	Azul	Falla Dextral	44°/N46°	44°SE
	Azul	Falla Dextral	45°/N47°	41°SE
		Verde	Media	47°/N36°
03	Azul	Falla Dextral	45°/N158°	16°SW
	Azul	Falla Dextral	63°/N175°	32°SW
	Azul	Falla Dextral	46°/N194°	43°NW
	Azul	Falla Dextral	44°/N195°	44°NW
		Verde	Media	49°/N181°

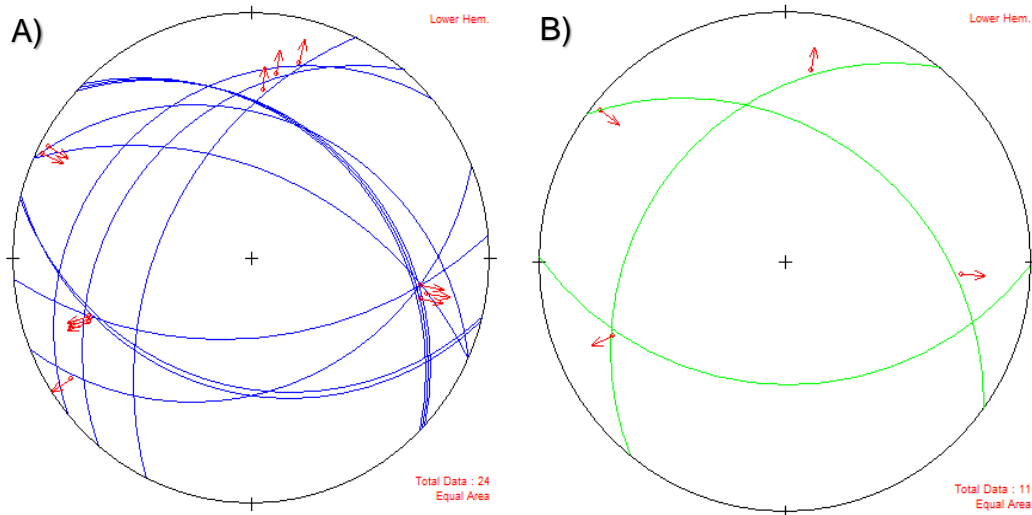
Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

Se establecieron tres familias de fallas dextrales, la primera es una serie de fallas con rumbo NE-SW y orientación promedio de 41°/N309° y un pitch de 39°NE; la segunda es un conjunto de fallas con rumbo NW-SE y orientación promedio de 47°/N40° y un pitch hacia el ESE.

La tercera familia es un grupo de fallas con rumbo E-W, con una orientación promedio de 49°/N181° y un pitch de 34°W.

En la figura 8A) se muestran las tres familias de fallas Dextrales, mientras que en la figura 8B) se presentan las direcciones y buzamientos promedios de cada familia.

FIGURA 8 FALLAS DEXTRALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



A) Dirección de fallas dextrales identificadas en campo, B) Dirección promedio de familias de fallas dextrales.

Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

IV. Fallas sinestrales

Una falla sinistral es una falla con desplazamiento horizontal, de bajo ángulo, con movimiento relativo hacia la izquierda, esto viendo la traza de la falla de frente.

A continuación, se presentan los datos de fallas del tipo sinistral obtenidos en campo (cuadro 15).

CUADRO 15 DIRECCIÓN DE FALLAS SINISTRALES MEDIDAS EN CAMPO Y DIRECCIÓN PROMEDIO DE FAMILIAS

Familia	Color	Estructura	Dip/Dir	Pitch
01	Azul	Falla Sinistral	67°/N25°	10°E
	Azul	Falla Sinistral	48°/N50°	15°SE
	Verde	Media	58°/N38°	13°SE
02	Azul	Falla Sinistral	66°/N280°	31°S
	Azul	Falla Sinistral	71°/N280°	54°S
	Azul	Falla Sinistral	45°/N285°	20°NE
	Azul	Falla Sinistral	68°/N290°	36°NE
	Verde	Media	63°/N284°	SSW
03	Azul	Falla Sinistral	45°/N180°	40°W
	Azul	Falla Sinistral	52°/N180°	39°W
	Verde	Media	59°/N180°	39°W
04	Azul	Falla Sinistral	62°/N245°	12°NW
	Azul	Falla Sinistral	58°/N245°	38°W
	Verde	Media	60°/N245°	14°NW

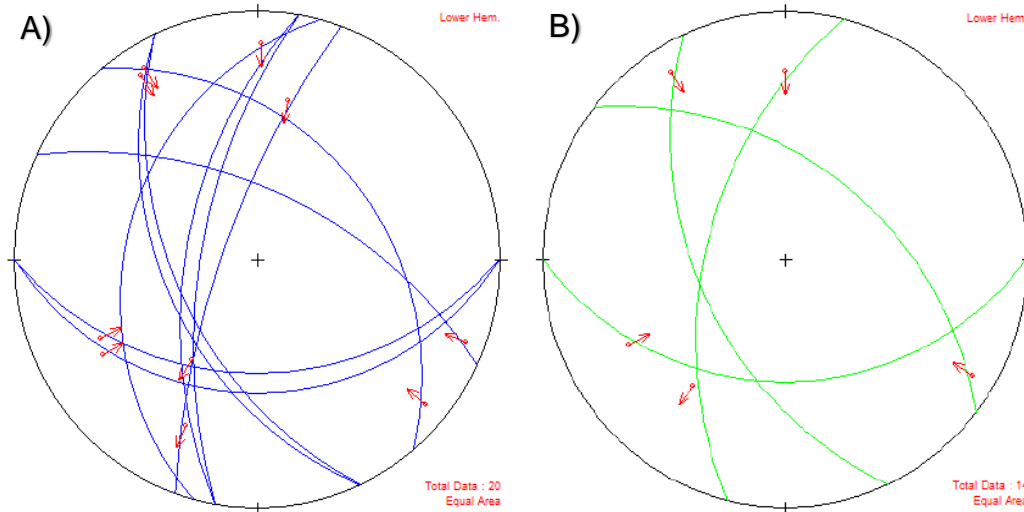
Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

Se establecieron cuatro familias de fallas sinistralas, la primera es una serie de fallas con rumbo NW-SE y orientación promedio de 58°/N38° y un pitch de 13°SE; la segunda es un grupo de fallas con rumbo NE-SW y orientación promedio de 63°/N284° y un pitch SSW.

La tercera familia de fallas sinistralas es un conjunto de fallas con rumbo E-W, con una orientación promedio de 49°/N180° y un pitch de 39°W; y la cuarta presenta un rumbo NW-SE, con dirección promedio de 60°/N245° con un pitch de 14°NW.

En la falsilla de la figura 9A) se muestran las 4 familias de fallas sinistralas. En la figura 9B) se presentan las direcciones y buzamientos promedios de cada familia.

FIGURA 9 FALLAS SINISTRALES IDENTIFICADAS EN EL ÁREA DE ESTUDIO



A) Dirección de fallas normales identificadas en campo, B) Dirección promedio de familias de fallas normales.

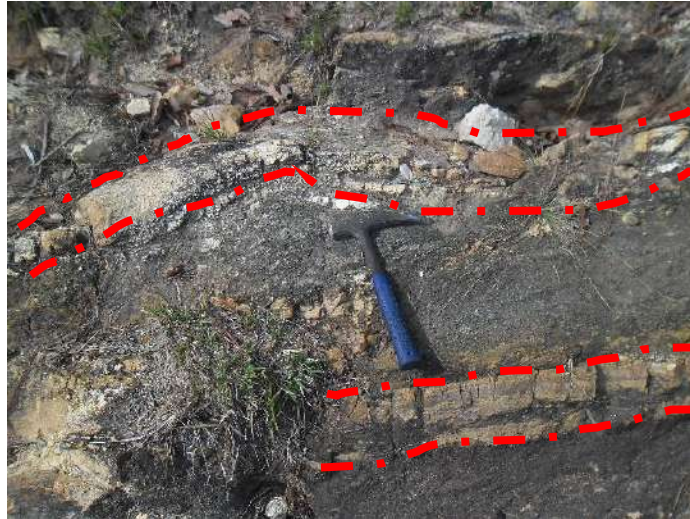
Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

c) Grietas de tensión

Una grieta de tensión se forma debido a las fuerzas tensionales que actúan durante la deformación. Normalmente se rellenan de cuarzo y rara vez de otros minerales.

Las grietas de tensión identificadas dentro del área de investigación, se observan con espesores aproximados de 0.2 m a 0.4 m de ancho, rellenas principalmente de Cuarzo. (fotografía 39).

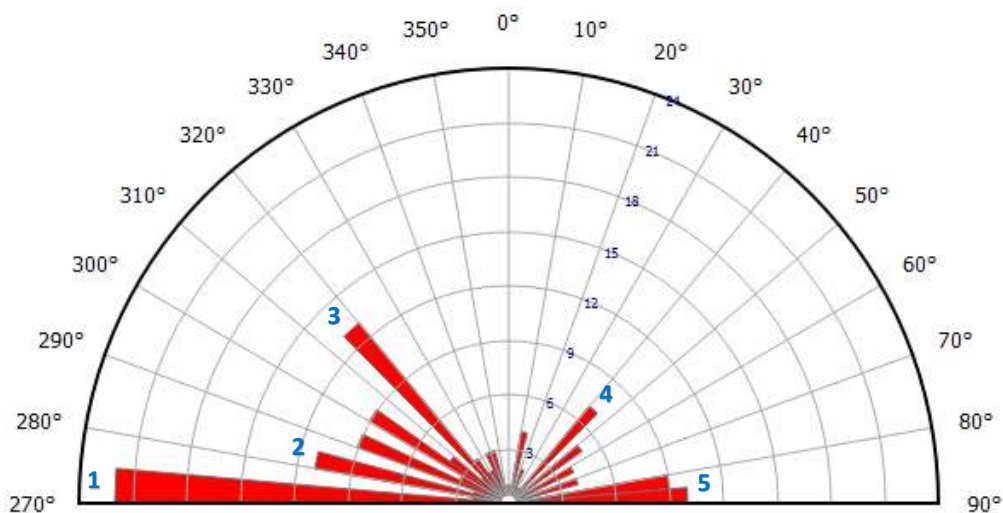
FOTOGRAFÍA 39
GRIETAS DE TENSIÓN, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS
UTM: 15p ESTE: 785390, NORTE: 1650268



Tomada por: Hugo Hernández. 2,016.

Presentan cinco orientaciones preferenciales, la primera con un rumbo N270°-275°; la segunda N280°-285°, la tercera N315°-320°, la cuarta N40°-45° y la quinta N80°-90°. (Figura 10).

FIGURA 10
ORIENTACIÓN PREFERENCIAL DE GRIETAS DE TENSIÓN
IDENTIFICADAS DENTRO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2 016.

Estas grietas presentan sus mejores exposiciones dentro de las unidades de Anfibolita, Serpentinita y en las bandas de anfibolita dentro de los Gneis

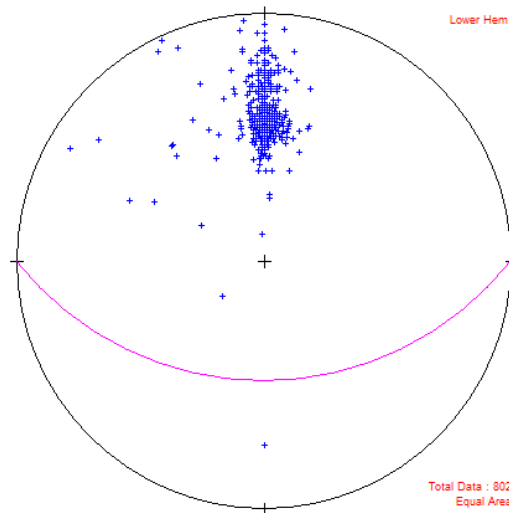
4.2.2. Estructuras del dominio dúctil

a) Foliación S1

La foliación es la orientación paralela de los minerales, la cual se desarrolla durante la deformación de la roca, debido a esfuerzos dirigidos.

Esta estructura se encuentra bien desarrollada en la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con moscovita, la cual presenta una orientación preferencial del plano E-W, y con una media en dirección de inclinación de $47^\circ/N179^\circ$ (Figura 11)

FIGURA 11
POLOS DE DIRECCIONES DE FOLIACIÓN S1, IDENTIFICADOS
DENTRO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



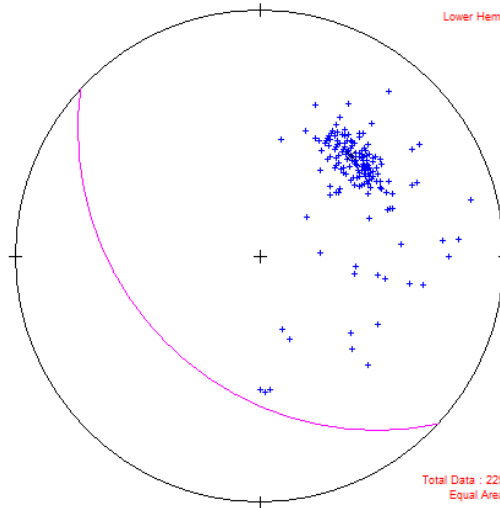
Fuente: Investigación de campo. Año 2 016.

b) Foliación S2

Es una foliación que se forma como respuesta a un segundo evento de deformación, en donde los minerales se orientan perpendicularmente a los nuevos esfuerzos compresionales.

Esta estructura se encuentra definida en las unidades de Gneis Cuarzo Feldespático con biotita, Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita y Mármol, presentarán una orientación media de $46^{\circ}/N225^{\circ}$ (Figura 12).

FIGURA 12
POLOS DE DIRECCIONES DEFOLIACIÓN S2, IDENTIFICADOS
DENTRO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



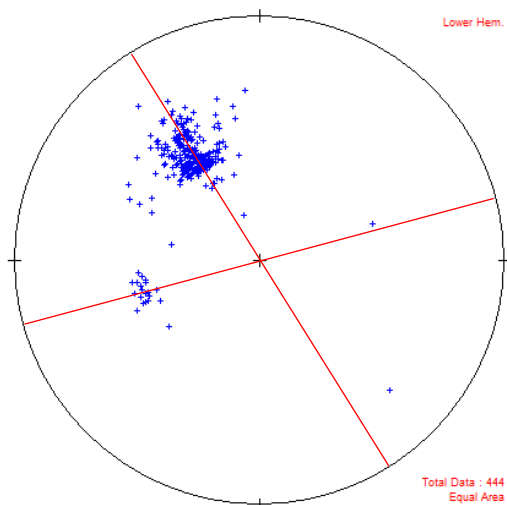
Fuente: Investigación de campo. Año 2 016.

c) Lineación Mineral

La lineación mineral está determinada por el alineamiento de los ejes más largos de los granos minerales dentro de las rocas, debido a esfuerzos dirigidos.

Esta estructura está bien definida en las unidades de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita y Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita, presenta dos orientaciones preferenciales, siendo estas, $48^\circ/N328^\circ$ y $51^\circ/N255^\circ$. (Figura 13).

FIGURA 13
DIRECCIÓN DE LINEACIONES MINERALES, IDENTIFICADAS
DENTRO DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN.



Fuente: Investigación de campo. Año 2 016.

d) Pliegues

Es la deformación de las capas geológicas, con forma ondulada. Surgen como consecuencia de la presión tectónica en rocas plásticas que, en lugar de fracturarse, se pliegan.

Los pliegues encontrados dentro del área en estudio son de pocos centímetros, principalmente dentro de las unidades de Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita; Anfibolita y Serpentinita (Fotografía 40).

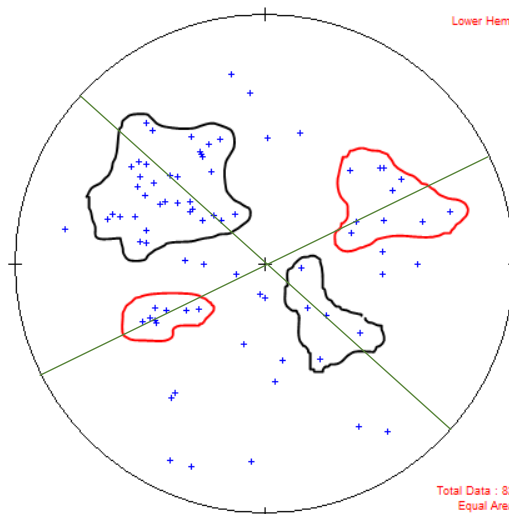
FOTOGRAFÍA 40
PLIEGUE, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 786035, NORTE: 1650761



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Se pueden distinguir dos familias de ejes de pliegues en función de la dirección de los mismos. La primera presenta un rumbo de los ejes NE-SW con inmersión $45^{\circ}/N64^{\circ}$ y $51^{\circ}/N244^{\circ}$. La segunda presenta un rumbo de los ejes NW-SE con inmersión $65^{\circ}/N132^{\circ}$ y $47^{\circ}/N312^{\circ}$ (Figura 14).

FIGURA 14
DIRECCIÓN DE EJES DE PLIEGUES, IDENTIFICADOS DENTRO
DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2 016.

e) Boudines

Un boudin es una estructura común en rocas deformadas por estiramiento, en las cuales una capa competente situada entre dos menos competentes se estira, se adelgaza y pierde su continuidad lateral, formando cuerpos aislados, y alargados.

Los boudines identificados en el área se encuentran dentro de la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita, los cuales están constituidos principalmente de Cuarzo. (Fotografía 41).

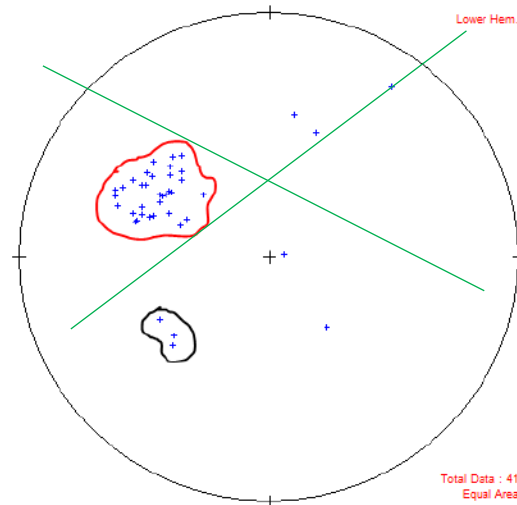
FOTOGRAFÍA 41
BOUDINES, LOCALIZADOS EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 785085, NORTE: 1649848



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

Los boudines se han clasificado en dos grupos según la dirección de sus ejes, como se observa en la figura 15: El primero de color rojo, presenta un rumbo NW e inmersión $40^{\circ}/N297^{\circ}$ y el segundo en color negro, con rumbo SW e inmersión $51^{\circ}/N233^{\circ}$.

FIGURA 15
DIRECCIÓN DE EJES DE BOUDINES, IDENTIFICADOS DENTRO
DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN

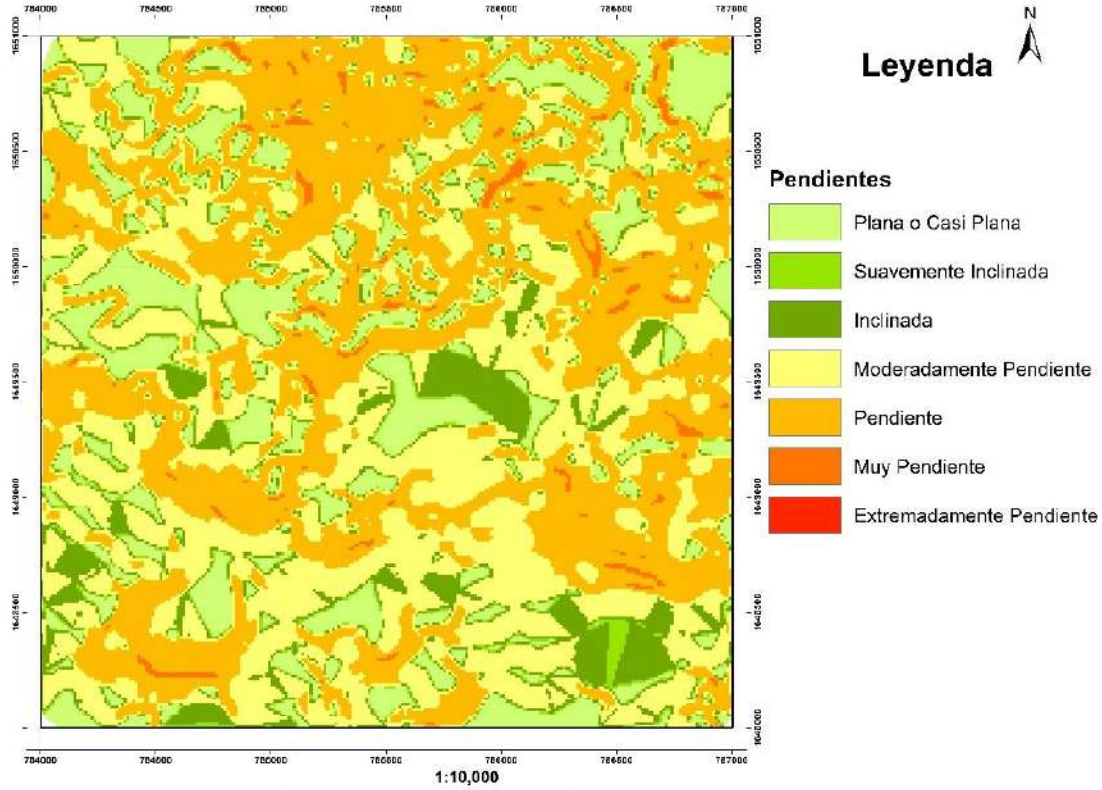


Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

4.3 Geomorfología local

Con base a el mapa de pendientes del área de investigación (Figura 16); generado a partir del modelo de elevación digital –DEM-, comparado con los rangos de valores de pendientes en grados y su clasificación (cuadro 16) y las observaciones de campo, se obtuvo la clasificación y descripción de las principales unidades geomorfológicas.

FIGURA 16
MAPA DE PENDIENTES, LAS CAÑAS, SALAMÁ



Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

CUADRO 16
RANGO DE VALORES DE LAS PENDIENTES EN GRADOS Y SU CLASIFICACIÓN

GRADOS	CLASIFICACIÓN
0 – 2	Plana o casi plana
2 – 4	Suavemente inclinada
4 – 8	Inclinada
8 – 16	Moderadamente pendiente
16 – 35	Pendiente
35 – 55	Muy pendiente
>55	Extremadamente pendiente

Fuente: Corporación SUNA HISCA. Geomorfología, componente biofísico Tomo 1.

Basados en su origen, se determinaron dos unidades geomorfológicas: unidades de origen denudacional y unidades de origen agradacional.

4.3.1 Unidad de origen denudacional

Su origen está determinado por la acción de procesos exógenos (meteorización y erosión).

a) Cresta (Ct)

Se localiza al E de la aldea la Lima, al SE del área de investigación, caracterizándose por ser una cumbre alargada de una montaña que genera 2 direcciones de flujo de agua. (Fotografía 42)

FOTOGRAFÍA 42 CRESTA, LOCALIZADA EN LAS COORDENADAS UTM: 15p ESTE: 786613, NORTE: 1648673



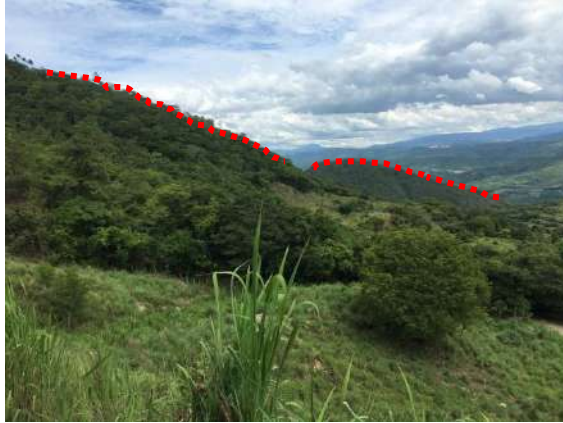
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

b) Ladera media (Lm)

Se pueden identificar al N del área de investigación, en las aldeas Los Paxtes y Las Cañas. Estas denotan una pendiente media la cual varía entre 16° y 35° . (Fotografía 43)

FOTOGRAFÍA 43

**LADERA MEDIA, LOCALIZADA EN LAS COORDENADAS UTM:
15p ESTE: 786324, NORTE: 1649145**



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

c) Ladera baja (Lb)

Se desarrolla con una pendiente suave, la cual varía entre 4° y 16° . Se puede observar al NW del área de investigación en la parte baja del cerro El Cimarrón (Fotografía 44).

FOTOGRAFÍA 44

**LADERA BAJA, LOCALIZADA EN LAS COORDENADAS UTM:
15p ESTE: 784209, NORTE: 1650053**



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

d) Planicie (PI)

Esta forma se desarrolla principalmente en la unidad de serpentinita, sus mejores exposiciones se encuentran en las aldeas La Lima y Estancia Grande. Presenta una variación de entre 0° y 4°. (Fotografía 45).

FOTOGRAFÍA 45
PLANICIE, LOCALIZADA EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 784209, NORTE: 1650053



Tomada por: Hugo Hernández. 2,016.

4.3.2 Unidad de origen agradacional**a) Depósitos aluviales activos**

Está conformada por la llanura de inundación que se localiza en la riberas de la Quebrada la Danta, el cual consiste por material transportado y depositado por esta (Fotografía 46).

FOTOGRAFÍA 46
ALUVIÓN, LOCALIZADA EN LAS COORDENADAS UTM: 15p
ESTE: 784209, NORTE: 1650053



Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

b) Terrazas aluviales

Es una superficie plana, generalmente alargada y estrecha, que interrumpe una pendiente y que debe su origen a la acción del agua o escorrentía superficial. Se observa en la parte E de la aldea Los Paxtes, con un espesor aproximado de 1.5 m, localizado entre las unidades de Mármol; y Basalto. (Fotografía 47).

FOTOGRAFÍA 47
TERRAZAS ALUVIALES, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS
UTM: 15p ESTE: 784716, NORTE: 1649497



Mbm=Mármol; **T.A.**=Terraza Aluvial; **Qba**=Basalto

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

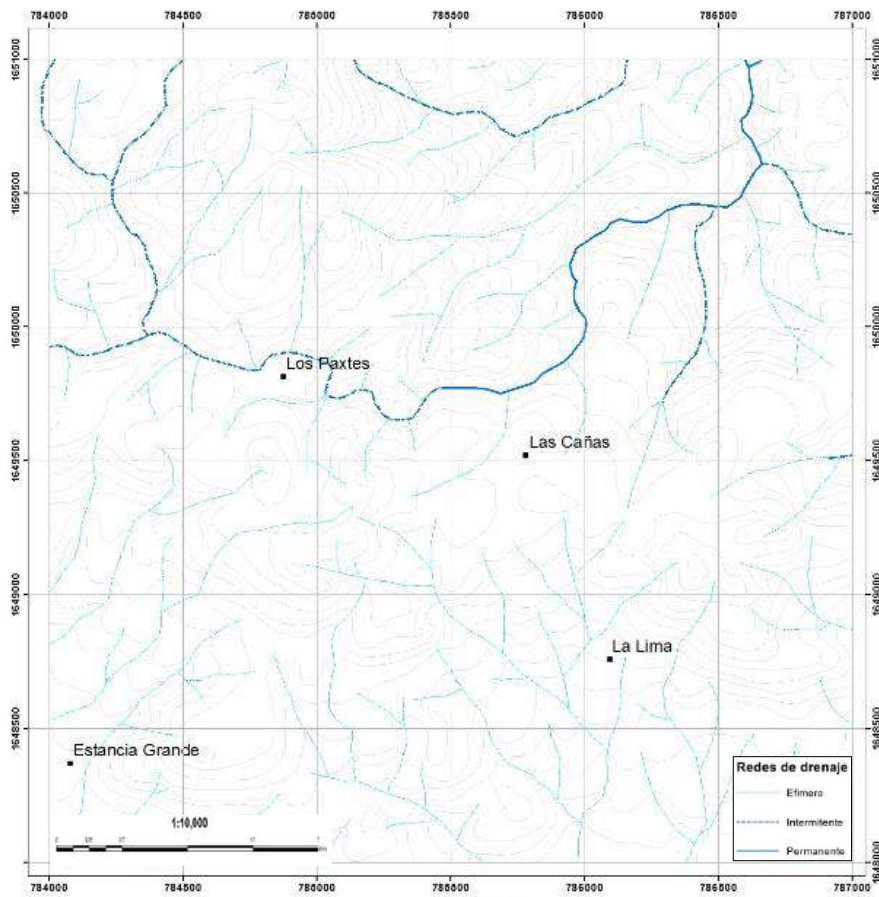
c) Subunidad de coluvión

Se localiza al SE del área en la aldea La Lima. Puede ser identificada por la presencia de bloques sueltos no *in situ* principalmente de Serpentinita.

4.3.3 Hidrología

El área en estudio se caracteriza por patrones de drenaje sub paralelos definidos con un control estructural en sentido E-W al N del área y sub dendrítico, formando pequeñas ramificaciones al S. (Figura 17).

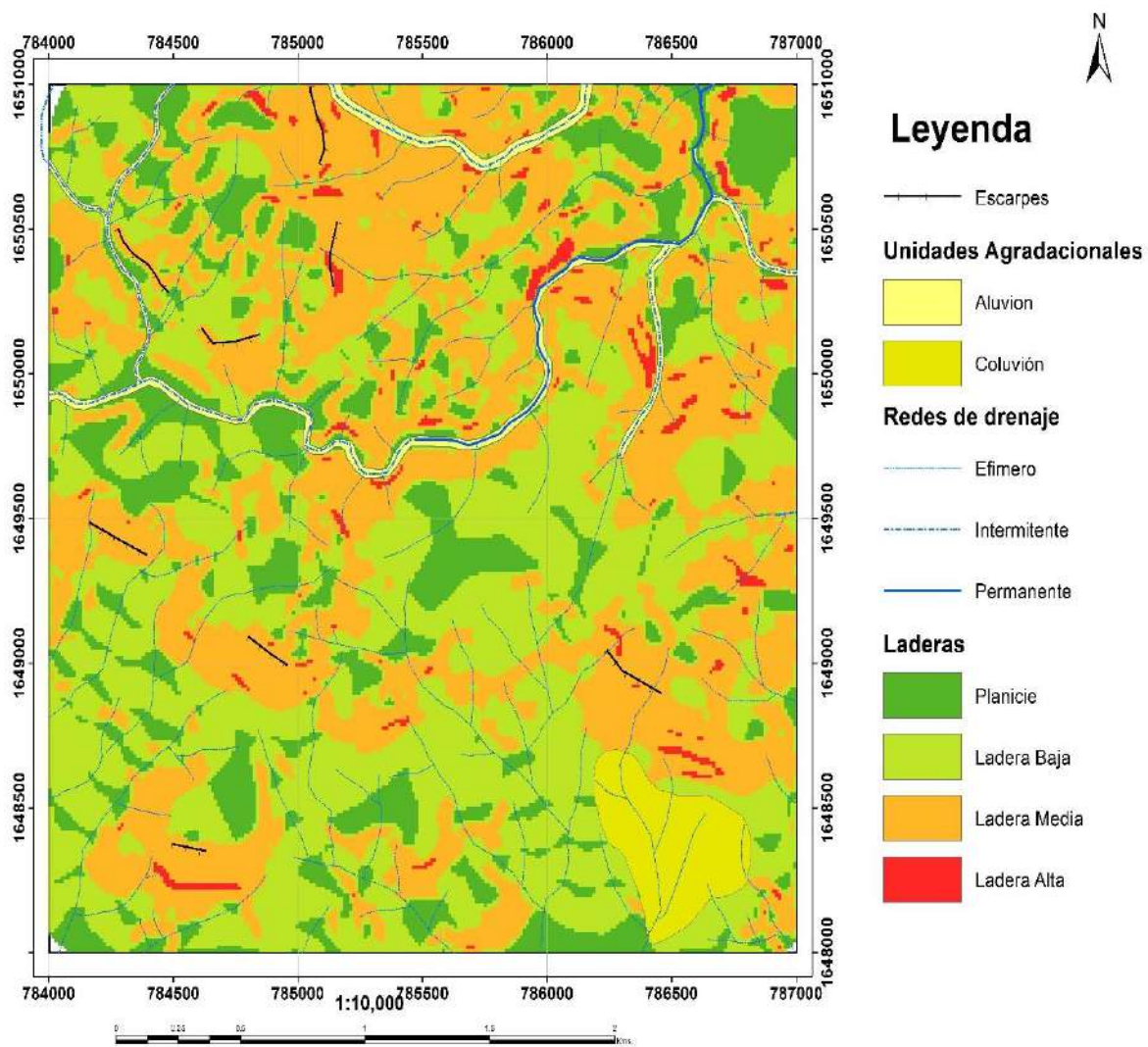
FIGURA 17
MAPA DE PATRONES DE DRENAJE



Fuente: Investigación de Campo. Año 2,016.

A partir de la información descrita anteriormente, se generó el mapa geomorfológico el cual presenta las diferentes geoformas identificadas en campo (Figura 18).

FIGURA 18
MAPA GEOMORFOLÓGICO, LAS CAÑAS, SALAMÁ



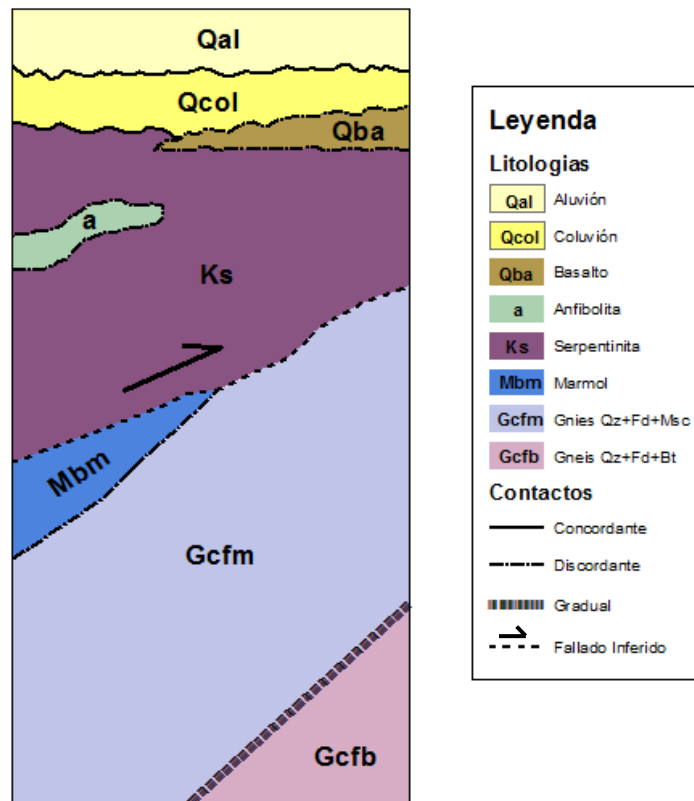
Fuente: Investigación de Campo. Año 2 016.

CAPITULO 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Unidades litodémicas

En el área de estudio se identificaron según orden relativo de antigüedad la unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita (Gcfb), unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita (Gcfm), unidad de mármol (Mbm), unidad de serpentinita (Ks), unidad de anfibolita (a), unidad de basalto (Ba), unidad de coluvión (Qcol) y unidad de aluvión (Qal) (Figura 19).

**FIGURA 19
COLUMNA LITODÉMICA LOCAL**



Fuente: Investigación de Campo. Año 2,016.

La localización geográfica del área, sitúa a las unidades en la parte más sureña del Bloque Maya, por lo que pueden ser correlacionadas regionalmente con el Complejo Chuacús.

La principal similitud con éste complejo son las características mineralógicas, como la presencia de cuarzo, feldespato, moscovita, biotita, plagioclasas y granate, como lo describe Van den Boom en 1972.

Otra característica importante es la textura, el tamaño de grano y la interfoliación de las unidades, lo que indica que los protolitos pudieron ser sedimentos pelíticos y areniscas, aunque es evidente que todo rastro ha sido borrado por los múltiples eventos de deformación.

La unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita, se encuentra en contacto gradual con la unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita. Se caracteriza por sus tonalidades en blanco y negro, granulometría que va de fino a medio, con textura granolepidoblástica. Se caracteriza por una mineralogía constituida por cuarzo, biotita, feldespato, moscovita, óxidos de hierro y epidota.

La unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita se encuentra en contacto gradual con la unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita; en contacto discordante con la unidad de mármol y basalto; y en contacto inverso inferido con la unidad de serpentinita.

Se caracteriza por ser de color blanco con textura granolepidoblástica de grano medio y por presentar una mineralogía constituida por cuarzo, moscovita, plagioclasas y feldespato. Además, presenta bandas de anfíbolita con moscovita, de color verde oscuro de textura lepidoblástica y cuya mineralogía es anfíboles, plagioclasas, moscovita y piroxenos.

Dentro de esta unidad se pueden distinguir 3 subunidades, que difieren en el contenido mineralógico. La subunidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita y hornblenda constituida por cuarzo, plagioclasas, moscovita, hornblenda y feldespatos.

La subunidad de gneis feldespático con granates conformada por plagioclasas, cuarzo, moscovita, granate, piroxenos y hornblenda. La subunidad de cuarcita con mineralogía constituida por cuarzo, ¿cianita?, moscovita y hornblenda.

Luis Chiquín (2 001), reporta la presencia de gneises asociados a anfibolitas y esquistos en el área de Granados, cuyas características mineralógicas y relaciones de campo pueden corresponder con las unidades descritas en esta investigación y que corresponden también con rocas del Complejo Chuacús. La edad que se le asignó a estas unidades esta entre el Paleozoico inferior o más antiguo según el mismo autor.

La unidad de mármol, que se encuentra en contacto discordante con la unidad de basalto y la unidad de gneis cuarzo feldespático con moscovita; y en contacto fallado inverso inferido con la unidad de serpentinita, se caracteriza por su color blanco-gris claro, de grano medio a grueso, con textura granoblástica y mineralógicamente constituida de calcita.

Dentro de esta unidad se distinguen 2 subunidades que difieren en el contenido mineralógico. La subunidad de mármol con moscovita, constituida por calcita, moscovita, cuarzo, plagioclasas y minerales opacos; y la subunidad de mármol con anfibolita, conformada por anfíboles, calcita, plagioclasas, minerales arcillosos y cuarzo.

Machorro en 1 993, describe un cuerpo de mármol al W de Pachalum, El Quiche, con las mismas características litológicas, lo cual sugiere que

esta unidad puede ser parte de un cinturón del mármol orientado E-W en la parte central de Guatemala, que es correlacionado con el llamado Mármol Pucal (Kesler, 1970).

La unidad de serpentinita se encuentra en contacto fallado inverso inferido con las unidades de mármol y gneis cuarzo feldespático con moscovita; y en contacto discordante con las unidades de anfibolita y basalto.

Es de color verde claro, con textura fina, caracterizada por una mineralogía definida por serpentina, talco y minerales opacos. Dentro de esta unidad se pueden distinguir cuerpos de eclogita, la cual está compuesta por actinolita, onfacita, andradita y jadeita.

Por la ubicación geográfica, cercana a la traza de la zona de falla motagua, la unidad de serpentinita se puede correlacionar con Grupo El Tambor, ya que éste se extiende a lo largo del valle del Río Motagua, además de encontrarse como cuerpos esparcidos cabalgantes al N y S del mismo Río.

Beccaluva, et al., (1994), describe estos cuerpos ofiolíticos como boudines entre estructuras subverticales, de la parte alta del valle del Motagua hacia el W y los litotipos principales son peridotitas altamente serpentinizadas, gabros y anfibolitas. La edad de emplazamiento de las ofiolitas, según Fourcade, et al., (1994), es Maastrichtiano (Chiquin, 2001).

La unidad de anfibolita es de color verde oscura, con textura porfiroblástica, caracterizada por una mineralogía definida por plagioclasas, anfíboles, moscovita, granates, circón y óxidos de hierro. Dentro de esta unidad se puede identificar un gneis moscovítico, el cual está constituido por cuarzo, moscovita, feldespatos, granates y piroxenos.

La Anfibolita también puede correlacionarse con el Grupo El Tambor ya que en las descripciones realizadas por otros autores (Beccaluva, Fourcade y otros) existe una estrecha relación entre serpentinitas y anfibolitas en los cuerpos ofiolíticos encontrados tanto al N como S de la Zona de Falla del Motagua, como consecuencia de su coexistencia de sus protolitos en la corteza oceánica antes del cabalgamiento.

La unidad de basalto es de color gris oscuro a negro, con textura afanítica y mineralogía compuesta por una matriz de plagioclasas-olivinos y fenocristales de olivino. Se encuentra en contacto discordante con las unidades de mármol, gneis cuarzo feldespático con moscovita y serpentinita. La génesis de estos cuerpos de roca volcánica puede ser consecuencia de flujos de lava fisurales a partir de la actividad volcánica que ha experimentado al S de Guatemala.

La unidad de coluvión está conformada por bloques sueltos principalmente de serpentinita, mientras que la unidad de aluvión está conformada por material no consolidado y bancos de arena, depositado en la rivera de la Quebrada la Danta.

5.2 Análisis estructural

Basados en los datos recolectados en campo y la relación geométrica que guardan entre sí, se proponen cuatro modelos estructurales, correspondiendo dos al dominio frágil y dos al dominio dúctil, los cuales se presentan a continuación.

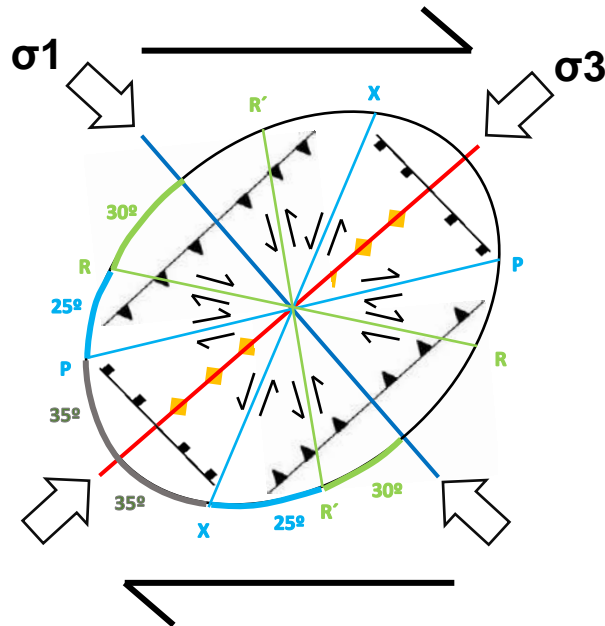
5.2.1 Dominio frágil

Para los modelos estructurales del dominio frágil, se tomaron en cuenta, según su dirección promedio, las familias de fallas normales,

inversas, de rumbo dextral y sinistral; grietas de tensión y diaclasas, que geoméricamente coinciden entre sí.

Con base a la geometría del modelo teórico de deformación, se construyeron los modelos 1 y 2 del dominio frágil. (Figura 20).

FIGURA 20
MODELO DE DEFORMACIÓN TEÓRICO



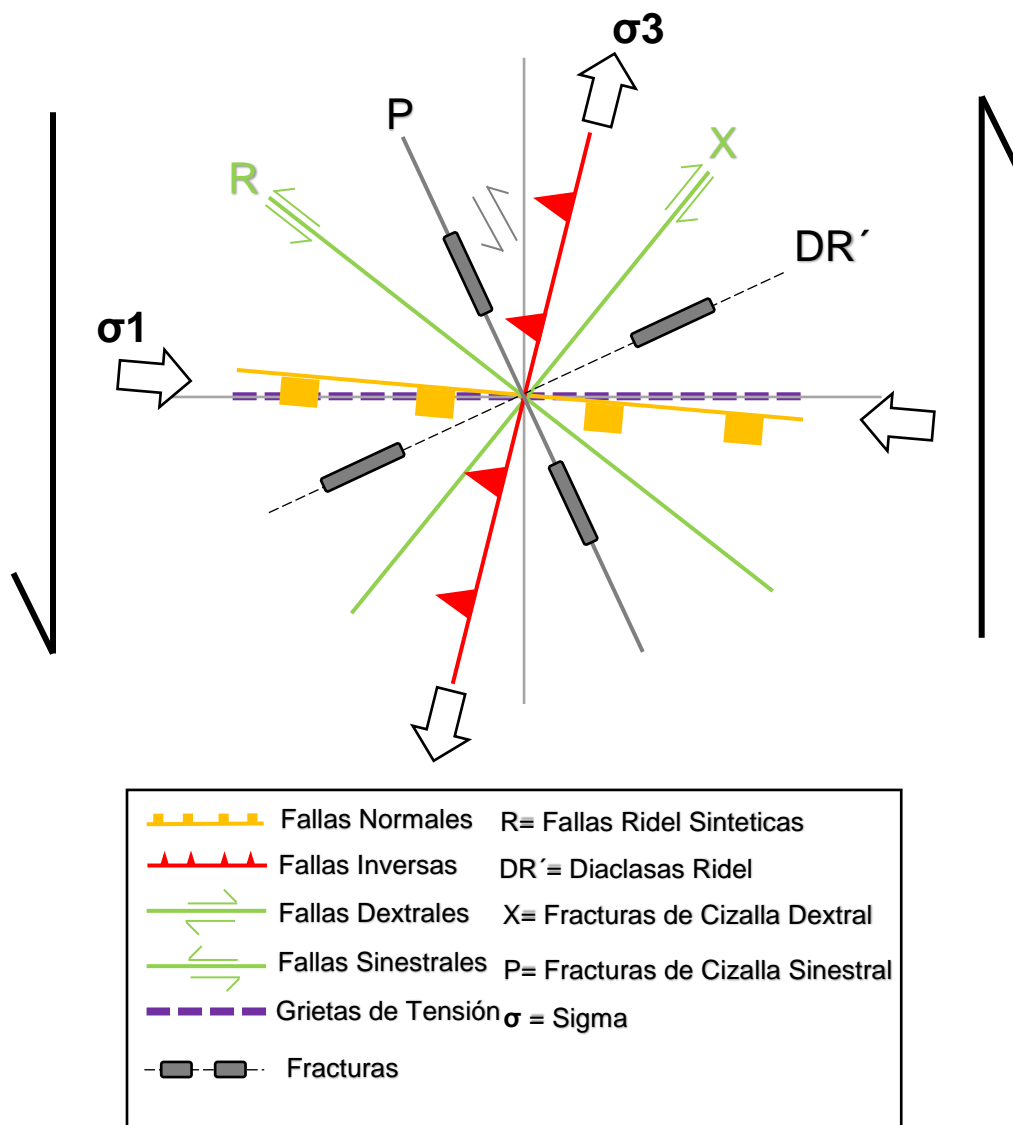
Fuente: Modificado de: Ken McClay. The mapping of geological structures. Traducción: Ing. Geol. Mauricio Chiquin Yoj. 2 010.

a) Modelo estructural frágil 1

Para el modelo estructural frágil 1, se consideraron las estructuras geológicas con base a su dirección media siguientes: Fallas normales 47°/N185° y pitch 69°SE (familia uno); fallas inversas 68°/N284° y pitch 67°SW (familia uno); fallas dextrales 41°/N309° y pitch de 39°NE (familia uno); fallas sinestrales 58°/N38° y pitch 13°SE (familia uno) y 60°/N245° con pitch 14°NW (familia cuatro); grietas de tensión con rumbo N270°

(familia uno) y N90° (familia cinco); diaclasas con rumbo N155° (familia cinco) y N65° (familia once). Figura 21.

FIGURA 21
MODELO ESTRUCTURAL FRÁGIL 1



Fuente: Investigación de campo. 2 106.

Geoméricamente las fallas normales y fallas inversas guardan un ángulo entre sí de $\sim 99^\circ$, las grietas de tensión poseen un rumbo preferencial de E-W, semi paralelas a las fallas

normales, con una variación de 5° con respecto al rumbo de las anteriores.

La familia uno de fallas dextrales se consideran como fallas X (fracturas de cizalla dextral), con una variación de $\sim 56^\circ$ con respecto al rumbo de las fallas normales (el modelo teórico establece 55° entre ambas estructuras).

La familia uno de fallas sinestrales geoméricamente representan las fallas Riedel sintéticas (R) las que poseen un ángulo de $\sim 33^\circ$ con respecto al rumbo de las fallas normales. El modelo teórico establece una diferencia de 30° .

La familia cuatro de fallas sinestrales representan cinemática y geoméricamente a las fracturas de cizalla sinestral (P), con una diferencia de $\sim 60^\circ$ entre su rumbo y el rumbo de las fallas normales. El modelo teórico establece un ángulo de 55° entre el rumbo de ambas estructuras.

El rumbo de la familia de diaclasas cinco corresponde geoméricamente con el rumbo de las fallas X, mientras que la familia once representa geoméricamente el rumbo de las fallas Riedel Antitéticas (R') según el modelo teórico. El ángulo que existe entre el rumbo de esta familia de diaclasas y las fallas normales es de $\sim 31^\circ$.

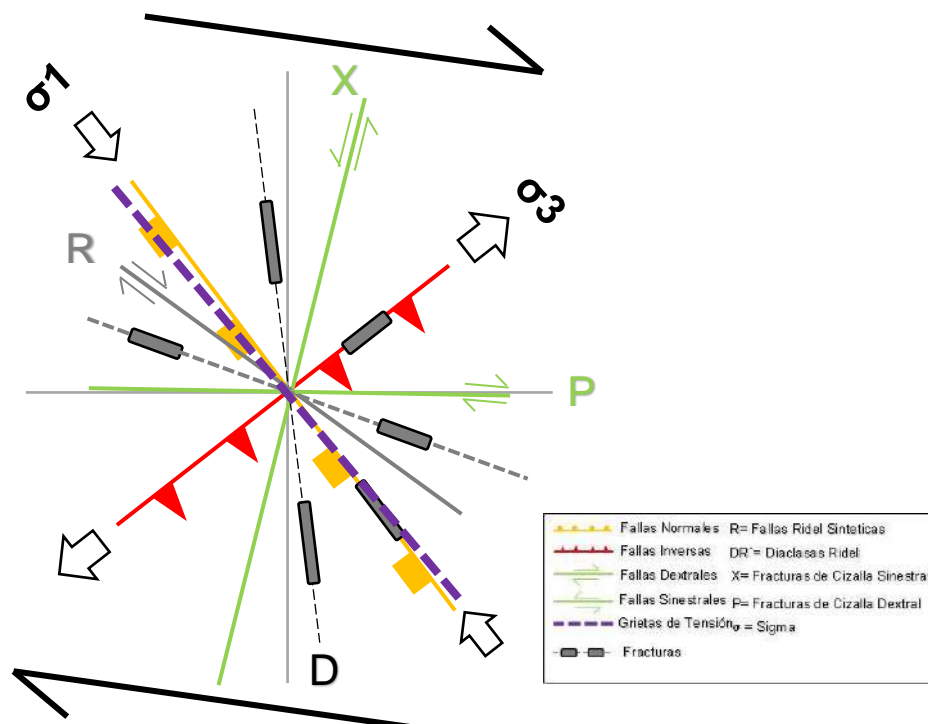
Para determinar la orientación de σ_1 y σ_3 se utilizó la geometría y cinemática de todas las estructuras que conforman éste modelo. Se obtuvo una media de $N093^\circ$ para σ_1 y $N008^\circ$ para σ_3 . La relación geométrica entre ambos sigmas es de 85° .

b) Modelo estructural frágil 2

Para el modelo estructural frágil 2, se consideraron las estructuras geológicas con base a su dirección media siguientes: Fallas normales $78^{\circ}/N233^{\circ}$ y pitch 85° SE (familia dos); fallas inversas $50^{\circ}/N142^{\circ}$ y pitch 67° SW (familia dos); fallas dextrales $47^{\circ}/N36^{\circ}$ y un pitch con sentido ESE (familia dos) y $49^{\circ}/N181^{\circ}$ con un pitch de 34° W (familia 3).

También se tomaron en cuenta, las fallas sinestrales $63^{\circ}/N284^{\circ}$ y pitch con sentido SSW (familia dos); grietas de tensión con rumbo $N320^{\circ}$ (familia tres); diaclasas con rumbo $N320^{\circ}$ (familia cuatro), $N290^{\circ}$ (familia nueve), $N350^{\circ}$ (familia 7) y $N50^{\circ}$ (familia 10). Figura 22.

FIGURA 22
MODELO ESTRUCTURAL FRÁGIL 2



Fuente: Investigación de campo, 2 106.

Geoméricamente las fallas normales y fallas inversas guardan un ángulo entre sí de 91° , las grietas de tensión poseen un rumbo preferencial de $N320^\circ$, semi paralelas a las fallas normales, con una variación de 3° con respecto al rumbo de las anteriores.

La familia dos de fallas dextrales presentan un rumbo de $N306^\circ$, además la familia nueve de diaclasas con rumbo $N290$, geoméricamente concuerdan con las fallas R (Riedel Sintéticas) del modelo teórico, con una variación promedio de $\sim 27^\circ$ con respecto al rumbo de las fallas normales (el modelo teórico establece 30° entre ambas estructuras).

La familia tres de fallas dextrales geoméricamente representa a las fracturas de cizalla dextral (P), las que poseen un ángulo de $\sim 52^\circ$ con respecto al rumbo de las fallas normales. El modelo teórico establece una diferencia de 55° .

La familia dos de fallas sinestrales representan cinemática y geoméricamente a las fracturas de cizalla sinestral (X), con una diferencia de $\sim 51^\circ$ entre su rumbo y el rumbo de las fallas normales. El modelo teórico establece un ángulo de 55° entre el rumbo de ambas estructuras.

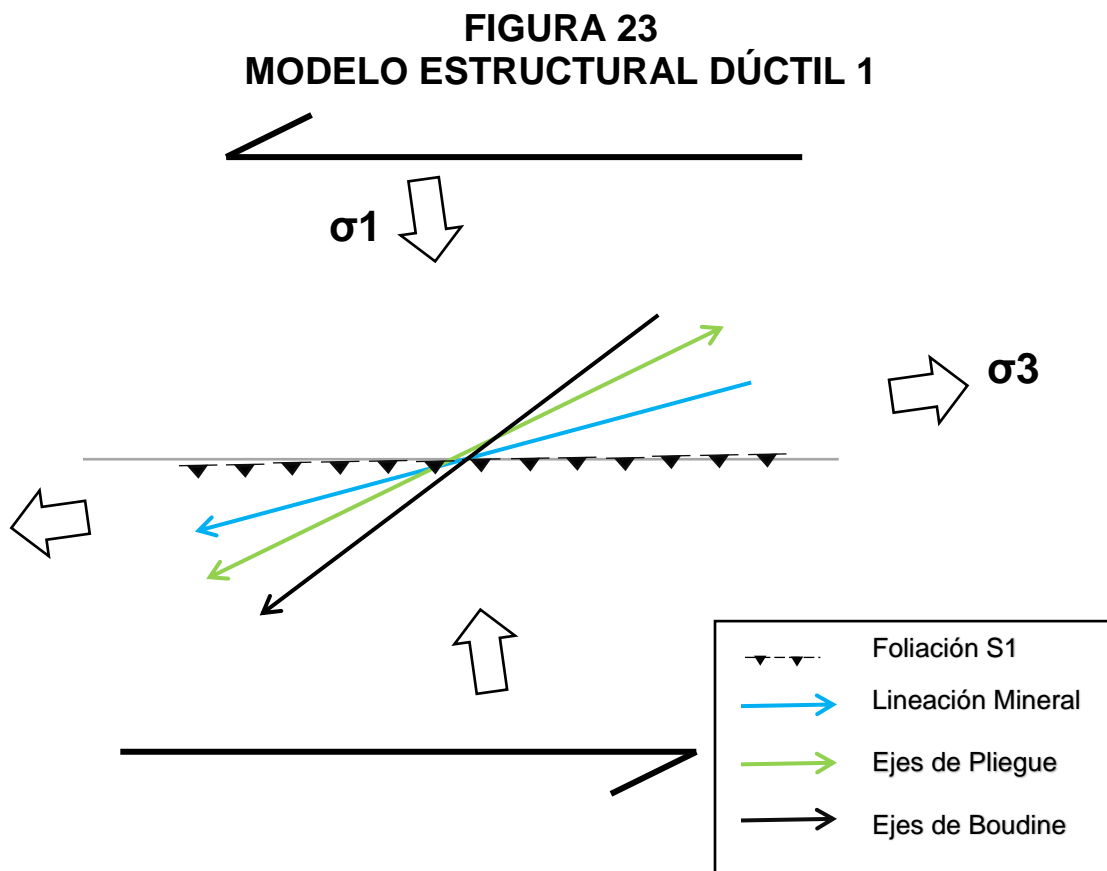
El rumbo de la familia diez de diaclasas corresponde geoméricamente con el rumbo de las fallas inversas, la familia cuatro corresponde al rumbo de las fallas normales, mientras que la familia siete representa geoméricamente el rumbo de las fallas Riedel Antitéticas (R') según el modelo teórico. El ángulo que existe entre el rumbo de ésta última familia de diaclasas y las fallas normales es de $\sim 27^\circ$.

Para determinar la orientación de σ_1 y σ_3 se utilizó la geometría y cinemática de todas las estructuras que conforman dicho modelo. Se obtuvo una media de N323° para σ_1 y N232° para σ_3 . La relación geométrica entre ambos sigmas es de 91°.

5.2.2 Dominio dúctil

Para los modelos estructurales del dominio dúctil, se tomaron en cuenta, según su dirección promedio, las familias de foliación, lineación mineral, ejes de pliegues y ejes de boudines, que geoméricamente coinciden entre sí.

a) Modelo estructural dúctil 1



Fuente: Investigación de campo, 2 016.

Para el modelo estructural dúctil 1, con base a su geometría y orientaciones preferenciales de sus rumbos, se tomaron en cuenta las estructuras foliación S1, 47°/N179°; familia uno de lineación mineral, 51°/N255°; familia uno de ejes de pliegue, con inmersiones hacia 45°/N64° y 51°/N244°; la familia uno de ejes de boudines, con inmersión hacia 51°/N233°. (Figura 23).

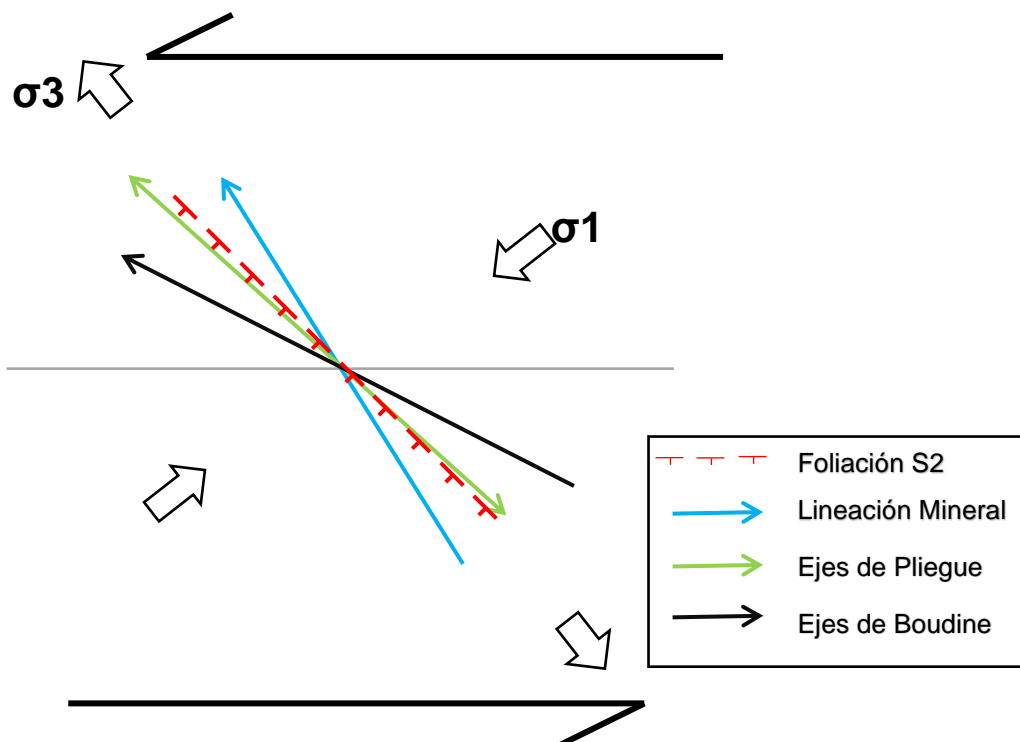
La geometría presentada por las estructuras que conforman dicho modelo, permitió establecer una media de N352° para σ_1 y N262° para σ_3 .

La relación angular entre el rumbo de la foliación S1 y la lineación mineral es de ~14°; entre el rumbo de la foliación S1 y los ejes de pliegue es ~25°; entre el rumbo de la foliación S1 y los ejes de boudine es ~36°.

b) Modelo estructural dúctil 2

Para el modelo estructural dúctil 2, con base a su geometría y orientaciones preferenciales de sus rumbos, se tomaron en cuenta las estructuras Foliación S2, 46°/N225°; familia dos de lineación mineral, 48°/N328°; familia dos de ejes de pliegue, con inmersiones hacia 65°/N132° y 47°/N312°; la familia dos de ejes de boudines, con inmersión hacia 40°/N297°. (Figura 24).

FIGURA 24
MODELO ESTRUCTURAL DÚCTIL 2



Fuente: Investigación de campo, 2 016.

La geometría presentada por las estructuras que conforman dicho modelo, permitió establecer una media de $N052^\circ$ para σ_1 y $N322^\circ$ para σ_3 .

La relación angular entre el rumbo de la foliación S2 y la lineación mineral es de $\sim 13^\circ$; entre el rumbo de la foliación S2 y los ejes de pliegue es $\sim 3^\circ$; entre el rumbo de la foliación S2 y los ejes de boudines es $\sim 18^\circ$.

5.3 Análisis de los modelos estructurales

En el área de investigación se identificaron cuatro modelos estructurales, dos que corresponden al dominio frágil y dos al dominio dúctil.

El modelo 1 del dominio frágil posee una cinemática sinestral, la cual se asocia a la Zona de falla del Motagua, con una probable variación del rumbo de la traza, presentando un σ_1 de N093°. Esta variación de la traza se debe a que la Zona de Falla Motagua no es una superficie continua y paralela, sino que presenta saltos e irregularidades que dan como consecuencia un grado mayor de complejidad al momento de establecer modelos de deformación local.

El modelo 2 presenta una aparente cinemática dextral general, opuesta a la que en la actualidad presenta la zona de falla Motagua, por lo que se puede interpretar, que la dinámica del área de investigación se encuentra influenciada o más próxima a una traza de falla Riedel antitética de la falla regional Motagua, que es la que refleja una deformación de tipo dextral para este modelo.

En cuanto a los modelos del dominio dúctil, estos evidencian una mayor relación con la dinámica de la Zona de Falla Motagua, ya que los sigmas 1 (N352° y N052°) y sigmas 3 (N322° y N262°) concuerdan con la dinámica que actualmente presenta dicha zona de falla y con un modelo secundario N-S como consecuencia del choque entre el Bloque Maya y el Bloque Chortí.

CONCLUSIONES

a) Generales

Se identificó y clasificó con base a su textura y contenido mineralógico, ocho unidades litológicas: unidad de gneis cuarzo feldespático con biotita, gneis cuarzo feldespático con moscovita (con subunidades de gneis cuarzo feldespático con moscovita y hornblenda; gneis feldespático con granates; y cuarcita).

También se delimitó un cuerpo de mármol con bandas menores a un m, denominadas como subunidades de mármol con moscovita y mármol con anfibolita. Todas estas unidades se asocian al Complejo Chuacús.

La unidad mapeada de serpentinita con cuerpos aislados de eclogita es asociada al Grupo El Tambor; dentro de la cual se encuentra la unidad de anfibolita con lentes de gneis moscovítico.

De igual forma se identificó la unidad de Basalto. Se describieron unidades más recientes como lo son coluvión y aluvión.

Dentro de las unidades aflorantes en el área se midió estructuras de dominio frágil como diaclasas, grietas de tensión y también fallas, las cuales fueron clasificadas por la presencia de tectoglifos (como estrías) en: normales, inversas, dextrales y sinestrales. Aunque también están presentes estructuras que evidencia el dominio dúctil de la zona como pliegues, lineación mineral y boudines.

b) Específicas

A través del análisis de estereogramas se logró identificar las siguientes familias de fallas, para las fallas normales las orientaciones son $48^{\circ}/N185^{\circ}$ y pitch $69^{\circ}SE$ y $78^{\circ}/N233^{\circ}$ y pitch $85^{\circ}SE$. De igual forma el área presenta dos grupos de fallas inversas con dirección $68^{\circ}/N284^{\circ}$ y un pitch de $67^{\circ}SW$ y $50^{\circ}/N142^{\circ}$ y pitch de $67^{\circ}SW$. Se estableció tres familias de fallas dextrales: $41^{\circ}/N309^{\circ}$ y pitch de $39^{\circ}NE$; $47^{\circ}/N40^{\circ}$ y pitch hacia el ESE; y la tercera familia con orientación $49^{\circ}/N181^{\circ}$ y un pitch de $34^{\circ}W$.

Se clasificó cuatro familias de fallas sinestrales: $58^{\circ}/N38^{\circ}$ y pitch $13^{\circ}SE$; $63^{\circ}/N284^{\circ}$ y pitch SSW; la tercera es un conjunto con una orientación de $49^{\circ}/N180^{\circ}$ y pitch $39^{\circ}W$; y la cuarta $60^{\circ}/N245^{\circ}$ con un pitch de $14^{\circ}NW$.

Para el análisis del modelo estructural frágil uno de tipo sinestral, se utilizó las familias uno de fallas normales y de fallas inversas las cuales guardan un ángulo de 99° entre ellas, las grietas de tensión muestran 5° de variación con respecto a las fallas normales.

Asociadas a este modelo encontramos la familia uno de fallas dextrales, que guardan una relación de 56° con respecto a las fallas normales y definidas como X.

La primera familia de fallas sinestrales representan a las R con 30° entre las grietas y las fallas normales, también se incluyó la cuarta familia de fallas sinestrales, ya que tiene 30° entre las R y 60° con las grietas de tensión.

El modelo principal del dominio frágil nombrado modelo 1 presenta σ_1 en $N093^{\circ}$, y σ_3 $N008^{\circ}$, el cual evidencia una cinemática de tipo

sinistral, asociada a la Zona de Falla del Motagua. Aunque se presenta un segundo modelo con σ_1 N323° y N232° para σ_3 probablemente sea a una falla Ridel antitética del Motagua.

El modelo propuesto con orientación de σ_1 en N093° y σ_3 en N008°, con cinemática sinistral, posee el mismo sentido de la Zona de Falla del Motagua, pero con una variación aproximada de 48° con respecto a la traza principal para la zona de estudio para la deformación del dominio frágil.

Por complemento, se analizaron las estructuras del dominio dúctil (foliación, lineación mineral, ejes de boudines y ejes de pliegues); las cuales muestran de igual manera dos modelos.

Uno de ellos, el modelo estructural dúctil dos, presenta una cizalla sinistral, el cual evidencia la deformación de la zona de sutura del Motagua, así como del modelo estructural frágil uno propuesto.

RECOMENDACIONES

Debido a la variedad mineralógica existente dentro de las unidades litológicas expuestas dentro del área de investigación, se sugiere realizar un análisis petrográfico detallado, para la determinación de facies metamórficas.

Así mismo, se propone como tema de investigación realizar dataciones radiométricas en los alrededores del área, para establecer la edad relativa del último evento metamórfico.

Ubicar y delimitar lentes de eclogita dentro de la unidad de serpentinita a escala detallada (<1:5 000) para realizar estudios de difracción de rayos X y geoquímica para una mejor descripción mineralógica.

La presencia de basalto dentro de rocas metamórficas, probablemente indica un origen fisural, por lo que se propone realizar una delimitación y estudios geoquímicos de los basaltos, para determinar la composición del magma del cual procede, así como realizar estudios de datación por el método U-Pb, para la determinación de una edad relativa de los mismos.

BIBLIOGRAFÍA

- Cacao Chiquín, Erick Noe. *Cartografía Geológica en los alrededores de la Comunidad la Canoa, municipio de Salamá, Baja Verapaz*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2005.
- Centro Universitario del Norte -CUNOR-. *Gira de campo educativa valle del Motagua. The Guatemala Suture Zone*. Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2012.
- Chiquín, Luis G. y Jaime E. Requena. *Mapeo Geológico de Superficie del Cuadrángulo Granados. Escala 1:50,000* Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Dirección General de Investigación. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2001.
- Chiquín Yoj, Mauricio. (Comp.) *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala Norte y Centro*. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 1985.
- Cuc Pérez, Aldo Brandini. *Diagnostico socioeconómico, potencialidades productivas y propuestas de inversión*. Ejercicio Profesional Supervisado. Licenciatura en Contaduría Pública y Auditoría. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Ciencias Económicas, 2009.
- Díaz Morales, Juanangel. *Cartografiado Geológico a los alrededores de las Cañas, Salamá, Baja Verapaz*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2005.
- Donnelly Thomas, Et. Al. *Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks*. Estados Unidos de America: The Geological Society of America, 1990.

- Instituto Geográfico Nacional -IGN-. *Hoja topográfica El Chol (2161 VI)*. Escala 1:50,000 color. Guatemala: IGN., 1999.
- Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología de Guatemala -INSIVUMEH-. *Marco Tectónico para Guatemala*. <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/indice%20sismo.htm> (03 de marzo de 2016).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-. *Mapa Fisiográfico-Geomorfológico de la República de Guatemala, a escala 1:250,000 -Memoria Técnica-*. Unidad de Políticas e información estratégica. Guatemala: Programa de emergencia por desastres naturales, 2001.
- Ortega Gutierrez, Fernando Et. Al. *Exsolution-Inclusion petrographic Phenomena in Eclogitic Tocks of the Chuacús Complex, Guatemala Insights into its Burial and Exhumation History*. Universidad Nacional Autónoma. México: Instituto de Geología, 2004.
- Ortega Obregón, Carlos. *Caracterización estructural, petrológica y geoquímica de la zona de cizalla Baja Verapaz*. Universidad Nacional Autónoma. México: Universidad Nacional Autónoma, 2005.
- Requena, Jaime. *Geología del Cuadrángulo de la Hoja Salamá*. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 1999.
- Secretaria de Planificación y Programación de la Presidencia -SEGEPLAN-. *Plan de desarrollo, Salamá, Baja Verapaz, periodo 2011-2025*. http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=itemlist&ask=category&id=3:baja-verapaz&Itemid=333 (25 de octubre de 2016).
- Van den Boom, Günter. *Petrofazielle Gliederung des metamorphen Grundgebirges in der Sierra de Chuacús, Guatemala*. Netherlands, Deutschalnd: snt., 1972.
- Valdez Soto, César Gabriel. *Levantamiento geológico en los alrededores de la aldea Las Vigas, Salamá, Baja Verapaz*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2005.



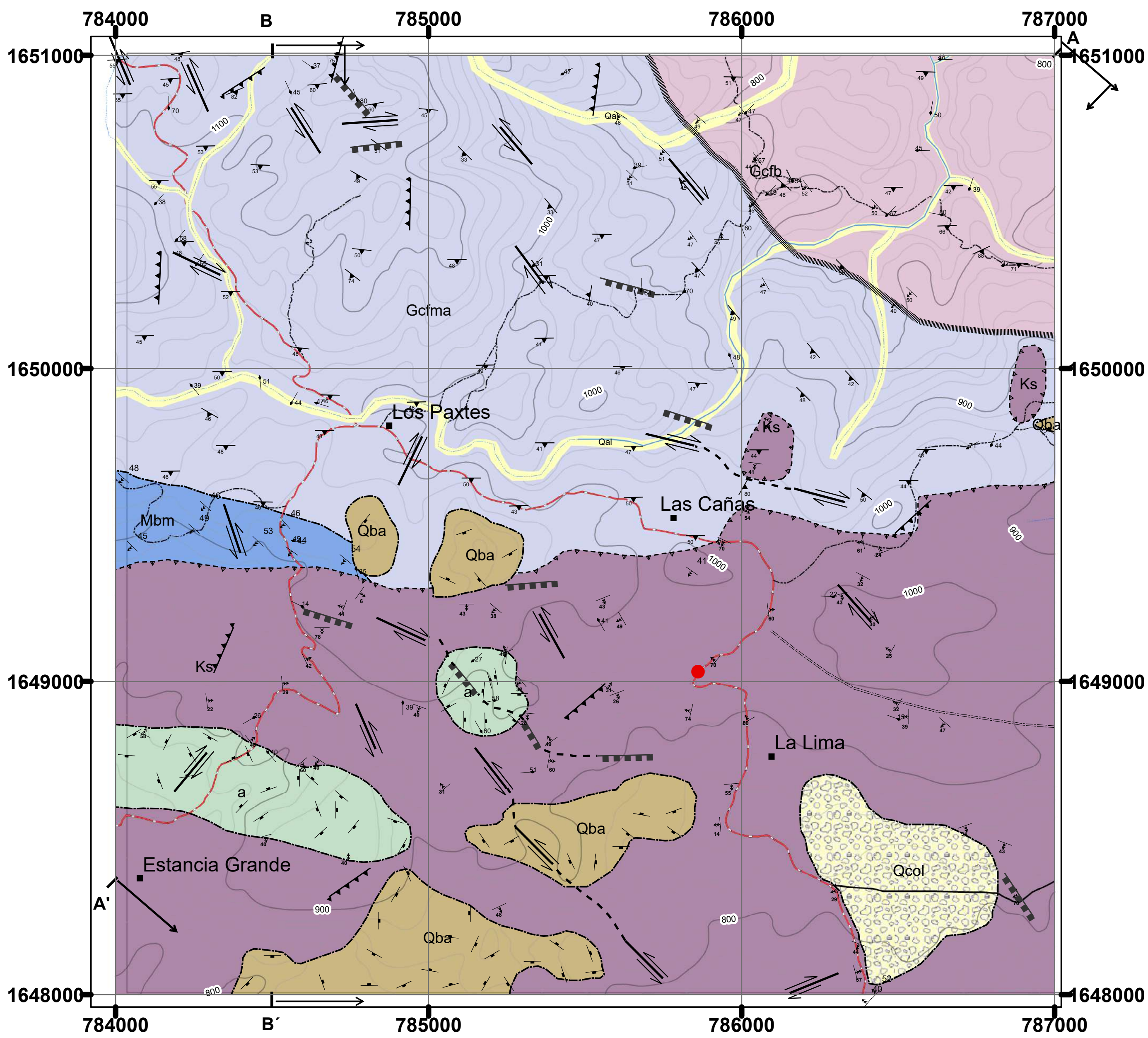
V.º B.º

Adán García Veliz

Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario

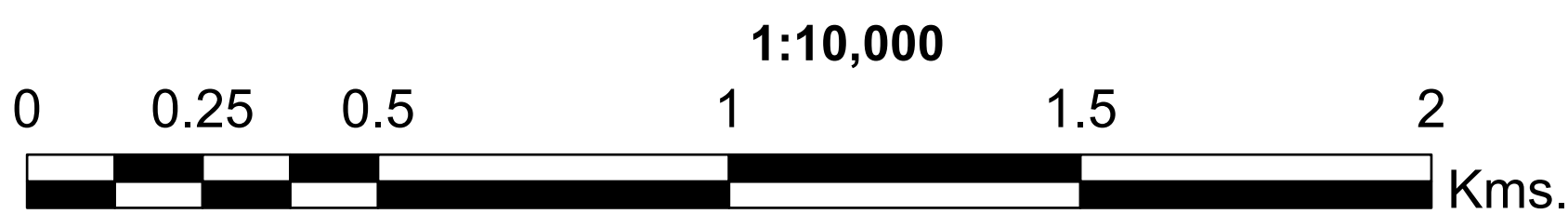
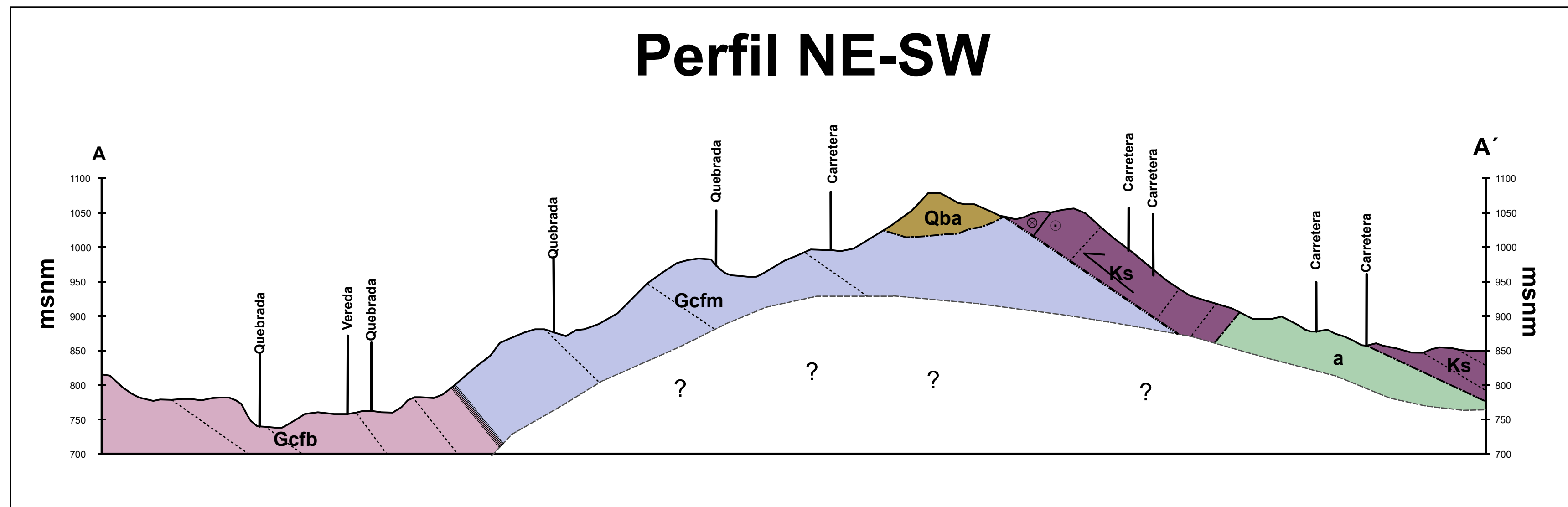
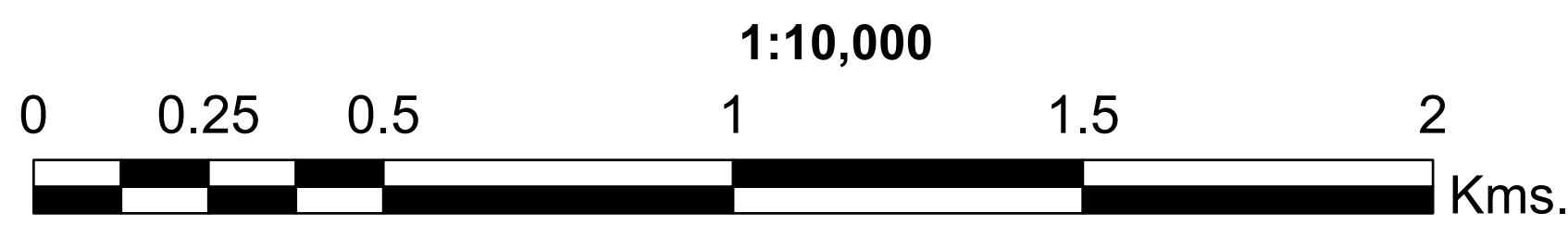
ANEXOS

LAS CAÑAS, SALAMÁ



Leyenda

Qal	Aluvion
Qcol	Coluvión
Qba	Basalto
a	Anfibolita
Ks	Serpentinita
Mbm	Marmol
Gcfm	Gneis Qz+fd+msc
Gcfb	Gneis Qz+fd+bt



ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

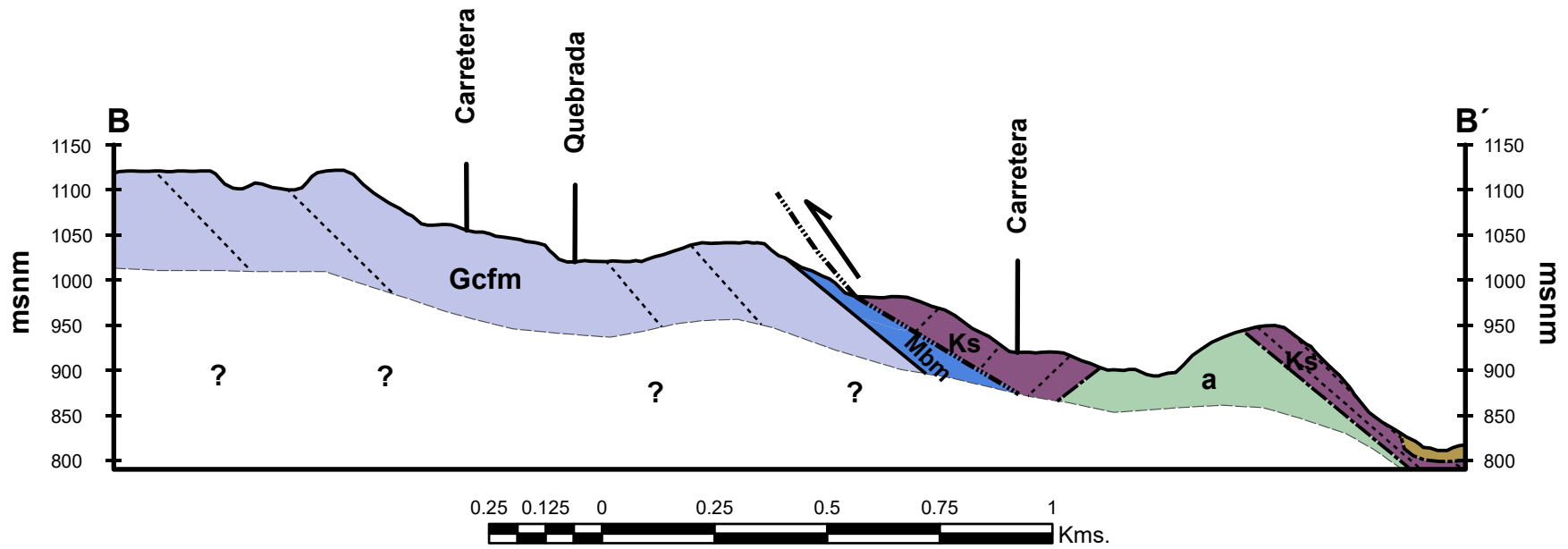
CUBULCO 2061 II	SALAMA 2161 III	SAN JERONIMO 2161 II
GRANADOS 2060 I	EL CHOL 2160 IV	EL PROGRESO 2160 I
SAN JUAN SACATEPEQUEZ 2060 II	SAN PEDRO AYAMPUC 2160 III	SANARATE 2160 II

SIMBOLOGÍA

● Eclogita	Vías de acceso	■ poblados
Contactos	— Carretera Principal	Fallas
— Concordante	— Carretera 2do. Orden	⊙ ○ Falla dextral
- - - - - Discordante	- - - - - Vereda	- - - - - Interpretada
- · - · - · - Fallado Inferido	Estructuras	⋈ Inversa
▬ Gradual	▲ Foliación S1	⇐ Sinestral
Redes de drenaje	± Foliación S2	▬ Normal
— Permanente	⋯ Foliación perfil	⇨ Dextral
- - - - - Intermitente	— Fractura	
	↑ Eje de Pliegue	
	⋯ Eje de Pliegue Inferido	
	— Curvas de Nivel 100m	
	— Curvas de Nivel 20 m	

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	Centro Universitario Del Norte -CUNOR-	
	Trabajo Final de Campo -TFC-	
Contiene: MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO LAS CAÑAS, SALAMÁ		
Trabajo realizado por: Hugo Leonardo Hernández Cajas 200740103		
Escala Horizontal 1:10,000 Escala Vertical (Perfil) 1:5,000	Revisado por: Ing. Geol. Ricardo Milán	Referencia Especial: WGS84; Sistema de Coordenadas: UTM
		ANEXO No. 01

Perfil N-S



Leyenda

- | | |
|------------------------|-----------------------------|
| Qba Basalto | Mbm Marmol |
| a Anfibolita | Gcfm Gneis Qz+Fd+Msc |
| Ks Serpentinita | |

Simbología

- | | |
|------------------|--------------------|
| Contactos | Estructuras |
| --- Discordante | --- Falla |
| --- Inferido | --- Foliación |
| — Concordante | |

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
	Centro Universitario Del Norte - CUNOR-
	Trabajo Final de Campo - TFC-
Contenido: PERFIL B-B' GEOLÓGICO LAS CAÑAS, SALAMÁ	
Trabajo realizado por: Hugo Leonardo Hernández Cajas 200745103	
Escuela Profesional: 15-03-00 Escuela Vertical (Paso): 15-03-00	Asesorado por: Ing. Geol. Ricardo Milán Sistema de Coordinación: 150
ANEXO No. 02	

ANEXO 03

- Composición mineralógica por DFRX (figura 3):
 - Actinolita (Fe-Mn-Mg-Ca-Na-F-Si-O) – 35%
 - Onfacita (Mg-Fe-Cr-Ca-Na-Si-O) – 29%
 - Andradita ($3\text{CaO}\cdot\text{Fe}^{2+}_3\text{O}_3\cdot 3\text{SiO}_2$) - 18%
 - Jadeita ($\text{NaAl}(\text{SiO}_3)_2$) – 18%

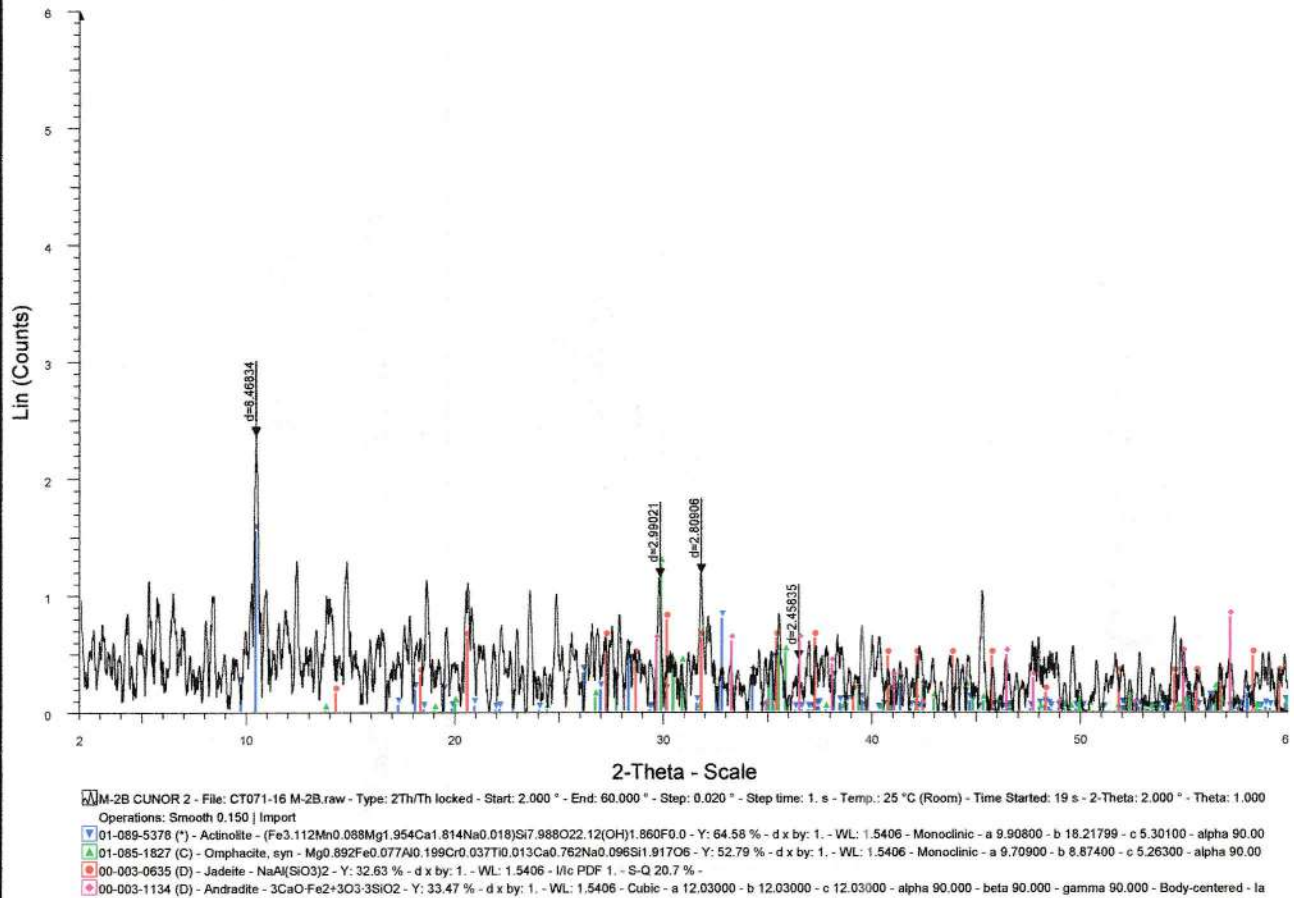


Figura 3: Difractograma de CONUR2

- Nombre de roca: **Eclogita**

FORMATO PARA LA DESCRIPCION DE MUESTRAS

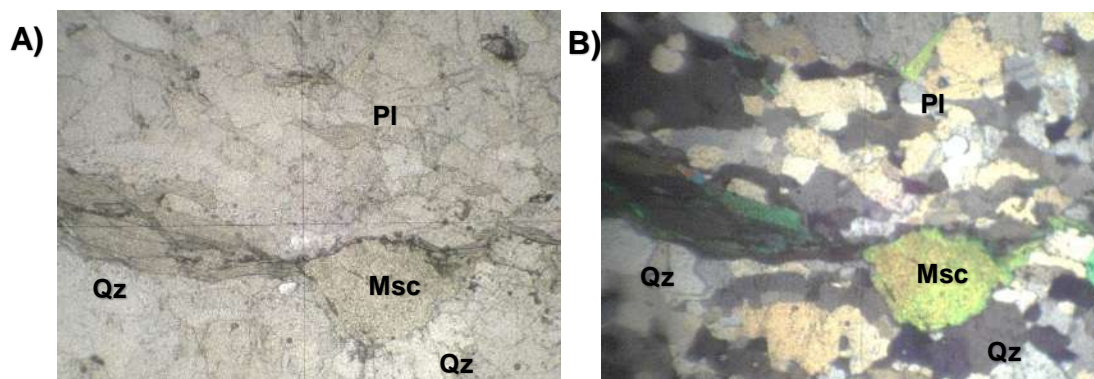
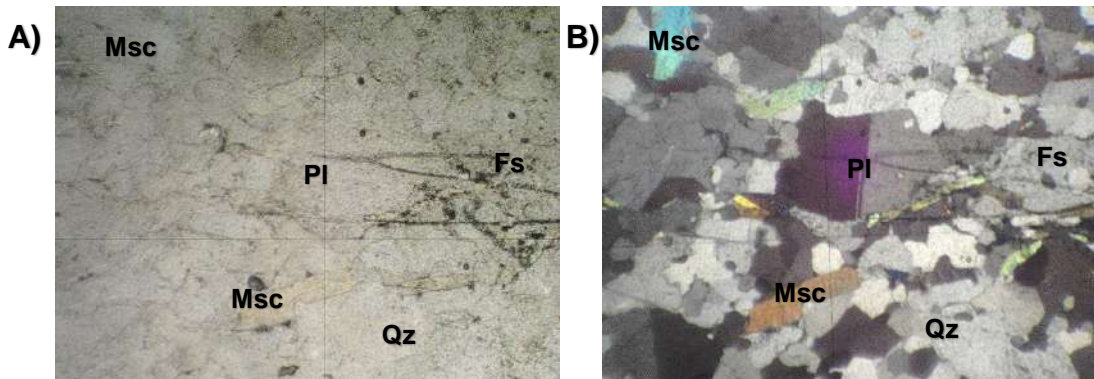
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-01		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 01		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784332	UTM_Norte: 1650762	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Plan del Burro			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Cuarzo Feldespato	50 35	Moscovita	15				
TEXTURAS: Granolepidoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Al NE contacto gradual con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita; al sur contacto concordante con la unidad de Mármol; discordante con la unidad de Basalto y contacto fallado inverso inferido con la unidad de Serpentina.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Cuarzo Moscovita	50 25	Plagioclasas Feldespatos	15 10		
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Lepidoblástica, poikiloblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 29-33				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: GNEIS CUARZO FELDESPATICO CON MOSCOVITA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **PI**=Plagioclasa; **Qz**=Cuarzo; **Fs**=Feldespato.
Tomada por: Hugo Hernández. 2,016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

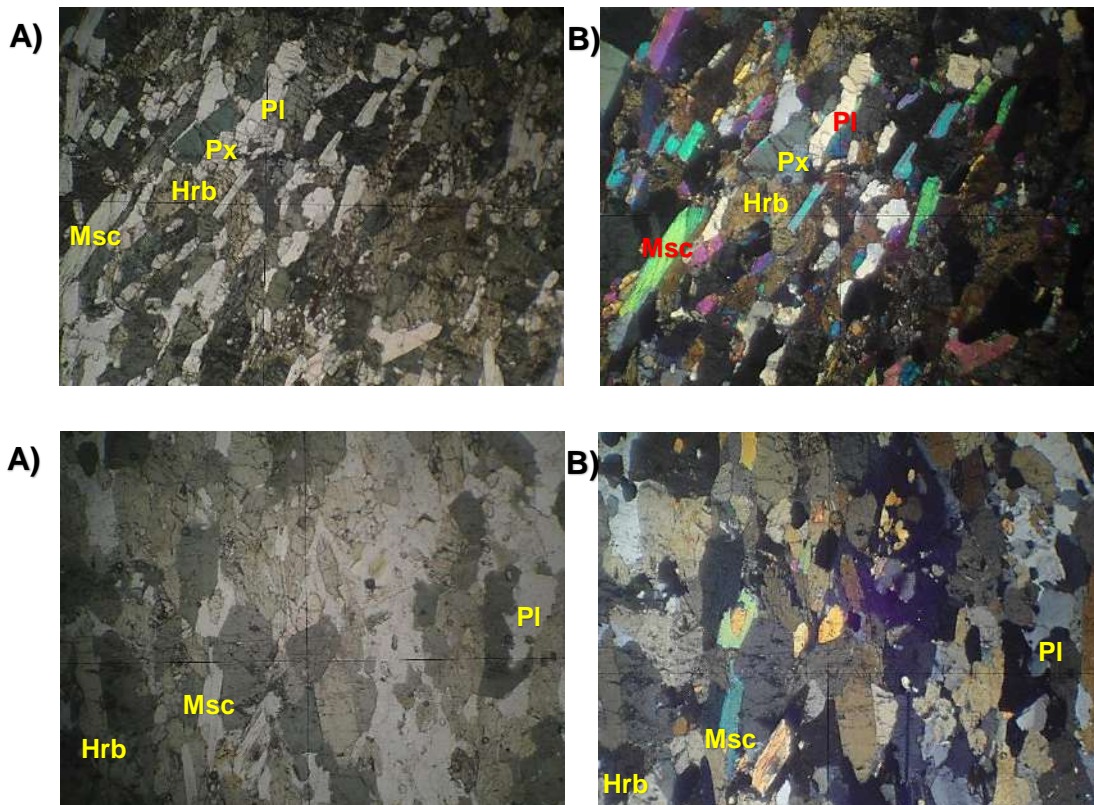
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-02		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 02		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784112	UTM_Norte: 1650609	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Quebrada la Danta			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Verde Oscuro Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Anfíboles Plagioclasas	50 30	Moscovita	15				
TEXTURAS: Lepidoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL: Al NE contacto gradual con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita; al sur contacto concordante con la unidad de Mármol; discordante con la unidad de Basalto y contacto fallado inverso inferido con la unidad de Serpentina.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Anfíboles Plagioclasas	65 21	Moscovita	10	Piroxenos	4
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 33-35				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: ANFIBOLITA CON MOSCOVITA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Px**=Piroxeno **PI**=Plagioclasa

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

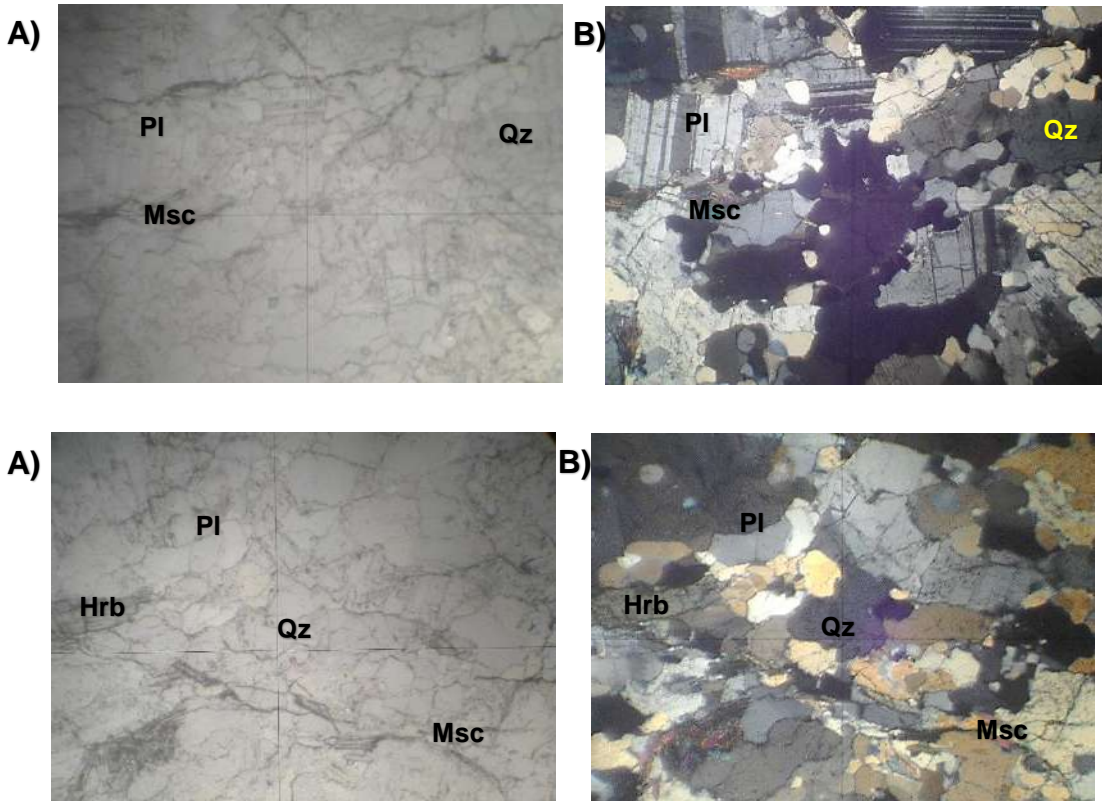
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-03		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 03		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784112	UTM_Norte: 1650609	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Plan del Burro			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Cuarzo Feldespato	40 30	Moscovita	20	Hornblenda	10		
TEXTURAS: Granolepidoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL: Al NE contacto gradual con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita; al sur contacto concordante con la unidad de Mármol; discordante con la unidad de Basalto y contacto fallado inverso inferido con la unidad de Serpentina.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Cuarzo Plagioclasas	50 20	Moscovita Hornblenda	15 10	Feldespatos	5
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica y Poikiloblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 33-39				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: GNEIS CUARZO FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA Y HORNBLENDA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **PI**=Plagioclasa.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

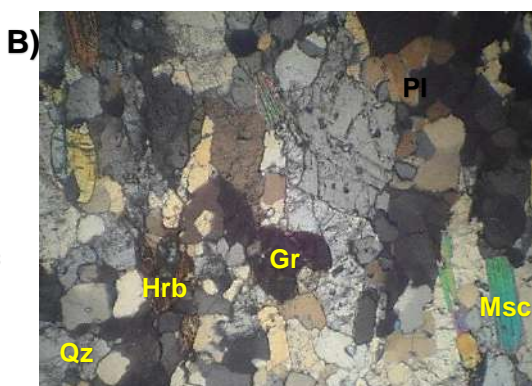
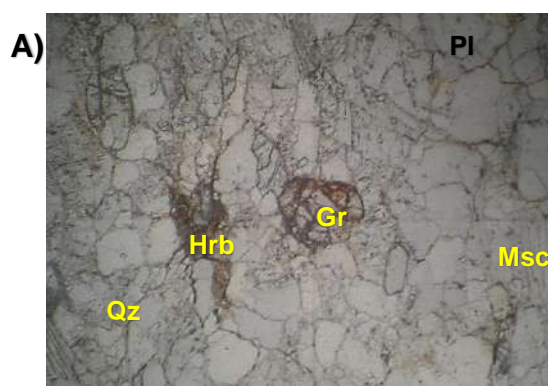
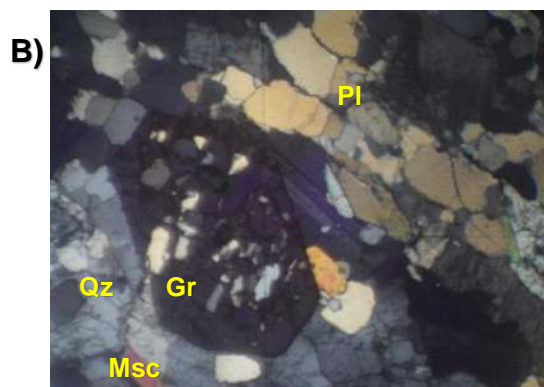
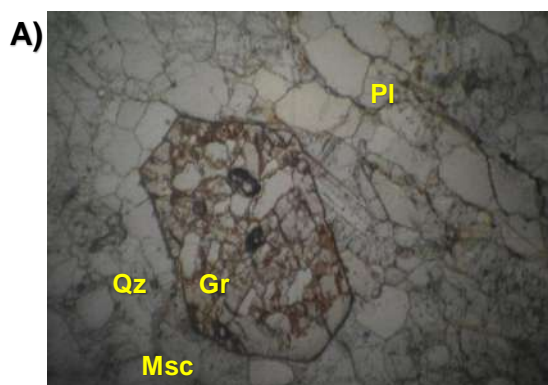
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-04		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 04		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784102	UTM_Norte: 1650593	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Plan del Burro			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco Roca Fresca: x Roca alterada:
				x	x		
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Feldespato Cuarzo	50 25	Moscovita	20	Granate	05		
TEXTURAS: Granoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Fino a Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Al NE contacto gradual con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita; al sur contacto concordante con la unidad de Mármol; discordante con la unidad de Basalto y contacto fallado inverso inferido con la unidad de Serpentina.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Plagioclasas Cuarzo	40 18	Moscovita Granate	18 8	Piroxeno Hornblenda	2 2
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica y Poikiloblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 38-41				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: GNEIS FELDESPATICO CON GRANATES					



a) Vista en PPL. b) Vista en XPL

Msc=Moscovita; **Hrb**=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **PI**=Plagioclasa; **Gr**=Granate.

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

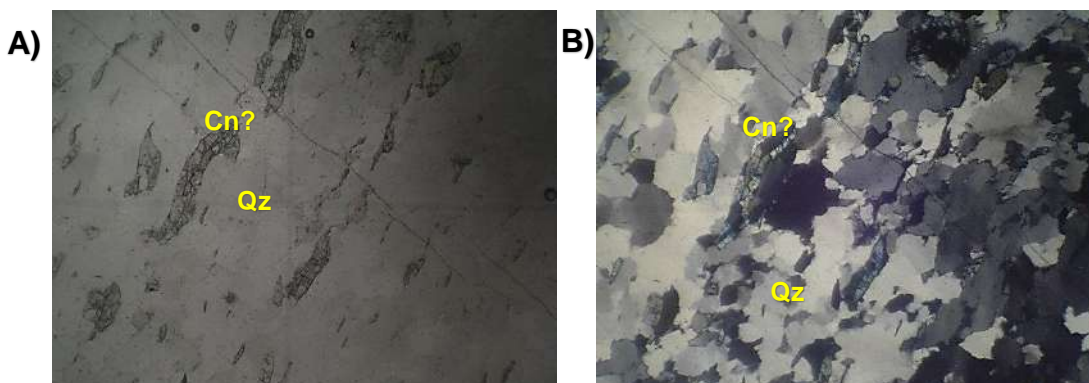
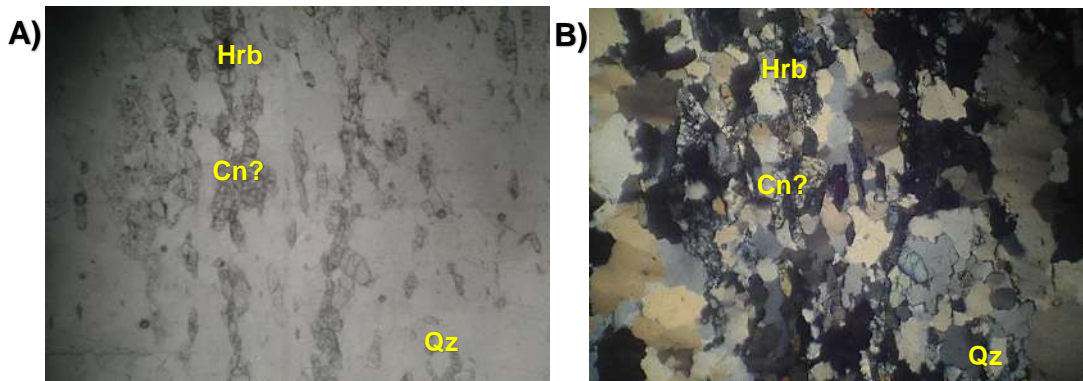
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-05		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 05		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784119	UTM_Norte: 1650875	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Plan del Burro			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco Roca Fresca: x Roca alterada:
			X				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo	85	Oxidos de Hierro		10	Moscovita	05	
TEXTURAS: Granoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Al NE contacto gradual con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Biotita; al sur contacto concordante con la unidad de Mármol; discordante con la unidad de Basalto y contacto fallado inverso inferido con la unidad de Serpentinita.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Cuarzo	85	Cianita?	12	Moscovita Hornblenda	2 1
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 41-43				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: CUARCITA					



A) Vista en XPL. B) Vista en PPL
Hrb=Hornblenda; **Qz**=Cuarzo; **Cn?**=Cianita
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

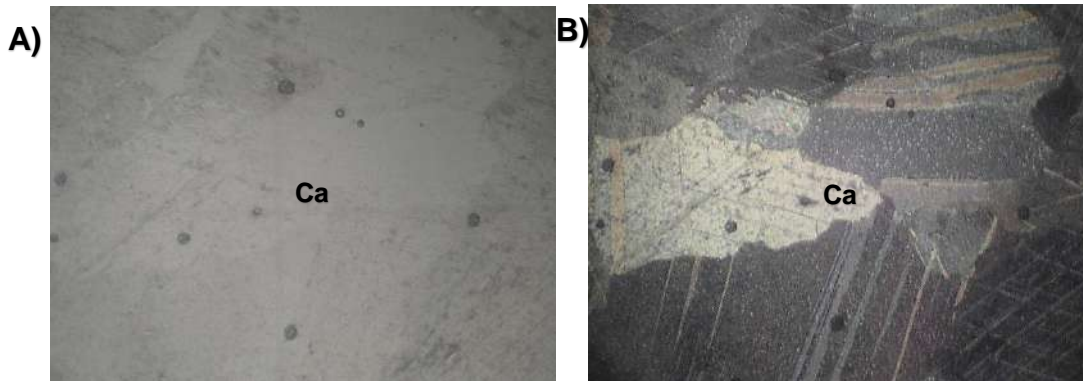
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-06		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 06		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784320	UTM_Norte: 1649528	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Hacienda Los Paxtes			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Mármol
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco Roca Fresca: x Roca alterada:
			X				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Calcita	100						
TEXTURAS: Granoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio-Grueso			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Al norte se encuentra en contacto concordante con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; al sur en contado fallado inverso inferido con la unidad de Serpentinita; al este se encuentra en contacto discordante con la unidad de Basalto.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Calcita	100				
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granoblástica				Euhedral	x
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 43-45				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: MÁRMOL					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL

Ca=Calcita

Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

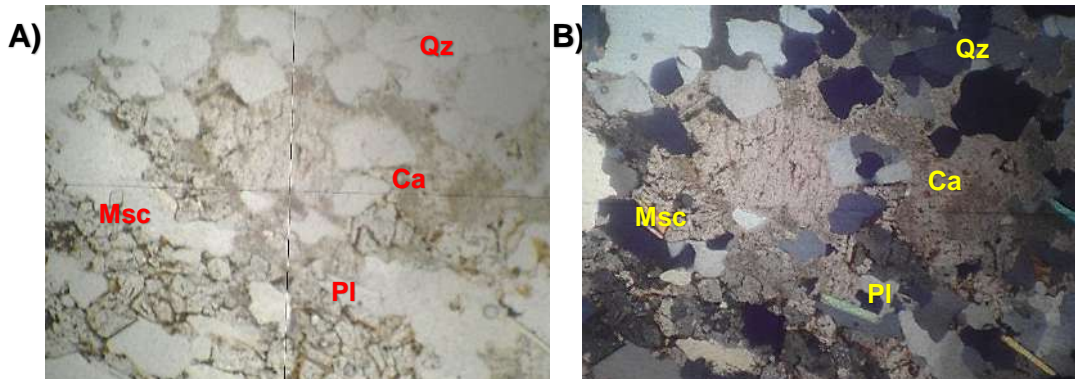
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-07		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 07		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784320	UTM_Norte: 1649528	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Hacienda Los Paxtes			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Mármol
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Calcita	75	Moscovita	20	Cuarzo	05		
TEXTURAS: Granolepidoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Al norte se encuentra en contacto discordante con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; al sur en contado fallado inverso inferido con la unidad de Serpentina; al este se encuentra en contacto discordante con la unidad de Basalto.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Calcita	69	Moscovita Cuarzo	15 13	Plagioclasas Opacos	2 1
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 45-47				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: MÁRMOL CON MOSCOVITA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; Ca=Calcita; Qz=Cuarzo; Pl=Plagioclasa.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

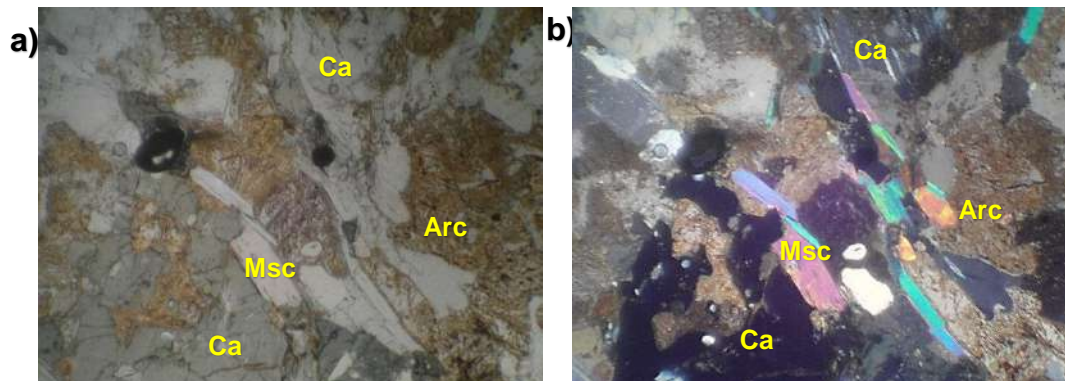
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-08		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 08		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 784320	UTM_Norte: 1649528	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Hacienda Los Paxtes			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Mármol
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco y Verde Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Calcita Anfíboles	55 20	Plagioclasas	20	Cuarzo	05		
TEXTURAS: Granolepidoblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Al norte se encuentra en contacto discordante con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; al sur en contado fallado inverso inferido con la unidad de Serpentinita; al este se encuentra en contacto discordante con la unidad de Basalto.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Anfíboles Calcitas	35 30	Plagioclasas Minerales Arcillosos	15 15	Cuarzo	5
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 47-49				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Sedimentario				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: MÁRMOL CON ANFIBOLITA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; Ca=Calcita; Arc=Minerales Arcillosos.
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

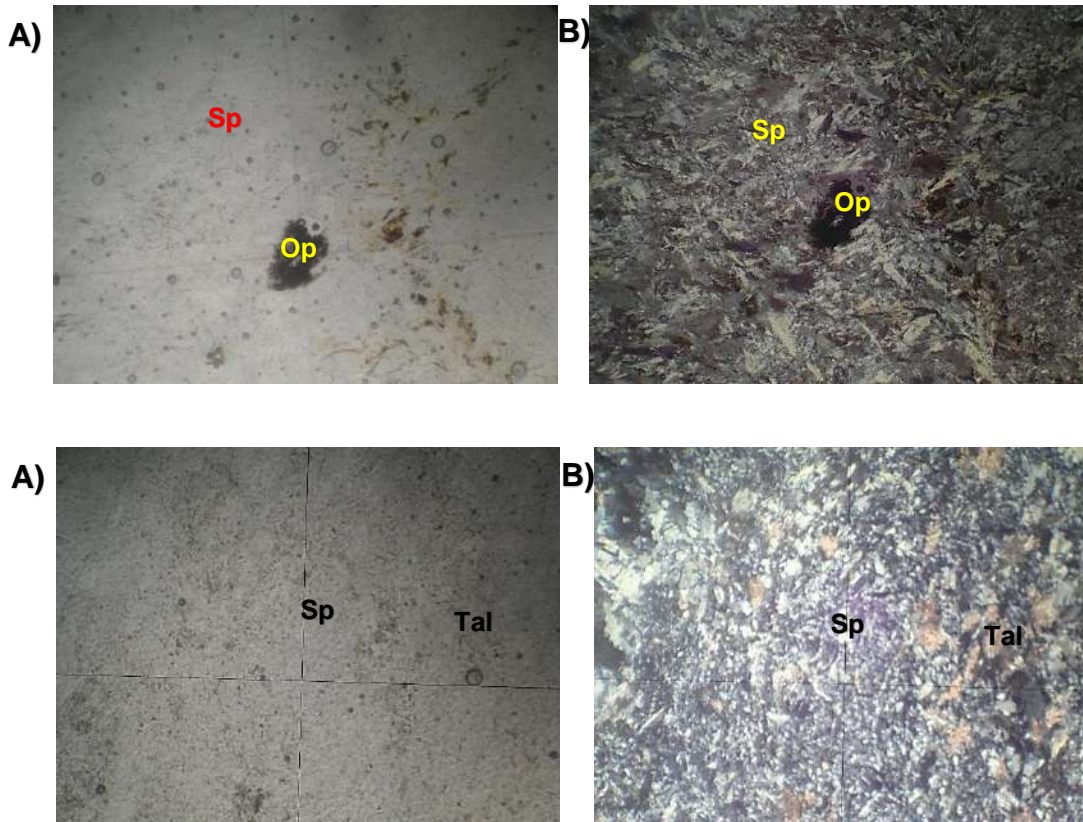
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-09		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 09		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 785909	UTM_Norte: 1649071	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Aldea Las Cañas			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Serpentinita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Verde Claro Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x	x			
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Serpentinita	95			Óxidos de Hierro	05		
TEXTURAS: Afanítica				TAMAÑO DE GRANO: FINO			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL:							
Contacto fallado inverso inferido con las unidades de Mármol y Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; y en contacto discordante con las unidades de Anfibolita y Basalto.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Cuarzo	93	Talco	15	Minerales Opacos	2
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Pseudomorfica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 50-52				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Bajo	
Tipo de Protolito: Ígneo				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: SERPENTINITA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Sp=Serpentina; **Op**=Minerales Opacos
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

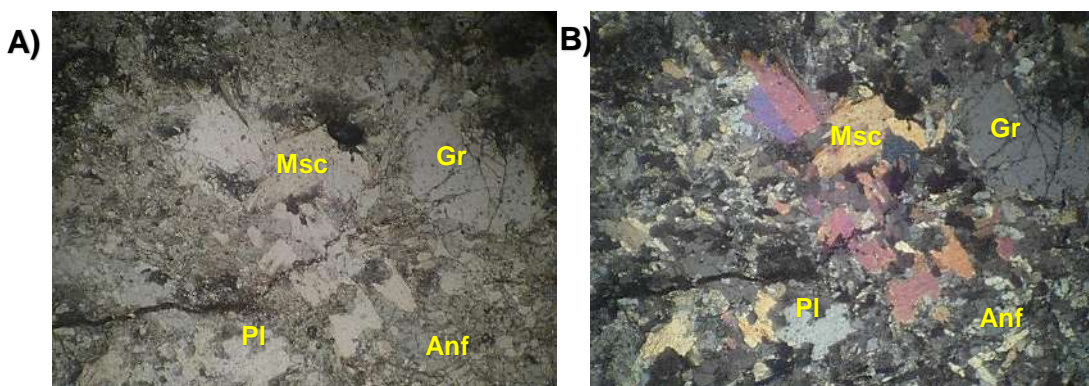
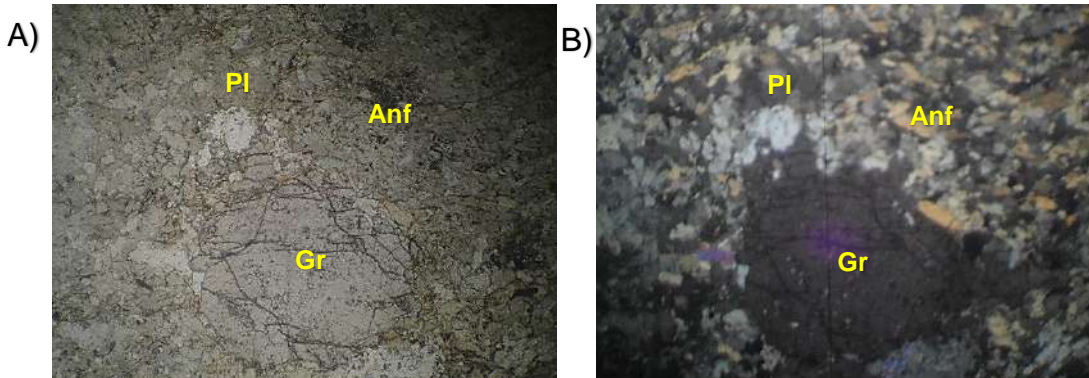
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-10		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 10		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 785160	UTM_Norte: 1648975	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Los Peñotes			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Anfibolita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Verde Oscura Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Anfíboles Plagioclasas	45 40	Granates	10	Cuarzo	5		
TEXTURAS: Porfiroblástica				TAMAÑO DE GRANO: Medio			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL: Contacto discordante con la unidad de Serpentinita.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Plagioclasas Anfiboles	30 30	Moscovita Granate	15 15	Circón Óxidos de hierro	5 5
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica y Poikiloblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 56-59				Subhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Ígneo				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: ANFIBOLITA					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
PI=Plagioclasa; **Anf**=Anfiboles; **Gr**=Granate
Tomada por: Hugo Hernández. 2,016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

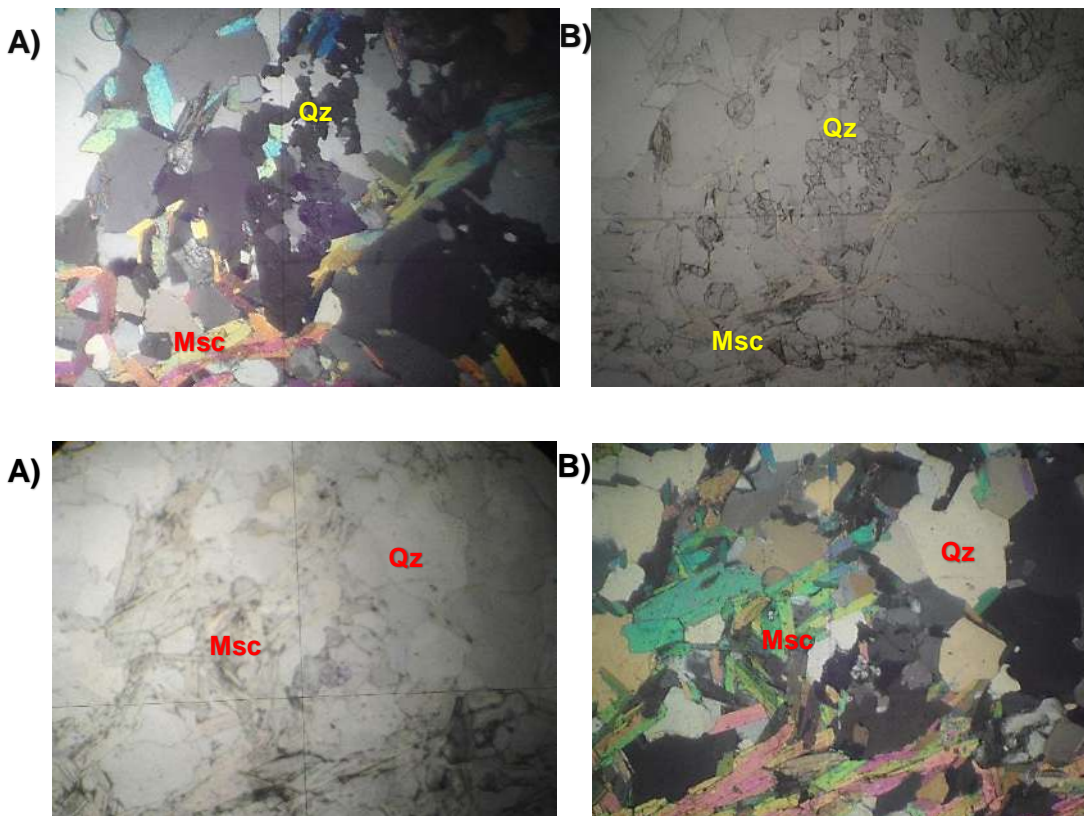
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-11		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 11		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 785129	UTM_Norte: 1648917	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Los Peñotes			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Anfibolita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Metamórficas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Blanco-Beige Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Moscovita Cuarzo	45 40	Granates	10	Feldespato	5		
TEXTURAS: Lepidoblástica			TAMAÑO DE GRANO: Medio				
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL: Contacto discordante con la unidad de Serpentinita.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Cuarzo Moscovita	35 30	Feldespatos Granates Piroxenos	13 12 10		
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Granolepidoblástica y Porfiroblástica				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 62				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio	
Tipo de Protolito: Ígneo				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: GNEIS MOSCOVÍTICO					



A) Vista en PPL. B) Vista en XPL
Msc=Moscovita; **Qz**=Cuarzo
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

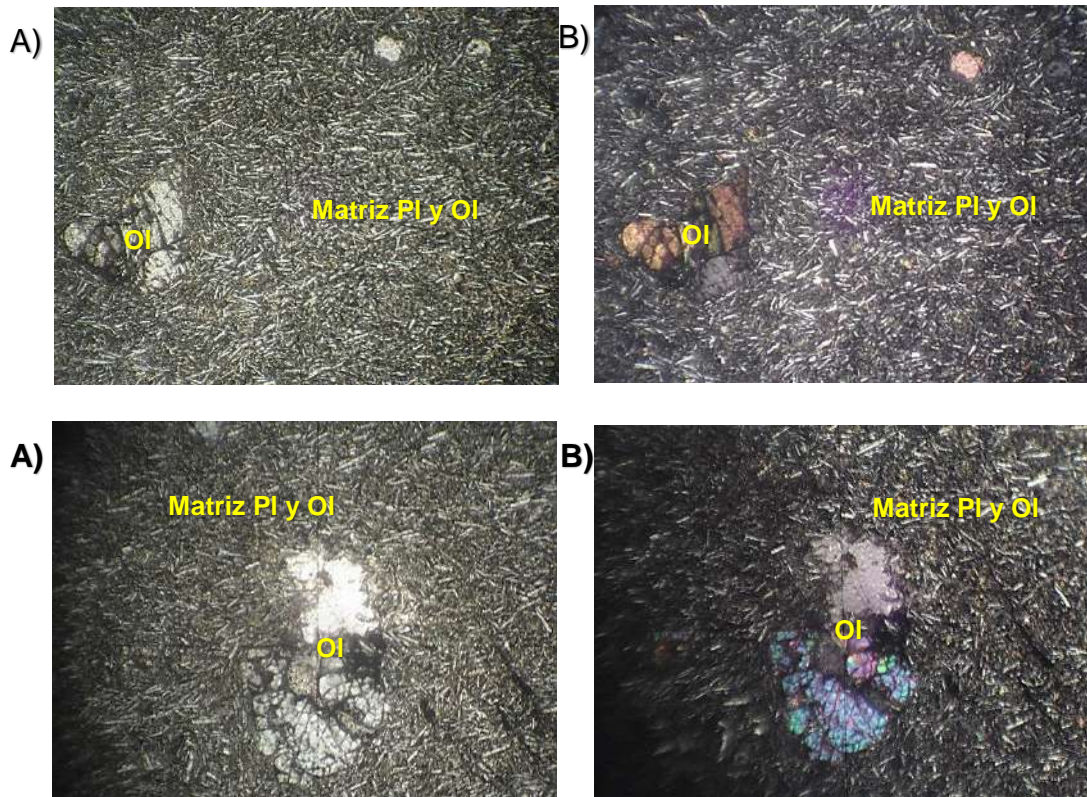
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: LC-12		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS-84	
CORRELATIVO: 12		PROYECTO: Trabajo Final de Campo 2016	
UBICACIÓN	UTM_Este: 785132	UTM_Norte: 1693000	UTM_Zona: 15p
LOCALIDAD: Los Peñotes			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: EL CHOL	Serie: 2161	Escala: 1;50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Hugo Leonardo Hernández Cajas			

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Basalto
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Mineralógica de Rocas Igneas

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR: Gris Oscuro Roca Fresca: x Roca alterada:
		x	x				
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Plagioclasas	90			Olivinos	10		
TEXTURAS: Afanítica				TAMAÑO DE GRANO: Fino			
TIPOS DE CONTACTOS DE LA UNIDAD PRINCIPAL: Contacto discordante con las unidades de Serpentina; Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita; y Mármol.							



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO					
COMPOSICIÓN MINERAL					
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %
Matriz de plagioclasas y olivinos	95	Olivinos	05		
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA DE LOS GRANOS	
Microtextura: Afanítica y porfirítica.				Euhedral	
Descripción de propiedades minerales: Ver páginas: 59-62				Subhedral	x
				Anhedral	x
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: xxxxx	
Tipo de Protolito: Ígneo				Observaciones:	
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: BASALTO					



a) Vista en PPL. b) Vista en XPL
Ol=Olivino; **Pl**=Plagioclasas
Tomada por: Hugo Hernández. 2 016.

No. 066-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer los dictámenes de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

TECNICO EN GEOLOGIA

Al trabajo titulado:

ANALISIS ESTRUCTURAL DE UN AREA DE 9 KM², A ESCALA 1:10,000 EN LOS ALREDEDORES DE LA ALDEA LAS CAÑAS, SALAMA, BAJA VERAPAZ

Presentado por el (la) estudiante:

HUGO LEONARDO HERNANDEZ CAJAS

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 20 de Abril de 2017.


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

