

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE TÉCNICO EN GEOLOGÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN



INFORME TRABAJO FINAL DE CAMPO

**GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y
DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL, EN UN
ÁREA DE 9 Km² A ESCALA 1:10 000 EN LAS ALDEAS SAN
RAFAEL, EL LIMÓN, AGUA DULCE Y LA LAGUNA, AL OESTE DE
SANARATE**

JIMMY ARMANDO DE LEÓN CASPROWITZ

COBÁN, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2016

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
CARRERA DE TÉCNICO EN GEOLOGÍA**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFORME TRABAJO FINAL DE CAMPO

**GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y
DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL, EN UN
ÁREA DE 9 Km² A ESCALA 1:10 000 EN LAS ALDEAS SAN
RAFAEL, EL LIMÓN, AGUA DULCE Y LA LAGUNA, AL OESTE
DE SANARATE**

**PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**

POR

**JIMMY ARMANDO DE LEÓN CASPROWITZ
CARNÉ 201041385**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO A NIVEL
INTERMEDIO DE TÉCNICO EN GEOLOGÍA**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, SEPTIEMBRE DE 2016

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 Chiquín 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 David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJO FINAL DE CAMPO

COORDINADOR:	Ing. Geól. Sergio David Morán Ical
SECRETARIO:	Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
VOCAL:	Ing. Geól. Luis Gustavo Chiquín Marroquín

REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler

ASESOR

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-72/2016
03 de marzo de 2016

**CENTRO UNIVERSITARIO
DEL NORTE – CUNOR –
CARRERA GEOLOGÍA**

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209
Guatemala, C. A.
E-mail: 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 **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel técnico, del estudiante **JIMMY ARMANDO DE LEÓN CASPROWITZ**, carné No. **201041385**, titulado: **“GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL, EN UN ÁREA DE 9 KM² A ESCALA 1:10000 EN LAS ALDEAS SAN RAFAEL, EL LIMÓN, AGUA DULCE Y LA LAGUNA AL OESTE DE SANARATE”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical
Docente Asesor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-204/2016
08 de julio de 2016

**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 **JIMMY ARMANDO DE LEÓN CASPROWITZ**, carné No. **201041385**, titulado: **“GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL, EN UN ÁREA DE 9 km² A ESCALA 1:10000 EN LAS ALDEAS SAN RAFAEL, EL LIMÓN, AGUA DULCE Y LA LAGUNA AL OESTE DE SANARATE”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. M. Sc. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler

Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-255/2016
31 de agosto de 2016

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

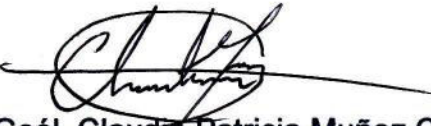
Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL, EN UN ÁREA DE 9 km² A ESCALA 1:10000 EN LAS ALDEAS SAN RAFAEL, EL LIMÓN, AGUA DULCE Y LA LAGUNA AL OESTE DE SANARATE”**, del estudiante **JIMMY ARMANDO DE LEÓN CASPROWITZ**, carné n.º **201041385**, 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


Inga. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro
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: **GEOLOGÍA DE EL PROGRESO**: Análisis cinemático y dinámico de las estructuras de dominio frágil, en un área de 9KM² a escala 1:10 000 en las aldeas San Rafael, El Limón, Agua Dulce y La Laguna al oeste de Sanarate. Como requisito previo a optar al título profesional de Técnico en Geología.



Jimmy Armando de León Casprowitz
201041385

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”.

Aprovado 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.

DEDICATORIA

A:

DIOS

Por demostrarme su amor y el motivo de una segunda oportunidad.

MIS PADRES

Marco Tulio de León de la Cruz y Griscelda Hetelmina Casprowitz de de León, por brindarme su apoyo y amor incondicional en cada momento de mi vida, siéntanse orgullosos de esta meta alcanzada.

MI ABUELA

Erica Lucinda de la Cruz de de León por sus sabios consejos y su amor.

MIS HERMANOS

Por brindarme apoyo, motivación y por ser un ejemplo a seguir.

A MI HIJO

Izan Alessandro de León Vega, por ser mi motivación de cada segundo.

AGRADECIMIENTOS

A:

Dios ante todas las cosas.

Mis amigos y compañeros de estudio por los buenos momentos compartidos.

Fernanda Vega por su apoyo y dedicación en momentos de mi ausencia.

Familia Véliz por su apoyo en la Aldea San Rafael, de Sanarate El Progreso.

La Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente al Centro Universitario del Norte, por permitirme alcanzar mis metas en mi formación académica.

A la carrera de Geología y cada uno de los catedráticos, por las enseñanzas y guías en las distintas áreas de la misma, sin lo cual, no hubiese sido posible la culminación de la presente investigación.

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	ix
RESUMEN	xi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1	Antecedentes del problema	3
1.2	Planteamiento del problema	4
1.3	Objetivos	4
	1.3.1 General	4
	1.3.2 Específicos	4
1.4	Hipótesis	4

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1	Localización geográfica	7
2.2	Vías de acceso	9
2.3	Geología Regional	10
	2.3.1 Litoestratigrafía	10
	a. Grupo El Tambor	10
	b. Caliza Cerro de la Virgen	11
	c. Formación Guastatoya	12
	2.3.2 Tectónica	13
	2.3.3 Geomorfología	15
	a. Hidrología	15
	b. Clima y vegetación	15
	c. Suelos	16
	d. Relieve	16

CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Etapas de recopilación y análisis bibliográfico	19
-----	---	----

3.2	Etapa de campo	19
3.3	Etapa de laboratorio	20
3.4	Etapa de gabinete	21

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Estratigrafía local	23
4.1.1	Unidad de Peridotita Serpentinizada (Sp)	23
	a. Subunidad de Serpentinita	26
	b. Subunidad de Anfibolita	27
	c. Subunidad de Eclogita	30
4.1.2	Unidad de Caliza Mármolizada (Cm)	32
4.1.3	Unidad de Mármol con <i>Chert</i> (Mch)	34
4.1.4	Unidad de Metasedimentos (Met)	37
4.1.5	Unidad de Riolita (R)	39
4.1.6	Unidad de Brecha Lítica (Bl)	40
4.1.7	Unidad Superficial	41
	a. Avalancha Calcárea (Av)	41
	b. Aluvión(Al)	41
4.2	Geología Estructural	42
4.2.1	Foliaciones S1	42
4.2.2	Pliegues	43
4.2.3	Lineaciones	45
	a. Lineación de crenulación L ₂	45
	b. Ejes de <i>boudines</i>	47
	c. Lineación mineral	49
4.2.4	Fallas	51
	a. Fallas normales	53
	1) Fallas normales puras	54
	2) Fallas normales sinestrales	55
	3) Fallas normales dextrales	57
	b. Fallas inversas	58
	1) Fallas inversas puras	59
	2) Fallas inversas sinestrales	61
	3) Fallas inversas dextrales	62
	c. Fallas sinestrales	64
	1) Fallas sinestrales puras	65
	2) Fallas sinestrales normales	67
	3) Fallas sinestrales inversas	69
	d. Fallas dextrales	70
	1) Fallas dextrales puras	71
	2) Fallas dextrales normales	72
	3) Fallas dextrales inversas	74
4.2.5	Diaclasas	75

4.2.6	Grietas de tensión	76
4.2.7	Otros	77
4.3	Geomorfología local	78
4.3.1	Unidad de origen denudacional	79
	a. Subunidad de surcos	79
	b. Subunidad de cárcavas	80
	c. Subunidad de laderas	81
	1) Laderas suavemente inclinadas	81
	2) Laderas fuertemente inclinadas	82
	3) Laderas escarpadas	82
	d. Subunidad de crestas	84
	e. Subunidad de lomas	85
	f. Movimientos de laderas	85
	1) Deslizamientos translacionales	86
	2) Deslizamientos rotacionales	88
4.3.2	Unidades de origen agradacional	90
	a. Subunidad de depósitos aluviales	90
	b. Subunidad de Avalancha Calcárea (Av)	91
4.3.3	Unidades de origen antrópico	91

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Litológico	93
5.2	Estructural	95
5.2.1	Análisis de dominio dúctil	96
	a. Lineación de crenulación	96
	b. Ejes de <i>boudines</i>	97
	c. Lineación mineral	98
5.2.2	Análisis de dominio frágil	99
	a. Fallas en Unidad de Peridotita Serpentinizada	100
	b. Fallas en Unidad de Caliza Marmolizada	101
	c. Fallas en Unidad de Metasedimentos	103
	d. Fallas en Unidades de Mármol con <i>Chert</i>	105
	e. Fallas en Unidades de Riolita	107
5.3	Geomorfológico	115
	CONCLUSIONES	117
	RECOMENDACIONES	119
	BIBLIOGRAFÍA	121
	ANEXOS	123
1	MAPA GEOLÓGICO	125
2	MAPA GEOMORFOLÓGICO	127
3	MAPA ESTRUCTURAL	129
4	ANÁLISIS PETROGRÁFICO	131

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Mapa de Guatemala mostrando la ubicación del área de investigación	8
2	Mapa tectónico regional de Guatemala y Centro América	13
3	Elipse de deformación de movimiento sinestral	14
4	Mapa de elevación digital	17
5	Estereograma de foliaciones S1 indicando la preferencia de buzamiento	42
6	Estereograma con ejes de pliegue y planos axiales A) plano axial de metasedimentos y B) plano axial de Mármol con <i>Chert</i>	44
7	Estereograma y roseta representando la proyección de los ejes de crenulación L ₂ unidades de metasedimentos y serpentinita	47
8	Roseta representando la orientación de ejes de <i>boudines</i>	49
9	Estereograma y roseta representando la lineación mineral en las unidades de Metasedimentos y Peridotita Serpentinizada	51
10	Roseta de rumbos de fallas normales	53
11	Fallas normales puras en las unidades de Caliza Marmolizada, Peridotita Serpentinizada y Metasedimentos	55
12	Estereograma de fallas normales sinestrales en las unidades de Metasedimentos y Peridotita Serpentinizada	56
13	Estereograma de fallas normales dextrales en las unidades de Metasedimentos, Mármol con <i>Chert</i> y Peridotita Serpentinizada	58
14	Roseta de rumbos fallas inversas	59
15	Estereograma de fallas inversas puras en unidades de Caliza Marmolizada, Riolita, Metasedimentos y Peridotita Serpentinizada	60
16	Estereograma de fallas inversas sinestrales en unidades de Caliza Marmolizada, Metasedimentos y Peridotita Serpentinizada	62
17	Estereogramas representando las fallas inversas dextrales en unidades de Riolita, Caliza Marmolizada	64
18	Roseta de rumbos de fallas sinestrales	65
19	Estereogramas de fallas sinestrales puras en unidades de Peridotita Serpentinizada y Metasedimentos	67
20	Estereograma de fallas sinestrales normales en Peridotita Serpentinizada	68
21	Estereogramas de fallas sinestrales inversas según el tipo de roca	70
22	Roseta de rumbos de fallas dextrales	71
23	Estereogramas de fallas dextrales puras según el tipo de roca	72
24	Estereograma de fallas dextrales normales según el tipo de roca	73
25	Estereogramas planos de fallas dextrales inversas según el tipo de roca	75
26	Rosetas indicando la preferencia de diaclasas	76
27	Roseta indicando polos de las grietas de tensión	76

28	Caliza marmolizada con estructuras geológicas	78
29	Columna litoestratigráfica local	93
30	Estereograma representando la lineación de crenulación S ₂ así como su dinámica	96
31	Modelo Estructural para la proyección de <i>boudines</i> en las unidades de Metasedimentos y Mármol con <i>Chert</i>	97
32	Modelo estructural para la lineación mineral con su dinámica	99
33	Fallas presentes en la Unidad de Peridotita Serpetinizada (Sp)	100
34	Fallas presentes en la Unidad de Caliza Marmolizada (Cm)	102
35	Fallas presentes en la Unidad de Metasedimentos (Met)	104
36	Fallas presentes en la Unidad de Mármol con <i>Chert</i> (MCh)	105
37	Fallas presentes en la Unidad de Riolita (R)	107
38	Diagramas de densidades para esfuerzos en fallas normales: A) Esfuerzo de compresión y B) Esfuerzo de distensión	109
39	Diagramas de densidades para esfuerzos en fallas inversas: A) Esfuerzo de compresión y B) Esfuerzo de distensión	110
40	Diagramas de densidades para esfuerzos en fallas sinestrales: A) Esfuerzo de compresión y B) Esfuerzo de distensión	111
41	Diagramas de densidades para esfuerzos en fallas dextrales: A) Esfuerzo de compresión y B) Esfuerzo de distensión	112
42	Análisis geométrico por familia de fallas	113
43	Elipse de deformación tipo sinestral para dominio dúctil y frágil	114

ÍNDICE DE TABLAS

1	Coordenadas UTM-WGS84 de los vértices del área de estudio	8
2	Coordenadas de ubicación de muestras de Sub Unidad Anfibolita	29
3	Clasificación de pliegues	45
4	Fallas normales puras	54
5	Fallas normales sinestrales	56
6	Fallas normales dextrales	57
7	Fallas inversas puras	60
8	Fallas inversas sinestrales	61
9	Fallas inversas dextrales	63
10	Fallas sinestrales puras	66
11	Fallas sinestrales normales	68
12	Fallas sinestrales inversas	69
13	Fallas dextrales puras	71
14	Fallas dextrales normales	73
15	Fallas dextrales inversas	74
16	Ubicación de surcos	79
17	Ubicación de cárcavas	81
18	Escarpes en la unidad de Caliza Marmolizada, con su respectiva coordenada	83

19	Características presentes en los deslizamientos traslacionales	88
20	Características de deslizamientos rotacionales	89
21	Dinámica de esfuerzos principales de la lineación de crenulación S ₂	97
22	Dinámica de esfuerzos principales de la lineación de <i>boudines</i>	98
23	Dinámica de esfuerzos principales para la lineación mineral en Metasedimentos y Peridotitas Serpentinizadas	99
24	Orientación de los esfuerzos para la Unidad de Peridotita Serpentinizada	101
25	Orientación de los esfuerzos para la Unidad de Caliza Marmolizada	103
26	Orientación de los esfuerzos para la Unidad de Metasedimentos	105
27	Orientación de los esfuerzos para la Unidad de Mármol con <i>Chert</i>	106
28	Orientación de los esfuerzos para la Unidad de Riolita	108
29	Promedios de esfuerzos en estructuras dúctiles	108

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Corte de carretera, mostrando Peridotita Serpentinizada, en coordenadas UTM: 0787267E, 1644958N	24
2	Corte en carretera mostrando Peridotita lenticular, tectónizada en las coordenadas UTM: 0787963E, 1644417N	25
3	Sub Unidad de Serpentinita en modo masivo, localizado en las coordenadas UTM: 0787583E, 1644484N	27
4	Afloramiento de Sub Unidad Anfibolita en las coordenadas UTM: 0789185E, 1644596N	28
5	Sección microscópica de anfibolita: A) Vista en XPL y B) Vista en PPL; con Biotita (Bt), Hornblenda (Hbl), Glaucofana (Gln), Mica (Mca) y Clorita (Chl)	30
6	Afloramiento de Sub Unidad Eclogita, en las coordenadas UTM: 787508E, 1644593N	31
7	Sección microscópica de Eclogita: A) Vista en XPL y B) Vista en PPL; Granate (Grt), Onfacita (Omp), Cuarzo (Qtz) y Mica (Mca)	32
8	Unidad de Caliza Marmolizada milonítica, ubicada en las coordenadas UTM: 0789700E, 1643412N	33
9	Afloramiento de Mármol con lentes de <i>Chert</i> , ubicado en las coordenadas UTM: 0789517E, 1644771N	35
10	Sección microscópica de Mármol, presentando minerales de calcita y mica, ubicada en las coordenadas UTM: 0789495E, 1644495N	36
11	Metabasaltos localizados en las coordenadas UTM: 0789900E, 1643957N	39

12	Pliegue sinforme inclinado, localizado en las coordenadas UTM: 0789828E, 1644570N	43
13	Crenulaciones en la unidad de Metasedimento, en las coordenadas UTM: 0789828E, 1644570N	46
14	<i>Boudin</i> en la unidad de Metasedimento, localizado en las coordenadas UTM: 0789481E, 1643431N	48
15	Lineación mineral en la unidad de Metasedimentos, localizada en las coordenadas UTM: 0789962E, 1643682N	50
16	Falla dextral con componente normal, con estrías y escalones, localizado en las coordenadas UTM: 0787274E, 1644987N	52
17	Caliza Marmolizada milonítica	83
18	Surcos en línea discontinua en azul y en la flecha roja cárcava en las coordenadas UTM: 0787128E, 1643849N	86
19	Ladera escarpada, en la unidad de Caliza Marmolizada, localizada en las coordenadas UTM: 0789939E, 1643318N	90
20	Muestra de loma localizada en la coordenada UTM: 0787574E, 1644928N	91
21	Muestra un movimiento traslacional localizado en las coordenadas UTM: 0787475E, 1642145N	93
22	Muestra de movimiento rotacional localizado en las coordenadas UTM: 0787588E, 1642383N	95
23	Deposito aluvial, localizado en las coordenadas UTM: 0789559E, 1642606N	97
24	Carretera de origen antrópico	98

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Al:	Aluvión
Alm:	Almandino
Av:	Avalancha Calcárea
Bl:	Unidad de Brecha Lítica
Bt:	Biotita
Chl:	Clorita
Cm:	Unidad de Caliza Marmolizada
cm:	Centímetros
E:	Este
Gln:	Glaucofana
Grt:	Granate
Hbl:	Hornblenda
km:	Kilometros
L2:	Lineación de crenulación
m:	Metro
Mca:	Mica
Mch:	Unidad de Mármol con <i>Chert</i>
Met:	Unidad de Metasedimentos
N:	Norte
NE:	Noreste
NO:	Noroeste
O:	Oeste
Omp:	Onfacita
Qtz:	Cuarzo
R:	Unidad de Riolita
S:	Sur
S1:	Foliación
SE	Sureste
SEGEPLAN:	Secretaría general de planificación
SO:	Suroeste
Sp:	Unidad de Peridotita Serpentinizada

RESUMEN

La presente investigación se realizó en las aldeas San Rafael, Agua Dulce y La Laguna del municipio de Sanarate, del departamento de El Progreso.

El área se encuentra constituida por diferentes unidades de roca como: Peridotita Serpentinizada, Mármol con *Chert*, Caliza Marmolizada, Metasedimentos, Riolita, Coluvión y Aluvión, que se encuentran afectadas por esfuerzos compresivos, los cuales reflejan un evento de deformación tipo sinistral.

La geología estructural presenta estructuras dúctiles y frágiles como: crenulaciones, lineación mineral, *boudines*, pliegues, diaclasas, foliaciones y fallas, que se representan en estereogramas, reflejando un evento deformacional, que presenta una cinemática sinistral. El evento da una dinámica de esfuerzo compresivo en los cuadrantes NE-SO, y el de distensión en el cuadrante NO, los cuales originan zonas de cabalgamientos y de cizalla entre las unidades litológicas.

La geomorfología del área está siendo influenciada principalmente por la erosión fluvial, que sumado a la baja cubierta vegetal ha permitido la erosión del suelo y de la roca más fácilmente, generando unidades agradacionales y denudacionales, esta última presenta mucha importancia, ya que la zona está caracterizada por tener un relieve fuertemente inclinado, así como zonas escarpadas donde las unidades de rocas carbonatadas juegan un papel importante.

INTRODUCCIÓN

El presente informe consta del análisis de la cinemática y dinámica de estructuras geológicas en dominio frágil a nivel macroscópico. Junto a ello va descrita la información como antecedentes, objetivos, justificación, hipótesis y a la vez contiene información de los métodos que se utilizaran al momento de realizar el trabajo de campo.

Toda la información llevó al análisis y solución del problema estructural, a raíz de este informe, en el cual se realizó un estudio geológico al oeste del municipio de Sanarate, El Progreso. Debido a la ausencia de información científica en el área, existió la necesidad de generar un estudio geológico, tomando en cuenta las características de las estructuras como fallas y fracturas con el fin de obtener una descripción geológica estructural del área.

Para ello en el capítulo uno se expone el origen de la investigación, donde se hace la descripción general de la unidad de práctica, en un contexto geológico regional, tratándose así de suelos, fisiografía, relieves, ubicación y delimitaciones.

En el capítulo dos se exponen los pasos y metodología utilizada, aquí surge toda la planeación para poder llegar a ejecutar esta investigación en el área.

En el capítulo tres, se encuentra todo el contexto geológico local, empezando con la litología, con sus descripciones mineralógicas y acerca de su comportamiento espacial, al igual que en lo estructural, indican las principales

características espaciales y geométricas que presentan, y así como en el aspecto geomorfológico, se exponen todas las formas que la superficie presenta, así como sus principales factores causantes como la meteorización y la erosión.

El capítulo cuatro describe el análisis y discusión de resultados, como respuesta al problema de investigación y por último está el capítulo cinco, el cual contiene conclusiones y recomendaciones.

CAPÍTULO I

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

Se han hecho estudios a nivel regional de la falla del Motagua, sobre el choque y sutura de los bloques Maya y Chortí, el cual abarca el área de investigación, muchos autores han descrito esta área por ejemplo, (DENGO, 1969):

“Centro América ha sido subdividida en dos bloques corticales principales, el Bloque Maya al norte y el Bloque Chortis al sur”.

También se encuentra el estudio geológico ¹(CHIQUIN 2003):

“Lo sobresalientes de la geología estructural del cuadrángulo El Progreso es el extenso fallamiento, las unidades litológicas están relacionadas por fallas y en sí mismas se observa una inconsistencia en la continuidad de sus rasgos estructurales, ej. Foliación, fracturas etc.”.

Por lo tanto no se tienen antecedentes a nivel local solo regional del área de investigación.

¹ Chiquín Yoj, Mauricio, 2003; *Geología Cuadrángulo El Progreso*; Cobán, A. V..

1.2 Planteamiento del problema

¿Cuál es la cinemática y dinámica de las estructuras en un dominio frágil, en un área de 9km² en Sanarate, El Progreso?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Definir las relaciones geométricas de las estructuras, a partir de la dinámica y cinemática que presenta el área.

1.3.2 Específicos

- Describir las diferentes estructuras geológicas.
- Analizar la geometría, cinemática y dinámica.
- Proponer un mapa estructural del área a escala 1:10 000.

1.4 Hipótesis

La zona del Motagua afectada por un choque entre dos bloques el Maya y el Chortí, ha originado un fallamiento de movimiento tipo sinistral, llamada la falla del Motagua, teniendo en cuenta una serie de arreglos de estructuras como lo son las fallas, que se observan en la elipse de deformación según ²(Ken McClay 1987), donde las fallas inversas guardan una dirección de capa NO-SE, y las fallas normales que son casi perpendiculares a las inversas con una dirección de capa NE-SO.

² The mapping of geological structures, Ken McClay 1987, Department of Geology, Royal Holloway University of London.

En el diagnóstico del área se constató la presencia de varias estructuras geológicas como las fallas, fracturas, foliaciones y plegamientos, las cuales nos dan la cinemática, la dinámica, y el modelo de deformación que el área está sufriendo por esfuerzos principales de compresión, distensión y de cizalla, que da como resultado de un arreglo de estructuras que corresponden a un fallamiento sinistral.

CAPÍTULO 2

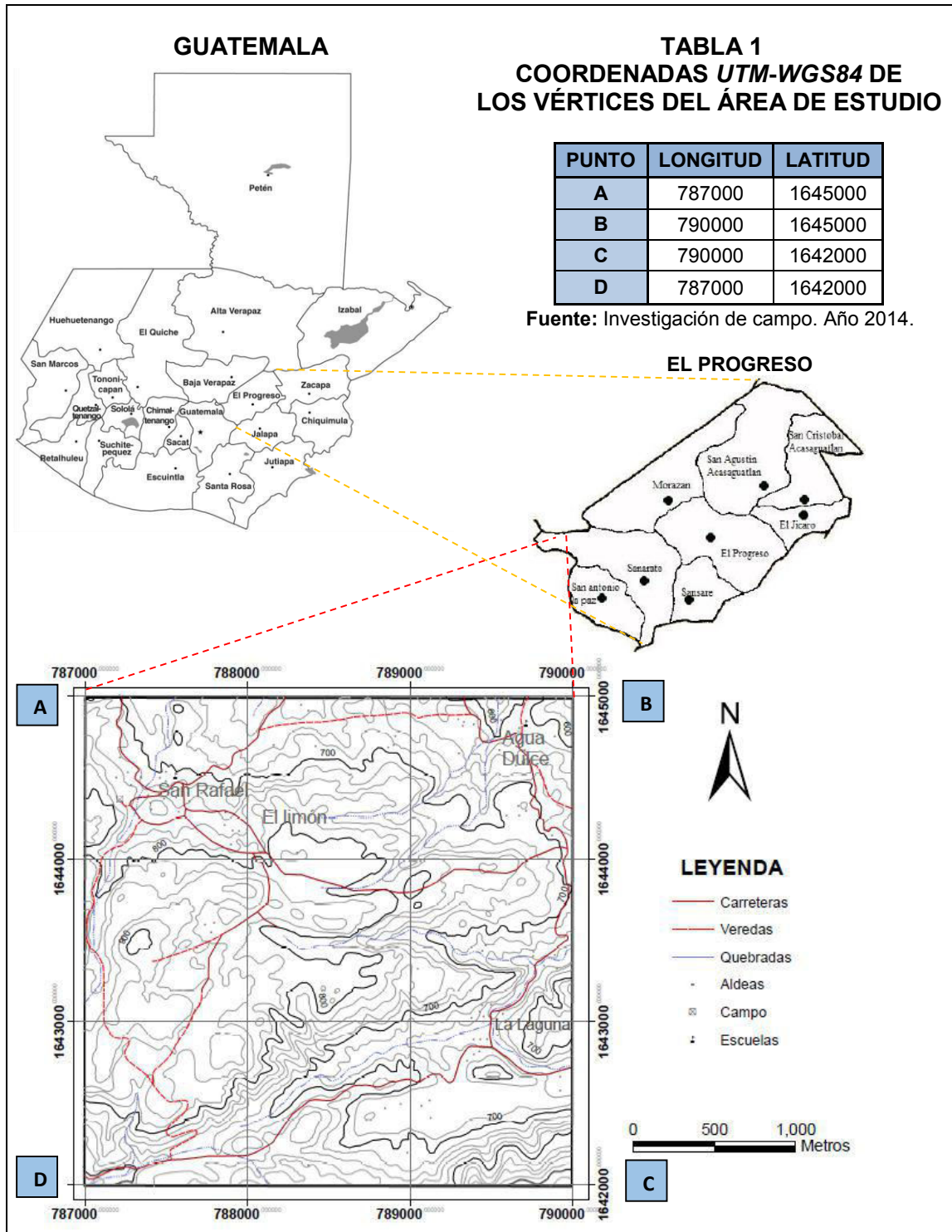
DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización geográfica

El área de investigación se ubica geográficamente en latitud norte aproximada de 14.85° y en la longitud oeste de -90.35° al centro de Guatemala en el departamento de El Progreso, específicamente en la parte oeste del municipio de Sanarate, donde comprende las aldeas de: San Rafael, El limón, Agua Dulce y La Laguna.

Geoméricamente la zona tiene un límite de 9km^2 que está representada en un cuadrado, cuyos vértices están en la tabla 1, insertada en la figura 1, donde se presenta su ubicación geográfica, teniendo una proyección de las coordenadas en UTM-WGS84 zona 15°N .

FIGURA 1 MAPA DE GUATEMALA MOSTRANDO LA UBICACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

2.2 Vías de acceso

Se cuenta con dos accesos para ingresar al área de investigación, los cuales se describen a continuación:

La primera partiendo desde la ciudad capital, se toma la carretera que conduce hacia el Atlántico, con el nombre de Jacobo Árbenz Guzmán que se identifica con el código CA-9, hasta llegar al kilómetro 54,7 aproximadamente, donde se encuentra la carretera de asfalto que conduce a la aldea Conacaste.

De la aldea Conacaste se le da seguimiento a la carretera de terracería, aproximadamente son 40 minutos en vehículo hasta llegar al área de investigación.

La segunda partiendo de Cobán, A.V., se toma la carretera que conduce a la ciudad por el Atlántico con el código CA-14, la cual se dirige a Santa Elena la Cumbre y El Rancho.

Después se toma la carretera al Atlántico CA-9 que conduce a la ciudad capital hasta llegar al kilómetro 54,7 aproximadamente, donde se encuentran las carreteras que conducen a Sanarate y a la aldea Conacaste. Se toma la carretera del Conacaste, cabe indicar que todas las carreteras anteriores son de asfalto y desde esa misma aldea aproximadamente son 40 minutos en vehículo hasta llegar al área de investigación, en carretera de terracería.

2.3 Geología regional

2.3.1 Litoestratigrafía

En la zona podemos encontrar cuerpos de roca perteneciente al bloque Chortí, en donde se pueden observar rocas metamórficas e ígneas.

Pérez Bol (2 000) hace referencia del bloque chortí como lo siguiente:

“Una cordillera de rocas metamórficas y plutónicas que se extiende justo desde el Norte de la ciudad de Guatemala, hacia la Costa Norte de Honduras, en sentido E-NO. Esta provincia compleja incluye rocas ígneas y metamórficas Paleozoicas y Precámbricas; capas rojas, carbonatos, clásticos y rocas volcánicas Mesozoicas, y rocas marinas, continentales y volcánicas del Cenozoico”³.

En la zona de investigación se pueden evidenciar formaciones más generalizadas las cuales son:

a. Grupo el Tambor

De litología variante que conforman cuerpos alóctonos de rocas, los cuales evidencian una secuencia ofiolítica en algunos casos, lo que relata que pertenece a una cuenca oceánica conformada por rocas ofiolíticas y metamórficas.

³ Pérez Bol, Edgar Rolando. *Léxico estratigráfico del bloque chortí en Guatemala*. Cobán, Alta Verapaz. 2000, P8.

Pérez Bol (2000) se refiere al Grupo El Tambor conformada:

“por peridotitas serpentizadas y gabros foliados, seguido por una gruesa secuencia de basaltos almohadillados ligeramente metamorfizados, y el chert radiolario rojo”⁴.

En la zona norte podemos observar peridotitas las cuales se encuentran serpentizadas, estas se encuentran con variaciones de anfibolita y eclogita las cuales se encuentran cizalladas, así también continuas con basalto almohadillado metamorfizado, la edad del metamorfismo de las rocas oceánicas es de 60 Ma, correspondiendo a finales del Maastrichtiano.

Pérez Bol (2000), hace referencia sobre el cizallamiento en esta formación como:

“Dentro de las unidades metavolcánicas aunque hay pocas zonas de cizalla; hay algunos bastante cizalladas, estas últimas son gradacionales a esquistos y actinolita verde, que es la facie de esquistos verdes equivalentes de los metavolcánicos multicolores”⁵.

b. Caliza Cerro la Virgen

Esta unidad se puede encontrar al sur de la zona, autores como Mauricio Chiquín (2003), las describen de la siguiente forma:

⁴ Pérez Bol, Edgar Rolando. *Léxico estratigráfico del bloque chortí en Guatemala*. Cobán, Alta Verapaz. 2000., 138.

⁵ *Ibíd.*, 139.

“La Caliza Cerro de La Virgen se interpreta actualmente como un cuerpo alóctono obducido junto con otros cuerpos de corteza oceánica, durante la colisión de los bloques Maya - Chortis. El contacto inferior es una falla inversa sobre el basamento metamórfico e ígneo, siendo aún incierta la relación entre la caliza y la subyacente Filita Agua Salóbrega en el cuadrángulo Sanarate”⁶.

Indicando que la edad de esta formación, está basado en el contenido fosilífero, el cual está entre Albiano y Maastrichtiano.

c. Formación Guastatoya

Pérez Bol (2000) describe esta unidad de la siguiente forma:

“Los cantos y guijas están compuestos de granito, diorita, mármol, anfíbolita, metavolcánicos y rocas volcánicas sanas retrabajadas, dentro de una matriz tobácea-arenosa. Estas capas reflejan la litología del Complejo Las Ovejas y la Formación El Tambor subyacentes”⁷.

La edad se determinó con K-Ar, en muestras de biotita, la cual rindió estimaciones inferiores a 12Ma, que corresponden al Mioceno Superior.

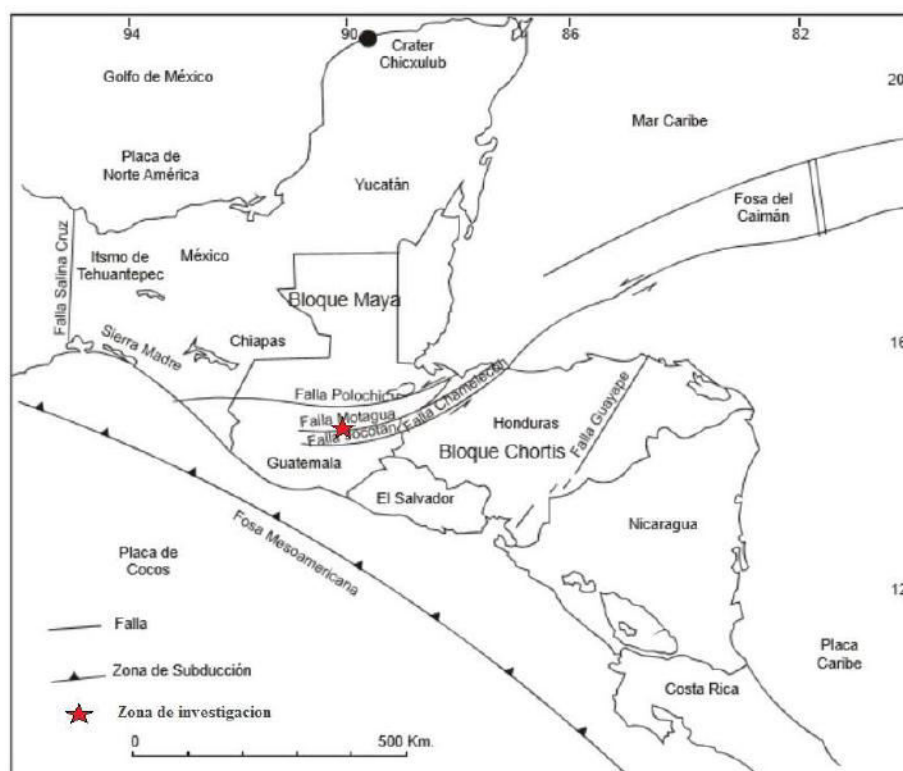
⁶ Mauricio Chiquín, *Geología del Cuadrángulo de El Progreso*, Cobán, A.V., 2003, P38.

⁷ Pérez Bol, Edgar Rolando. *Léxico estratigráfico del bloque chortí en Guatemala*. Cobán, Alta Verapaz. 2000, P76.

2.3.2 Tectónica

Guatemala se encuentra constituida por una interacción de tres placas tectónicas (Figura 2) que son: la del Caribe que se encuentra subduciendo a la placa de Cocos, este evento de subducción es generador de la cadena volcánica de Guatemala. La tercera placa de Norteamérica se encuentra en un evento de falla trascurrente con respecto a la placa del Caribe con un movimiento sinistral, que se puede observar en la zona de sutura del Motagua.

FIGURA 2
MAPA TECTÓNICO REGIONAL DE GUATEMALA Y CENTRO AMÉRICA



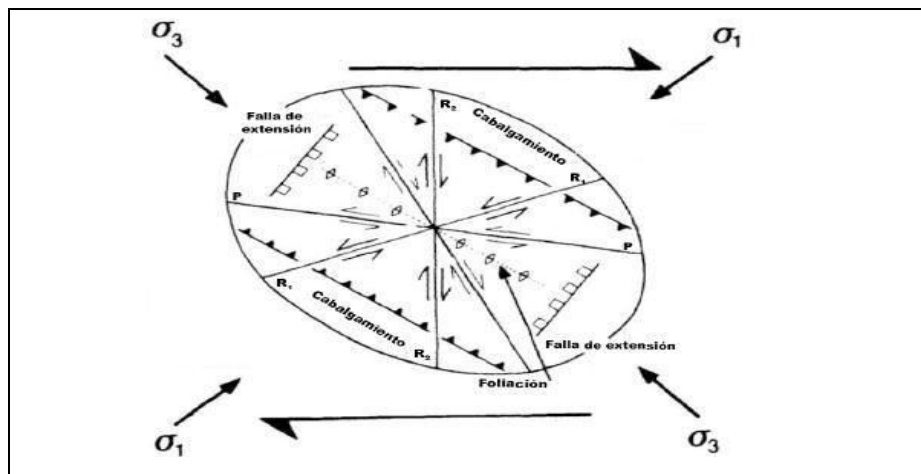
Fuente: Modificado de Cross P. (1995).

Chiquín (2000) tomando de varios autores resume lo siguiente:

“Más recientemente, BECCALUVA et al (1995), establecieron que la zona sur del motagua representa una zona de cizalla sinistral entre los bloques continentales Maya y Chortis, e incluye el Sistema de Falla Motagua (SFM), que está constituido por las fallas de rumbo de tendencia e-o y ne-sw (en algunos lugares sísmicamente activas) de Polochic, Motagua, Cabañas, y Jocotán”⁸.

El sistema estructural del cuadrángulo El Progreso está relacionado a la Zona de Sutura del Motagua, el cual se manifiesta principalmente por fallamiento de tendencia E-O con un movimiento sinistral (Figura 3), como fracturas, foliación, pliegues, basculamientos y actividad ígnea que son rasgos que se pueden encontrar en esta zona de sutura.

**FIGURA 3
ELIPSE DE DEFORMACIÓN DE MOVIMIENTO SINISTRAL**



Fuente: The mapping of geological structures, Ken McClay (2007), Department of Geology, Royal Holloway University of London, Elipse de Deformación, Sinistral.

⁸ Mauricio Chiquín, *Geología del Cuadrángulo de El Progreso*, Cobán, A.V., 2003, P60.

2.3.3 Geomorfología

a. Hidrología

En el municipio de Sanarate se identifican 3 micro cuencas hidrográficas, que drenan hacia el río Motagua, siendo las siguientes: río Plátanos, río Las Vacas y río San Nicolás.

En el área se observan varias quebradas que son efímeras, las cuales se encuentran en la aldea la Laguna con el nombre de la quebrada El Zarzal que desemboca en las quebradas del Barro y el río Plátanos.

Las otras dos quebradas principales que se encuentran en la aldea San Rafael que desemboca al río Motagua y la de la aldea Agua Dulce que desemboca en el río San Antonio.

b. Clima y vegetación

El clima predominante en el área de investigación es cálido, debido a su posición geográfica y a la altitud a la que se encuentra, con un promedio de 850msnm.

Los promedios de temperaturas que se registraron entre un período de 20 años son: máxima 24°C y mínima 19°C.

La vegetación natural que predomina según SEGEPLAN en esta zona son las siguientes especies: *yaje*

(leucaena guatemalensis) ceibillo (ceiba aescutifolia), Brasil, eucalipto, paraíso encino negro, naranjill⁹.

c. Suelos

Según Charles Simmons (1959) el departamento de El Progreso cuenta con tres clases de suelo: I) suelos de alto planicie central, II) suelos desarrollados sobre material sedimentario y metamórfico, y III) clases misceláneas de suelo¹⁰.

El área de estudio se encuentra en los suelos desarrollados sobre material sedimentario y metamórfico, está ubicada en la categoría de suelos poco profundos sobre serpentina y esquistos.

d. Relieve

En el área se observa un relieve moderado, las alturas varían significativamente en algunas partes donde suele ser bien escarpado, se encuentran alturas desde los 600msnm hasta los 900msnm como se observa en la figura 4.

El área en su mayoría contiene laderas fuertemente inclinadas con un 45%, que es predominantemente en la parte central y norte de la zona.

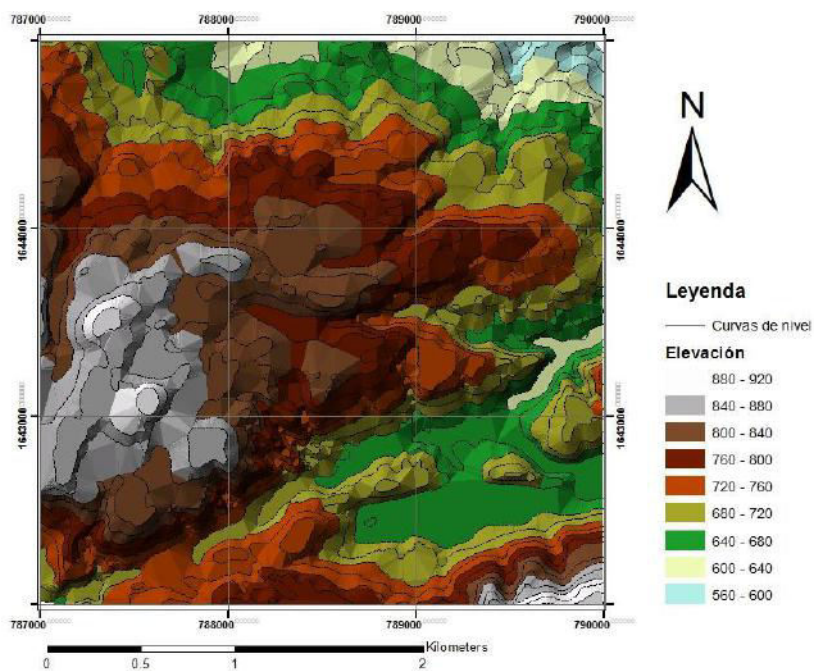
⁹ SEGEPLAN, *Plan de Desarrollo, Sanarate, El Progreso*. Guatemala; SEGEPLAN 2012, P41.

¹⁰ Charles Simmons (1959), *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala*. P97.

Las laderas fuertemente inclinadas que son las segundas que predominan con un 35%, se encuentran dispersas en el área, pero se observan más en la parte central sur.

Y por último las laderas escarpadas que están presentes en el área con un 20%, donde es significativo ya que se puede deducir que el área está siendo afectada por procesos tectónicos en la parte sur-central con una orientación de rumbo de los escarpes S-O a N-E.

FIGURA 4
MAPA DE ELEVACIÓN DIGITAL



Fuente: Elaboración Propia año 2016.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

La investigación cuenta con métodos y técnicas tanto para la recolección bibliográfica como de datos en campo para el análisis de las estructuras observadas, para ello se presentan los siguientes incisos que pretenden explicar la metodología a tomar:

3.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

En esta fase se recabo toda la información acerca de los trabajos realizados en el área y sus cercanías con el objetivo de tener una mejor idea de la geología estructural regional como local, además se reunieron fuentes como, libros, informes, artículos, revistas, periódicos, TFC, tesis y mapas que aportaron información pertinente al estudio, para efectuar un mejor trabajo de campo y laboratorio.

3.2 Etapa de campo

La fase consistió en la ejecución del proyecto de investigación mediante prácticas realizadas en el área de trabajo, la cual tuvo como finalidad observar, describir, medir y evaluar todo lo relacionado con la geología local del área de investigación.

La práctica fue realizada con el método de caminamiento en toda el área, a partir de instrumentos de apoyo como GPS, brújula, martillo, lupa, libreta, etc., con los cuales se tomaron datos de las estructuras y se georreferenciaron con los mismos, los datos se tomaron en dirección

y buzamiento (DIP/DIR). El mapeo se realizó a escala 1:5 000, y en el informe final se presentó a escala 1:10 000, con el fin de delimitar mejor las unidades litológicas.

Se recolectaron muestras de las distintas rocas para efectuar estudios en laboratorio, para una mejor descripción litológica de las unidades. Para cada muestra se tomó el siguiente método de código para identificación de las mismas: primero se tomará la primera letra del nombre, seguido de las dos letras del primer apellido y por último la numeración que le corresponde, por ejemplo, JDE01.

Esta etapa inicio en fecha 23 de Junio de 2014, y finalizo el 22 de Agosto de 2014, con 45 días trabajados en campo.

3.3 Etapa de laboratorio

Esta etapa se ejecutó en un tiempo de 30 días, durante los cuales se procedió a preparar las muestras de roca para hacer su análisis petrográfico.

Se realizaron estudios de ciertas muestras recolectadas en el campo, para establecer la mineralogía y textura de las rocas, con el fin de definir las unidades litológicas, que se encontraron difíciles de establecer macroscópicamente en el campo.

El análisis consistió en la interpretación de datos cualitativos y cuantitativos de los minerales, dicho estudio se realizó en el laboratorio de geología del Centro Universitario del Norte.

3.4 Etapa de gabinete

En esta última etapa se realizó el estudio y análisis de las distintas fases descritas anteriormente (bibliográfica, campo y laboratorio); con el fin de generar respuestas al problema de investigación, los cuales nos ayudaron a definir las relaciones geométricas de las estructuras, a partir de la dinámica y cinemática que presenta el área.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Estratigrafía local

Para identificar y definir las unidades litológicas en campo, se tomaron las características geológicas principales, que son indicadoras para establecer el tipo de roca, se utilizaron guías observatorias, las cuales ayudaron a definir aspectos texturales y mineralógicas, que indican si la roca por ejemplo presenta una buena clasificación granulométrica, para saber a qué tipo de roca pertenece.

Se identificó el tipo de mineralogía y su porcentaje, tanto de minerales indicadores como minerales accesorios, con el fin de establecer a grandes rasgos el nombre de la roca y ver si la unidad presenta algún tipo de alteración mineral.

4.1.1 Unidad de Peridotita Serpentinizada (Sp)

La unidad de Peridotita Serpentinizada se ubica en la parte norte del cuadrángulo, el cual se extiende de NO a NE, en las aldeas de San Rafael y Agua Dulce, con un área aproximada de 1km².

Esta unidad se localiza en las partes más altas de la zona, en donde se observan laderas entre 0° y 30° de inclinación,

las cuales se clasifican en laderas desde levemente a fuertemente inclinadas.

Los afloramientos se encuentran mejor expuestos en las aldeas de San Rafael, sobre un corte en la carretera (Fotografía 1) y en la quebrada de la aldea El Limón.

En esta unidad se identificaron más cuerpos en menor cantidad, en donde encontramos serpentinita y talco. En la unidad existe un mayor porcentaje de presencia de la peridotita serpentinizada con un 80%. La serpentinita y talco con un 12% y por último bloques de eclogita y anfibolita con un 8%.

FOTOGRAFÍA 1
CORTE DE CARRETERA, MOSTRANDO
PERIDOTITA SERPENTINIZADA, EN
COORDENADAS UTM: 0787267E, 1644958N



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2 014.

La variación lateral de la peridotita para los lugares mejores expuestos es de norte a sur, donde la Peridotita Serpentinizada cambia significativamente a rocas de Anfibolita y Eclogita.

También se encuentra otra variación en la peridotita, pero esta se da de oeste a este, donde la Peridotita Serpentinizada cambia a serpentinita, esto se puede apreciar más en la aldea de San Rafael y la quebrada de la aldea El Limón.

En la zona se observó que la peridotita se encontraba en tres formas, de modo masivo, cizallado y lenticular, esta última debido a la serpentización y/o a la alteración de los olivinos en forma esferoidal como se puede observar en la Fotografía 2, la meteorización de la peridotita se caracteriza con un grado medio.

FOTOGRAFÍA 2
CORTE EN CARRETERA MOSTRANDO
PERIDOTITA LENTICULAR, TECTÓNIZADA EN LAS
COORDENADAS UTM: 0787963E, 1644417N



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

La Peridotita Serpentinizada de color verde azulada, con alto contenido de olivinos, serpentina y algunos piroxenos visibles, la roca presenta textura fanerítica en mayor ocasión y otras afanítica. También se presentaban grietas rellenas con magnesita de espesores no mayores a 5cm, con una orientación de 35°/N192°.

a. Sub Unidad de Serpentinita

Luego se encuentra otra sub unidad que abarca 0.10 km² se encontraba de modo masivo presentando foliación 39°/N279°. Esta se presenta de color verde claro, en ocasiones se encuentra sedosa, presentando minerales alargados de serpentina, indicando una lineación mineral orientada 50°/N320°.

Además se observan grietas rellenas de cuarzo y calcita, esta última no necesariamente se encuentra solo en grietas, si no en los espacios que quedan entre las foliaciones, esto puede deberse a la cercanía que existe entre el contacto con la Unidad de Mármol con *Chert*, que se encuentra en la Aldea Agua Dulce.

La roca de serpentinita se encuentra mejor expuesta y más sana en la aldea de San Rafael (Fotografía 3) y sobre la quebrada de la aldea El Limón, donde se observa serpentinita con un una foliación 54°/N310°, y como a 20 metros sobre la carretera paralela a la quebrada ya se puede observar nuevamente peridotita tecnonizada y en bloques.

FOTOGRAFÍA 3
SUB UNIDAD DE SERPENTINITA EN MODO
MASIVO LOCALIZADO EN LAS
COORDENADAS UTM: 0787583E, 1644484N



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

La sub unidad de Serpentinita que se observa en la aldea San Rafael, se encuentra rodeando a las rocas de Eclogita y Anfibolita, esto debido a la interacción de las unidades a la hora de haber obducción.

b. Sub Unidad de Anfibolita

Esta sub unidad se ubica en la parte noroeste y noreste del cuadrángulo, en aldea San Rafael y en las cercanías de la aldea Agua Dulce, ocupando un área aproximada de 0.10km².

La asociación de sub unidades de Anfibolita (Fotografía 4) y Eclogita se le ha denominado Cinturón de

Alta Presión. En la aldea San Rafael se observa como varia lateralmente la roca de O-E, se observan rocas en el siguiente orden: Peridotita Serpentinizada, Serpentinita, Anfibolita, Eclogita, Serpentinita y Anfibolita.

FOTOGRAFÍA 4
AFLORAMIENTO DE SUB UNIDAD
ANFIBOLITA EN LAS COORDENADAS
UTM: 0789185E, 1644596N



Tomada por: Jimmy de León. Año 2014.

El cinturón de alta presión presenta una relación con la zona de cizalla, ya que se observaron estructuras como planos de falla, las cuales se encuentran orientadas a $49^{\circ}/N072^{\circ}$. Este conjunto de rocas tiene un espesor aproximado de 5m. En la tabla 2 se presentan las muestras de rocas recolectadas en campo, con su respectiva coordenada.

TABLA 2
COORDENADAS DE UBICACIÓN DE
MUESTRAS DE SUB UNIDAD ANFIBOLITA

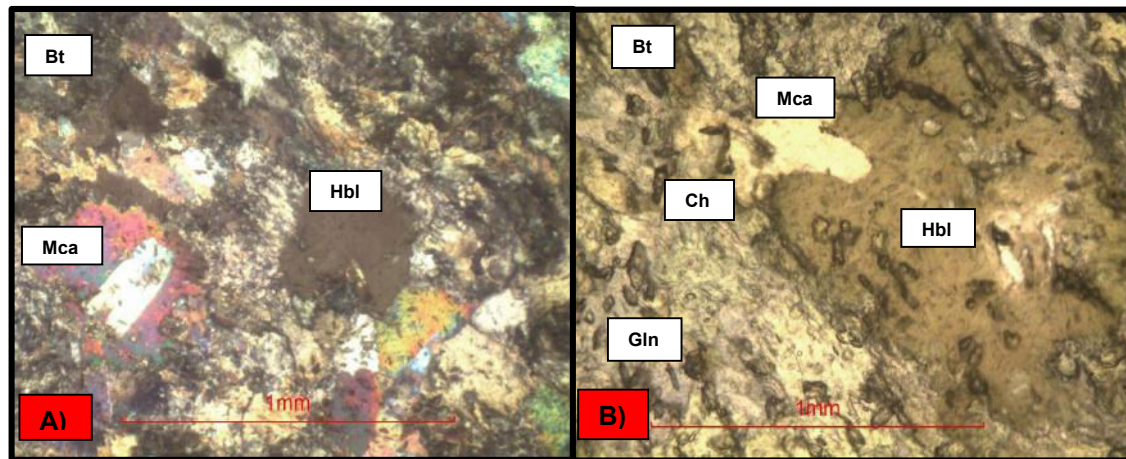
Código	Longitud	Latitud	Nombre
JDE29	789704	1644601	Anfibolita
JDE33	789154	1644720	Anfibolita con granate

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

La anfibolita macroscópicamente tiene una coloración verde oscura, con una densidad alta, teniendo una textura fanerítica en un 60% y textura afanítica en un 40%. Se distinguieron minerales de anfíboles en un 40%, micas 15%, plagioclasas 20%, cuarzo 5%, granates 5% y minerales metálicos en un 5%, el resto de porcentaje no se distinguió debido a los minerales afaníticos.

En sección delgada se hizo un análisis microscópico, en el cual se identificaron ciertos minerales esenciales característicos de la anfibolita, como se muestra en la fotografía 5, sección delgada de la muestra JDE29.

FOTOGRAFÍA 5
SECCIÓN MICROSCÓPICA DE ANFIBOLITA: A) VISTA EN XPL Y
B) VISTA EN PPL; CON BIOTITA (Bt), HORNBLENDA (Hbl),
GLAUCOFANA (Gln), MICA (Mca) Y CLORITA (Chl)



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

c. Sub Unidad de Eclogita

La Sub Unidad de Eclogita, se encuentra aflorando solo en la parte NO del cuadrángulo en la aldea San Rafael, ocupando un área aproximada de 0.10km².

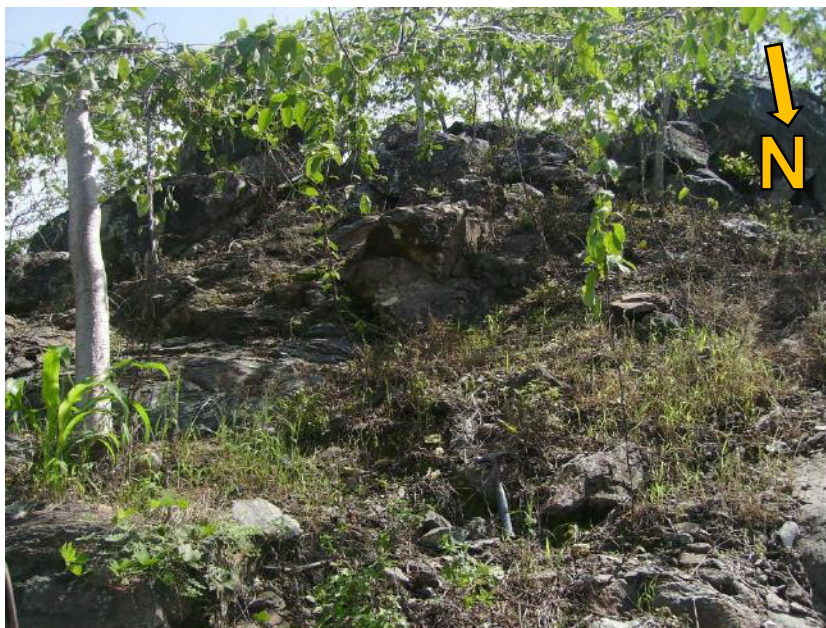
Se puede observar que en ocasiones esta sub unidad, varía repentinamente en espacios muy pequeños a otro tipo de sub unidades, pasando a anfibolitas, serpentinitas y luego eclogitas.

Por su mineralogía de alta presión conteniendo glaucofana según describe Chiquín, 2002¹¹; esto es muy común cuando ocurre en una zona de cizalla debido a que

¹¹Chiquín Yoj, Mauricio, 2003; *Geología Cuadrángulo El Progreso*; CUNOR, Cobán, A. V., P24.

la eclogita se presenta en cuerpos pequeños (Fotografía 6) que se encuentran rodeados por la peridotita.

FOTOGRAFÍA 6
AFLORAMIENTO DE SUB UNIDAD ECLOGITA
EN LAS COORDENADAS UTM: 0787508E,
1644593N



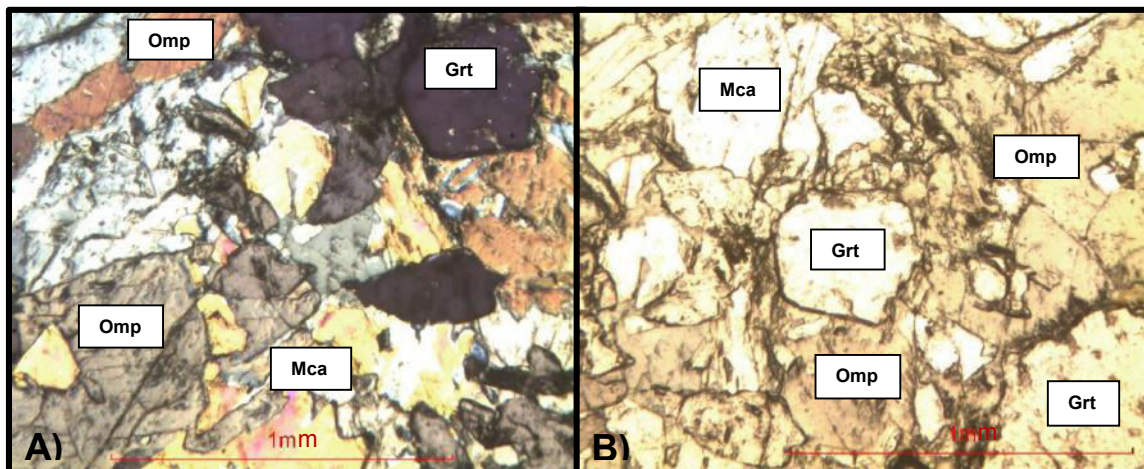
Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

Esta roca en análisis macroscópico presenta minerales de anfíboles con un 35%, los granates con un 40% variaban de tamaños aproximados de 0.4mm de diámetro y la presencia de mica con un 10%, el resto de porcentaje lo comprenden minerales afaníticos y matriz, la muestra de mano presenta una textura fanerítica, masiva, no foliada e isótropa. La roca presenta una coloración oscura.

En sección delgada se hizo un análisis microscópico, en el cual se pudieron identificar ciertos

minerales característicos de la eclogita, como se muestra en la fotografía 7 de sección delgada de la muestra JDE45, donde se observan minerales de granates y onfacita en mayor cantidad, microscópicamente presentaba textura coronítica, porfídoblastica y lepidoblastica.

FOTOGRAFÍA 7
SECCIÓN MICROSCÓPICA DE ECLOGITA: A) VISTA EN XPL Y B) VISTA EN PPL; GRANATE (Grt), ONFACITA (Omp), CUARZO (Qtz), y MICA (Mca)



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

4.1.2 Unidad de Caliza Marmolizada (Cm)

La unidad se ubica desde la parte norte del cuadrángulo, hasta extenderse casi en toda la parte sur de la zona, donde ocupa un aproximado de 4km². Esta unidad se encuentra mejor expuesta en la aldea La Laguna, donde se puede observar sus relaciones espaciales con otras litologías.

El relieve en donde se localiza esta unidad es bastante característico de las rocas carbonatadas, donde forman paisajes

kársticos, donde se encuentran laderas que van desde levemente inclinadas a laderas escarpadas.

Dentro de esta unidad se encuentra roca carbonatada que ya está recristalizada o marmolizada, la textura fina es muy predominante, en casi toda la unidad es *mudstone*, también se pueden observar cristales de calcita, presenta caliche en gran cantidad, polvo que surge de la meteorización y erosión de la roca carbonatada.

En la quebrada de El Zarzal se encuentra caliza milonítica, a la cual se le pueden observar clastos pequeños, que están retrabajados (Fotografía 8). La unidad presentaba una meteorización media.

FOTOGRAFÍA 8
UNIDAD DE CALIZA MARMOLIZADA MILONÍTICA,
UBICADA EN LAS COORDENADAS UTM: 0789700E,
1643412N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

Esta unidad también presenta fósiles, los cuales son contemporáneos ya que todavía guardan su composición esquelética de calcio, los cuales pertenecen a gasterópodos.

La unidad se encuentra con una preferencia de foliación al NE con una dirección promedio $66^{\circ}/N040^{\circ}$, conteniendo en su mayoría planos de fallas normales.

Esta unidad en la parte central este, muestra un contacto inferior el cual es discordante o fallado, y en la parte central O se observa el contacto superior de esta unidad discordante con la Unidad de Riolita.

Esta caliza se puede correlacionar con la caliza del Cerro La Virgen del Grupo el Tambor, ya que se encuentran con características de plegamiento, foliación, falladas y ubicada en la parte sur de la zona del Motagua, en el bloque Chortí según Chiquín, 2002¹².

4.1.3 Unidad de Mármol con *Chert* (Mch)

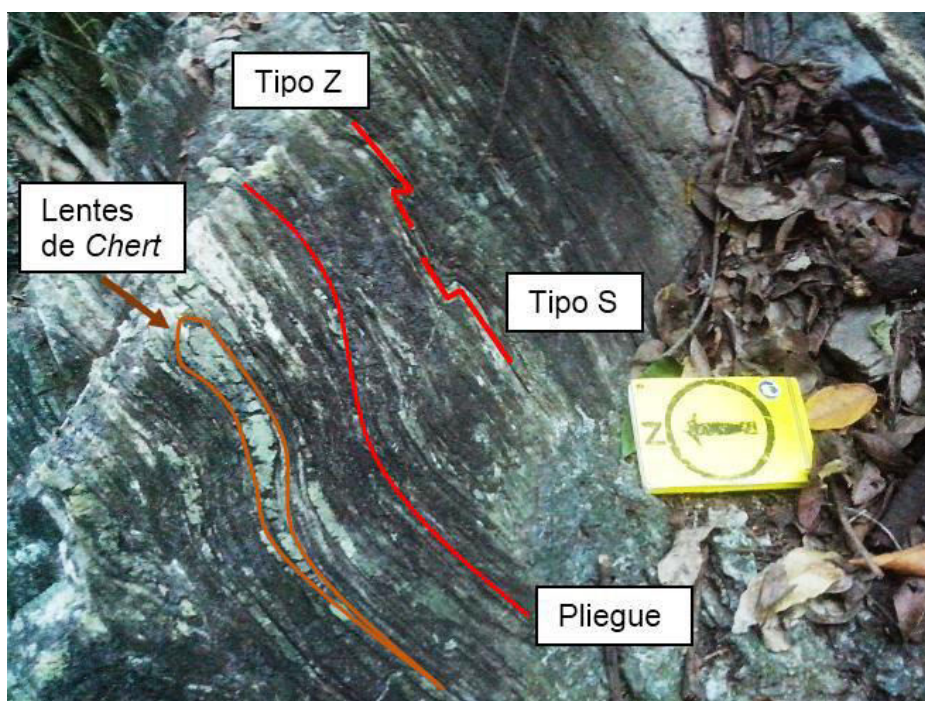
Esta unidad se encuentra al noreste del cuadrángulo y en la parte superior izquierda de la misma, donde ocupa en total un área aproximada de 0.5km². La unidad presenta un relieve fuertemente inclinado ubicado en las partes medias al NE del cuadrángulo de investigación.

Aflora en los alrededores de las aldeas San Rafael y Agua Dulce, siendo en esta última en donde mejor se expone

¹²Chiquín Yoj, Mauricio, 2003; *Geología Cuadrángulo El Progreso*; CUNOR, Cobán, A. V., P38.

(Fotografía 9). Las capas de mármol tienen un espesor entre 1cm y 2.5cm mientras que los lentes de *chert* pueden llegar a un espesor máximo de 4cm.

FOTOGRAFÍA 9
AFLORAMIENTO DE MÁRMOL CON LENTES DE
CHERT, UBICADO EN LAS COORDENADAS UTM:
0789517E, 1644771N



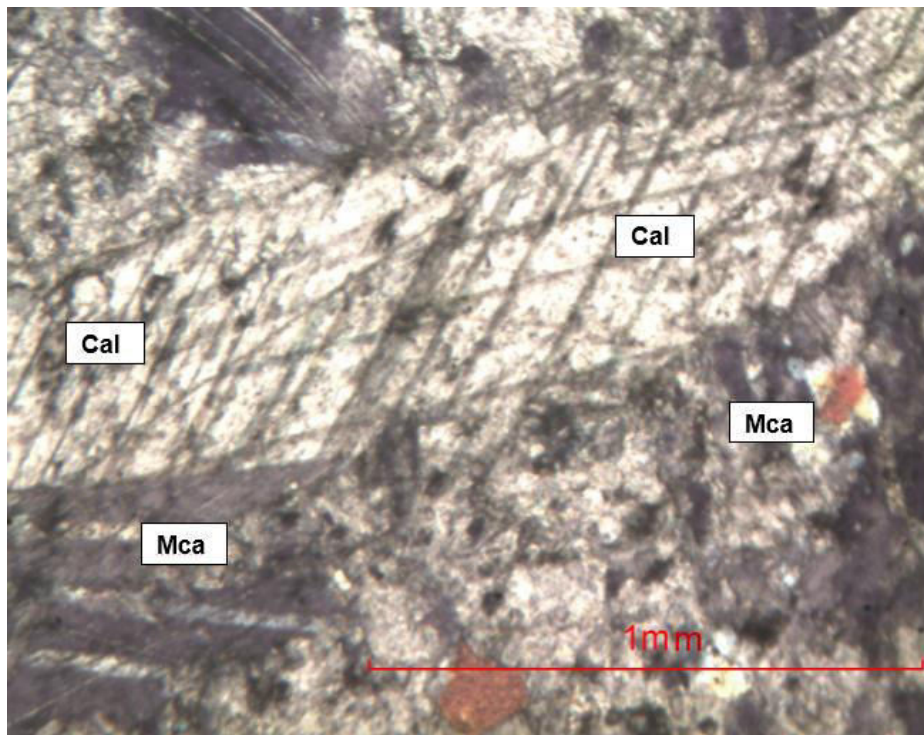
Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

De color oscuro el *chert* varia de coloraciones que van a verde grisáceo, dichas capas se encuentran orientadas a $58^{\circ}/N060^{\circ}$. Las bandas de *chert* se observa que disminuyen de N a S, en donde la roca se convierte más masiva a mármol blanco.

El estudio microscópico realizado a la muestra de mármol fue difícil, debido al estado de los minerales, pero se observó la presencia de calcita, así también se identificaron micas en la

sección, perteneciente al metamorfismo que sufrieron las partículas terrígenas (Fotografía 10), también presenta una textura nematoblástica.

FOTOGRAFÍA 10
SECCIÓN MICROSCÓPICA DE MÁRMOL
PRESENTANDO MINERALES DE CALCITA Y MICA,
UBICADA EN LAS UTM: 789495E, 1644495N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

Esta unidad se encuentra con un contacto fallado sobre la Unidad de Peridotita Serpentinizada, la cual tiene una orientación de $58^{\circ}/N130^{\circ}$, el contacto fallado tiene una cinemática inversa. Y por el otro lado se observó que la Unidad de Mármol con *Chert* en la parte superior, está en un contacto gradual con los metasedimentos, en las coordenadas UTM: 0789828E, 1644570N donde se observa un plegamiento en la Unidad de

Mármol con *Chert*, en el cual los flancos del pliegue están graduando a filita.

Esta unidad puede estar correlacionada entre la edad de Albiano - Maastrichtiano según Chiquín (2003)¹³, también menciona el hallazgo de *chert* radiolarios sobreyaciendo lavas en almohadilla, las cuales son de esa edad¹⁴. Por lo que se puede verificar en el área ya que la Unidad de Metasedimento tiene contenido de metabasaltos que se encuentran sobreyaciendo la Unidad de Mármol con *Chert*.

4.1.4 Unidad de Metasedimentos (Met)

Esta unidad se puede observar al este del área de investigación, teniendo un área aproximada de 0.25km², donde se observó que el relieve actual en esa zona está en laderas fuertemente inclinadas.

Esta unidad se observa mejor expuesta y menos meteorizada, por la carretera que conduce hacia la Aldea El Aguacate.

Entre los principales tipos de unidad se encuentra la pizarra en mayor cantidad, la cual presenta una leve foliación y lineación mineral, con minerales de micas presentando una textura foliada, la unidad presenta un color que va de verde a gris oscuro.

¹³ Chiquín Yoj, Mauricio, 2003; *Geología Cuadrángulo El Progreso*; CUNOR, Cobán, A. V., P38.

¹⁴ *Ibíd.*, P40.

También se observó en la carretera que conduce hacia el cruce de las aldeas Agua Dulce y San Rafael que hay presencia de roca levemente metamorfozada la cual pertenece a roca de basaltos almohadillados, donde guarda su forma levemente en almohadilla, esta roca tiene la presencia de bastante calcita y caolín proveniente de los feldespatos.

Esto evidencia que las rocas que están más hacia el sur provienen probablemente de un complejo ofiolítico, esto debido al cabalgamiento o la zona de cizalla que se encuentra en el cuadrángulo.

Esta unidad de roca se puede observar que viene gradando desde la aldea Agua Dulce de donde se encuentran los mármoles con *chert*, y conforme se va al sur va gradando de filita a pizarra.

Luego se observó por encima de los metabasaltos (Fotografía 11) que hay presencia de una roca la cual se encuentra con textura esquistosa y presenta minerales de clorita y sericita, esta secuencia puede estar generada por la obducción que sufrió el área.

FOTOGRAFÍA 11
METABASALTOS LOCALIZADOS EN LAS
COORDENADAS UTM: 0789900E, 1643957N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

4.1.5 Unidad de Riolita (R)

Esta unidad se encuentra en la parte central de la zona de investigación, donde se observó tanto por su relieve que se encuentra levemente y fuertemente inclinado, que este fue un flujo riolítico el cual tuvo una dirección aproximada de E franco.

Esta unidad se encuentra con un contacto discordante en la parte superior con la Avalancha Calcárea, el cual se encuentra fallado. El área aproximada que abarca esta unidad es poca, solo se manifiestan en forma de lentejones debido a la capa de coluvión que tiene encima, se observa mejor expuesta en la Aldea el Limón y en la quebrada del Zarzal.

Esta unidad presenta una textura afanítica, debido al rápido enfriamiento de la roca en su génesis, se observan minerales de feldespatos ya convirtiéndose en caolín, esta unidad se encuentra con una meteorización de alta a media, y presenta colores rojizos y purpura.

4.1.6 Unidad de Brecha Lítica (BI)

Esta unidad se encuentra en la parte sur oeste del área, ubicada en la carretera que conduce hacia la Aldea El Carmen cerca del río Los Plátanos, teniendo un área aproximada de 0.3km².

La unidad tiene una composición mayoritaria de fragmentos de roca y vidrio volcánico, se presenta con una coloración clara, en ella se pueden observar restos de roca como, por ejemplo: Riolita, Caliza Marmolizada y Peridotita.

Esta brecha se encuentra sobreyaciendo a la unidad de Caliza Marmolizada del Grupo El Tambor, no se observó contacto entre estas dos unidades, pero por la cercanía y las disposiciones de foliación de la roca se pudo concluir que era un contacto discordante.

4.1.7 Unidades Superficiales

a. Avalancha Calcárea (Av)

Esta unidad aflora en mayor cantidad en la parte oeste central del área de investigación, predomina en el área con 2.5km² de superficie.

Esta unidad de roca pertenece a un coluvión de gran magnitud, ya que como su nombre lo indica ha sido generado por una posible avalancha, la cual se ha originado a partir del desplazamiento de la roca riolítica, donde las dos unidades siguen la misma orientación.

Esta unidad se encuentra composicionalmente con fragmentos de rocas carbonatadas perteneciendo a calizas, cuyos fragmentos se encuentran consolidados por una matriz blanca de carbonato llamada caliche.

Esta unidad se encuentra sobre la unidad de Riolita, y en ella se observó un contacto discordante el cual está dado por una falla inversa.

b. Aluvión (Al)

Esta unidad se encuentra al sureste del área de investigación con un área aproximada de 1 km², su relieve se encuentra suavemente inclinado, en donde se depositaron fragmentos de roca carbonatada con alta presencia de caliche, por la topografía y los fragmentos de roca, pueda ser que en esa área hubiera existido un lago.

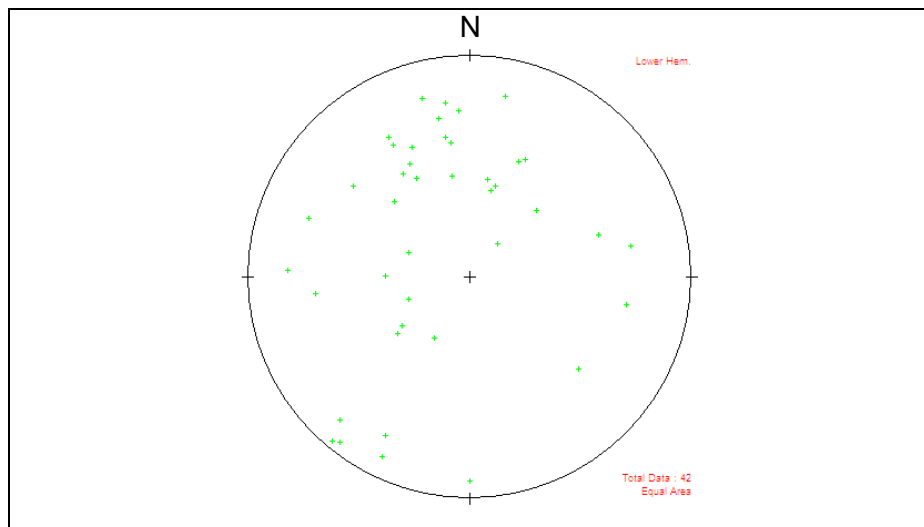
4.2 Geología estructural

Otros rasgos que también se observaron en las Unidades litológicas, son las estructuras geológicas ya sean macro o micro, que indicaron a que dominio pertenece ya sea a frágil o dúctil, con el fin de ir entendiendo los procesos tectónicos por los que han pasado.

4.2.1 Foliaciones S1

En el área se pueden observar foliaciones en los Metasedimentos, Serpentinita, Mármol con *Chert* y en Caliza Marmolizada. Para conocer mejor la tendencia de estas estructuras se presenta en la figura 5, el estereograma indicando los polos de los planos de foliación, con una tendencia predominante hacia el sur, con una dirección aproximada de N110° y otra segunda que va al noreste N080°.

FIGURA 5
ESTEREOGRAMA DE FOLIACIONES S1 INDICANDO
LA PREFERENCIA DE BUZAMIENTO



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

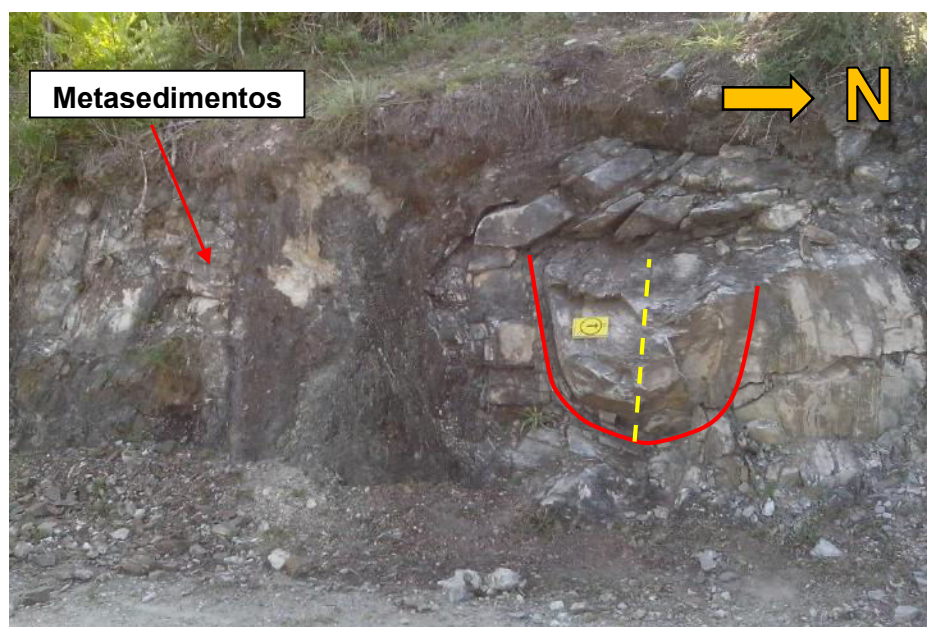
4.2.2 Pliegues

Son estructuras que se generan a partir de la deformación de la roca por esfuerzos compresionales, donde se forman en un dominio dúctil.

En el área de investigación se observaron tres pliegues, los cuales varían de tamaño que van de metros a centímetros, así como de una forma peculiar de sinforme.

Dos de los pliegues fueron encontrados en la unidad de Metasedimentos (Fotografía 12), el primero fue difícil de reconocer, ya que la roca se observó muy meteorizada y triturada, el último pliegue se encuentra con intercalaciones de Mármol con *Chert* y Metasedimentos.

FOTOGRAFÍA 12 PLIEGUE SINFORME INCLINADO, LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM: 0789828E, 1644570N

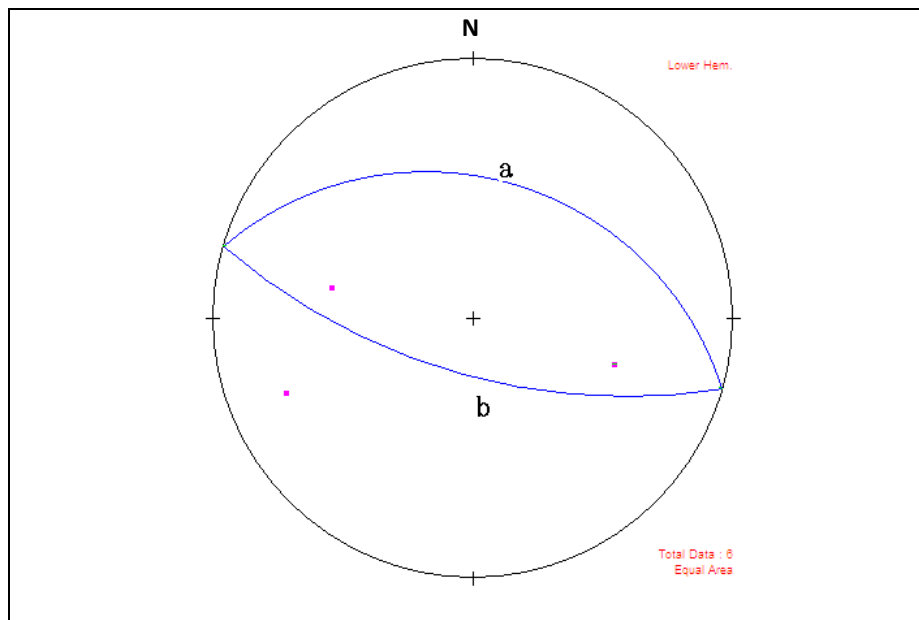


Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

El pliegue de Metasedimentos encontrado en las coordenadas UTM: 0789828E, 1644570N, se encuentra con un plano axial $72^{\circ}/N196^{\circ}$ con vergencia hacia el norte, el cual no es muy notorio por la baja inclinación del plano axial.

Mientras que en el pliegue encontrado en las coordenadas UTM: 0789517E, 1644771N el cual está presente en la unidad de Mármol con *Chert*, tiene un plano axial de $45^{\circ}/N016^{\circ}$ el cual tiene una vergencia muy notoria hacia el sur. En la figura 6 del estereograma podemos observar los dos pliegues con su respectiva vergencia del plano axial.

FIGURA 6
ESTEREOGRAMA CON EJES DE PLIEGUE Y
PLANOS AXIALES: A) PLANO AXIAL DE
METASEDIMIENTO Y B) PLANO AXIAL EN MÁRMOL
CON *CHERT*



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Los pliegues encontrados en el área de investigación fueron clasificados (Tabla 3) en base a criterios que son del buzamiento del plano axial, la inmersión del pliegue y su forma.

**TABLA 3
CLASIFICACIÓN DE PLIEGUES**

Plano axial Dip/Dir	Eje	Clasificación según plano axial	Clasificación según Ángulo de Inmersión	Forma del pliegue
72°/N196°	44°/N282°	Pliegue muy inclinado	Pliegue con inmersión moderada	Sinforme
45°/N016°	42°/N108°	Pliegue moderadamente inclinado	Pliegue con inmersión moderada	Sinforme
36°/N338°	24°/N248°	Pliegue moderadamente inclinado	Pliegue con inmersión débil	Sinforme

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.2.3 Lineaciones

Estas estructuras ocurren cuando la roca se encuentra sometida a procesos tectónicos, son medidas como líneas y en ellas podemos encontrar de diferente tipo como lineaciones de crenulaciones L₂, ejes de boudines, lineación mineral y ejes de pliegues.

a. Lineaciones de crenulación (L₂)

En el área de investigación se observaron lineaciones de crenulaciones L₂, que se encuentran en las Unidades de Serpentinita y Metasedimentos, con un tamaño no mayor a 1cm.

En la fotografía 13 se observa crenulaciones, que se encontraron dentro de un pliegue de metasedimentos, en la aldea de Agua Dulce.

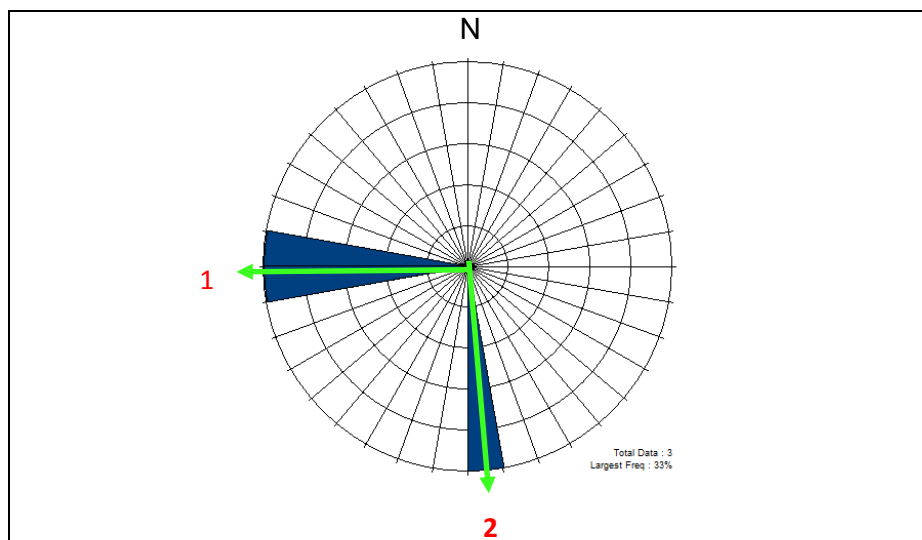
FOTOGRAFÍA 13
CRENULACIONES EN LA UNIDAD DE
METASEDIMENTO EN LAS COORDENADAS UTM:
0789828E, 1644570N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En base a los datos generados en campo a partir de las crenulaciones, se generó una roseta (Figura 7) donde se observan dos orientaciones preferenciales, con dirección N080° y N273°.

FIGURA 7
ROSETA REPRESENTANDO LA PROYECCIÓN DE
LOS EJES DE CRENLACIÓN L₂ EN UNIDADES DE
METASEDIMENTOS Y SERPENTINITA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

b. Ejes de *boudines*

Son estructuras formadas por esfuerzo de distensión, son como lentes de cuarzo que tienen prolongación longitudinal y es paralela al eje del pliegue. Estas estructuras fueron encontradas en el área de investigación en la Unidad de Metasedimentos (Fotografía 14).

La mayor cantidad de *boudines* fueron observados en la quebrada de El Zarzal en Metasedimentos, estos tenían un tamaño variante que no pasaba de los 10cm, y todos estaban formados de cuarzo.

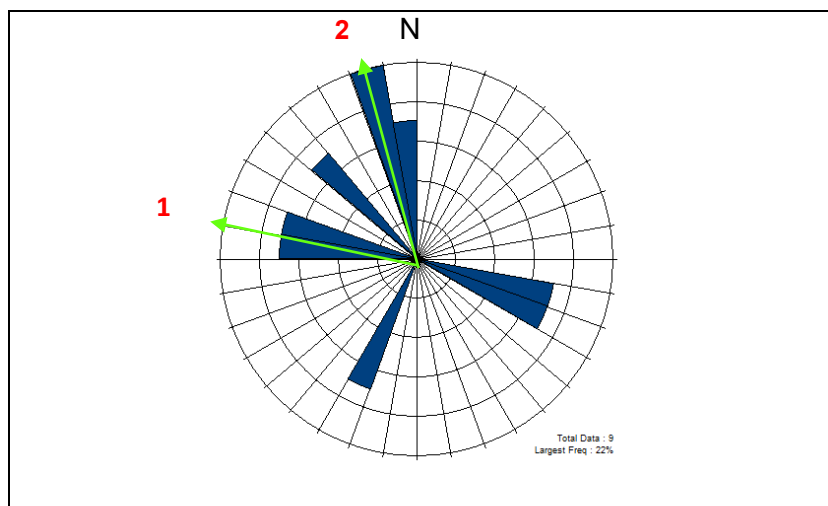
FOTOGRAFÍA 14
BOUDIN EN LA UNIDAD DE
METASEDIMENTO, LOCALIZADO EN LAS
COORDENADAS UTM: 0789481E, 1643431N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En la figura 8 de roseta se observa la orientación de los boudines marcando dos preferencias de dirección N284° y N352°.

FIGURA 8
ROSETA REPRESENTANDO LA
ORIENTACIÓN DE EJES DE *BOUDINES*



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

c. Lineación mineral

Es el arreglo lineal que sufren los minerales al ser afectados por eventos deformacionales, en el cual se observa que los minerales metamórficos alargados por ejemplo los anfíboles tienen una orientación preferencial de $62^\circ/N155^\circ$.

La lineación mineral se observó en las unidades de Metasedimentos (Fotografía 15) y en Peridotitas Serpentinizadas.

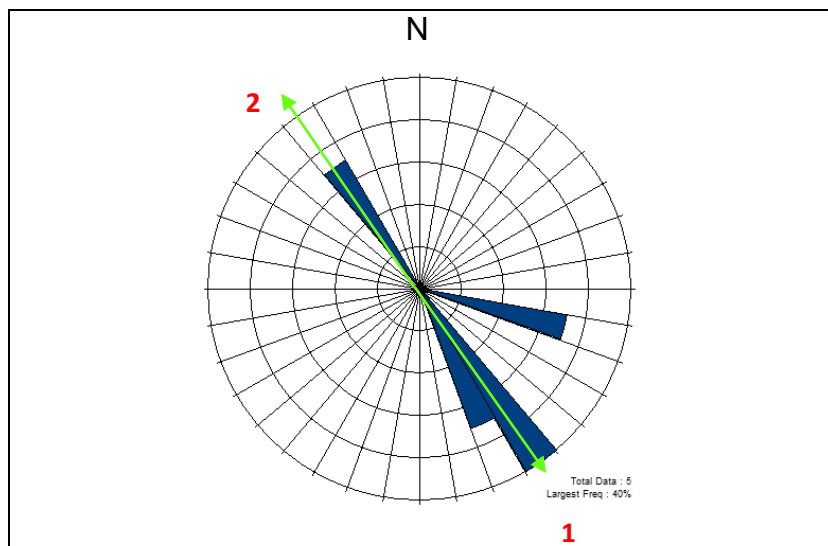
FOTOGRAFÍA 15
LINEACIÓN MINERAL EN LA UNIDAD DE
METASEDIMENTOS, LOCALIZADA EN LAS
COORDENADAS UTM: 0789962E, 1643682N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En la representación gráfica (Figura 9) se presenta una roseta que indica las lineaciones minerales, que muestran dos direcciones $N325^\circ$ y una principal en $N145^\circ$.

FIGURA 9
ESTEREOGRAMA Y ROSETA
REPRESENTANDO LA LINEACIÓN MINERAL
EN LAS UNIDADES DE METASEDIMENTOS Y
PERIDOTITAS SERPENTINIZADAS



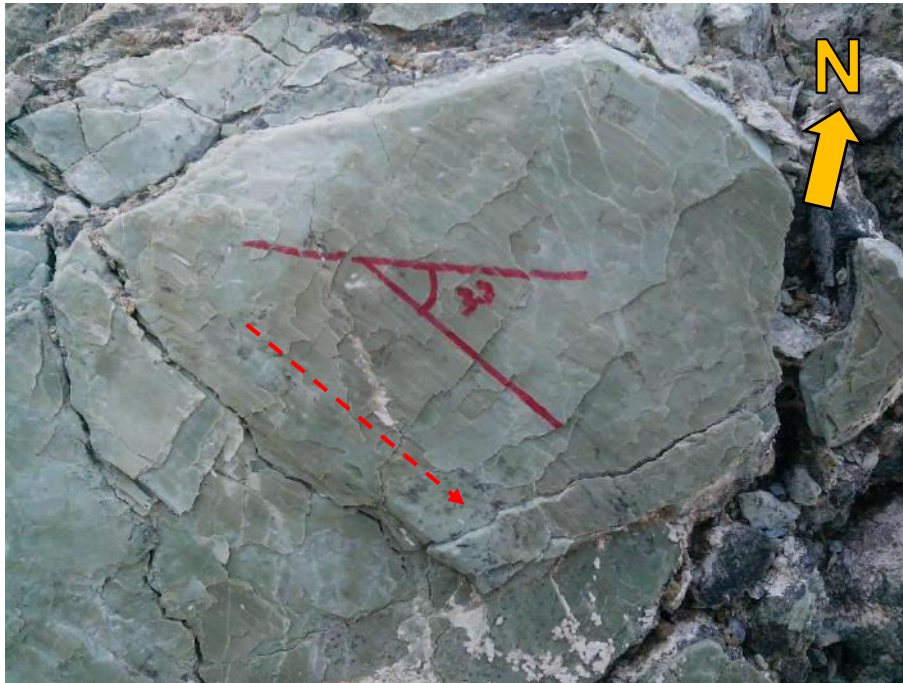
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.2.4 Fallas

Son estructuras geológicas, las cuales indican una zona donde hay presencia de esfuerzos de compresión, distensión y de cizalla, las cuales generan fracturas y estas reflejan movimiento en dos cuerpos de roca.

Las fallas pueden ser generadas en los dominios dúctiles donde originan plegamientos y en dominio frágil se pueden observar ciertos tectoglifos como gradas y estrías, las cuales nos indican el tipo de cinemática y dinámica que sufre la roca al estar sometida a los esfuerzos descritos anteriormente (Fotografía 16).

FOTOGRAFÍA 16
FALLA DEXTRAL CON COMPONENTE NORMAL
CON ESTRÍAS Y ESCALONES, LOCALIZADO EN
LAS COORDENADAS UTM: 0787274E, 1644987N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En el área se identificaron dichas estructuras, presentes en la mayoría de unidades litológicas, en las cuales se observó que tenían diferentes características como el ángulo de cabeceo y cinemática.

Por medio de las características anteriores es necesario clasificarlas, y se utilizó el diagrama para clasificar fallas de traslación según Rickard, 1972, donde las clasifica como: normales, inversas, sinestrales, dextrales, normales dextrales, normales sinestrales, inversas sinestrales, inversas dextrales,

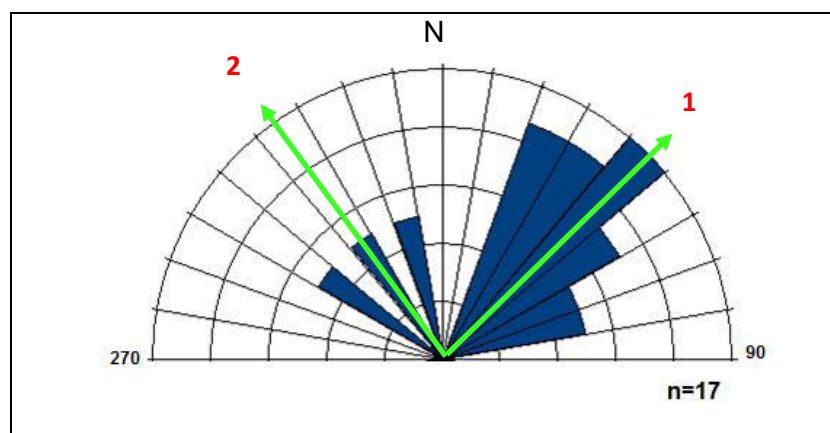
sinestrales inversas, sinestrales normales, dextrales normales y dextrales inversas¹⁵.

a. Fallas normales

Generadas por procesos que implican esfuerzos de distensión, que pueden estar sujetos a la gravedad, este tipo de fallas ocurren cuando el techo es desplazado hacia abajo, se observaron en las unidades de Caliza Marmolizada, Mármol con *Chert*, Peridotita Serpentinizada y Metasedimentos.

En la figura 10 se observa una roseta indicando la preferencia de rumbo de capa que tienen las fallas normales en el área, que da dos familias de fallas con una dirección de N048° para la mayoría y para otra de N324°.

FIGURA 10
ROSETA DE RUMBOS DE FALLAS
NORMALES



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

¹⁵ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

1) Fallas normales puras

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas se caracterizan por tener un ángulo de *pitch* mayor a 80° y no mayor a 90° (Tabla 4)¹⁶.

TABLA 4
FALLAS NORMALES PURAS

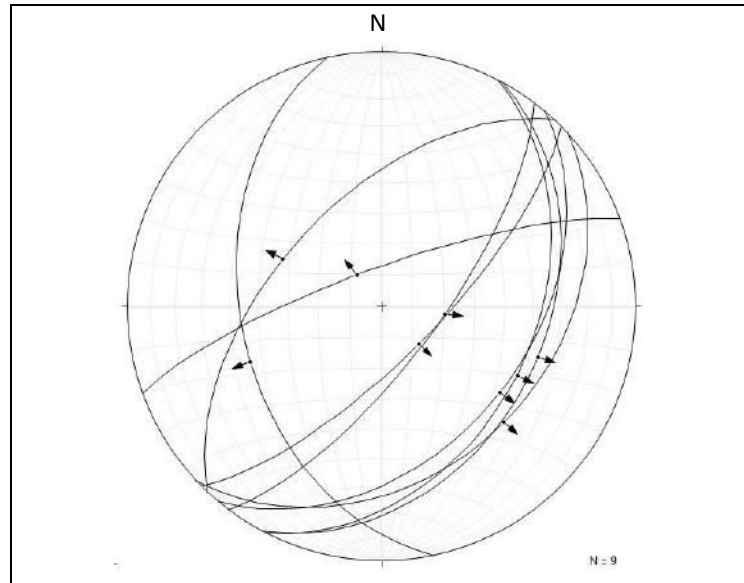
DIP	DIR	<i>Pitch</i>	Tectoglifo
44°	N258°	82° SE	Estrías y escalones
42°	N130°	87° SE	Estrías y escalones
56°	N313°	80° SO	Estrías y escalones
72°	N127°	80° NE	Estrías y escalones
78°	N340°	86°O	Estrías y escalones
34°	N137°	87°S	Estrías y escalones
40°	N117°	90°	Estrías y escalones
73°	N135°	90°	Estrías y escalones
36°	N118°	90°	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la siguiente figura 11 se observan fallas normales puras, con su respectivo estereograma, el cual se ha clasificado según el tipo de roca, donde las fallas tienen una preferencia de buzamiento NO y SE.

¹⁶ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

FIGURA 11
FALLAS NORMALES PURAS EN LAS
UNIDADES DE CALIZA MARMOLIZADA,
PERIDOTITA SERPENTINIZADA Y
METASEDIMENTOS



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

2) Fallas normales sinestrales

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas tienen un *pitch* característico entre 45°-80° y por tener componentes de rumbo, por ejemplo puede haber una falla con movimiento normal predominante y tener una componente sinistral (tabla 5)¹⁷.

¹⁷ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

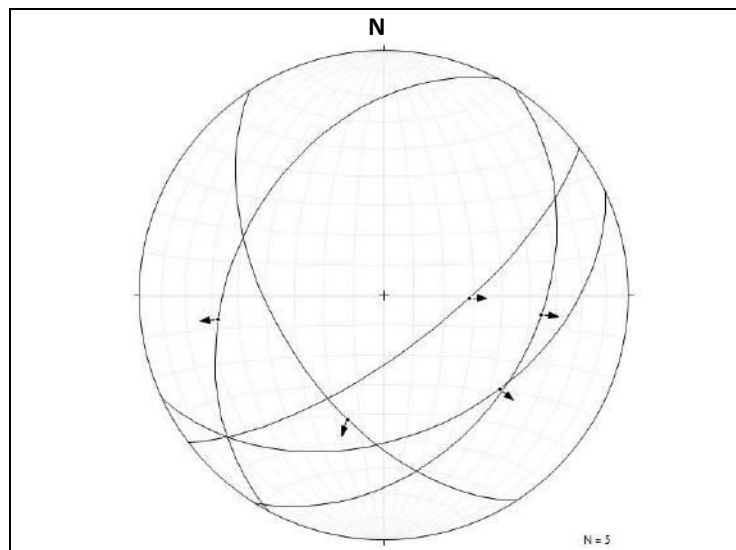
TABLA 5
FALLAS NORMALES SINISTRALES

DIP	DIR	Pitch	Tectoglifos
38°	N298°	60°S	Estrías y escalones
54°	N237°	63°S	Estrías y escalones
71°	N143°	68°N	Estrías y escalones
38°	N122°	70°N	Estrías y escalones
42°	N155°	70°E	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En el diagrama de estereograma en la figura 12, se observa la preferencia de buzamiento que estas tienen, presentando dos familias de fallas, de las cuales una se marca con buzamiento SE hacia N128°, y la otra familia de fallas buza al NO con una orientación de N335°.

FIGURA 12
ESTEREOGRAMAS DE FALLAS
NORMALES SINISTRALES, EN UNIDAD
DE METASEDIMENTOS Y PERIDOTITA
SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

3) Fallas normales dextrales

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas tienen un *pitch* característico entre 45°-80° y por tener componentes de movimiento de rumbo¹⁸, por ejemplo una falla con movimiento normal predominante y tener una componente dextral, en la siguiente tabla 6, se presentan las fallas encontradas en la zona con esta característica.

TABLA 6
FALLAS NORMALES DEXTRALES

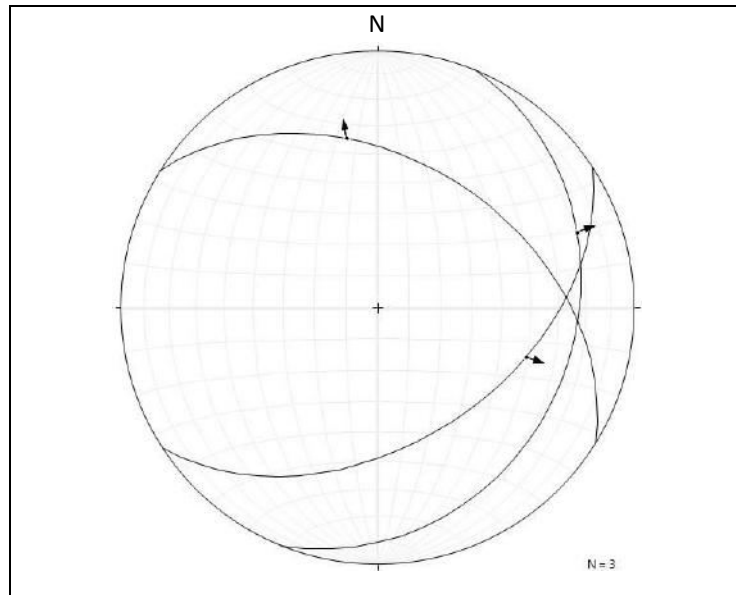
DIP	DIR	<i>Pitch</i>	Tectoglifos
46°	N147°	61°S	Estrías y escalones
24°	N122°	50°S	Estrías y escalones
42°	N032°	56°S	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas (Figura 13), podemos observar que las fallas normales dextrales tienen dos preferencias de buzamientos, en los cuales una familia se encuentran en el cuadrángulo NE con la mayoría en una dirección de N130° y otra familia mínima en N040°.

¹⁸ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

FIGURA 13
ESTEREOGRAMA DE FALLAS
NORMALES DEXTRALES EN UNIDAD DE
METASEDIMENTOS, MÁRMOL CON
CHERT Y PERIDOTITA
SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

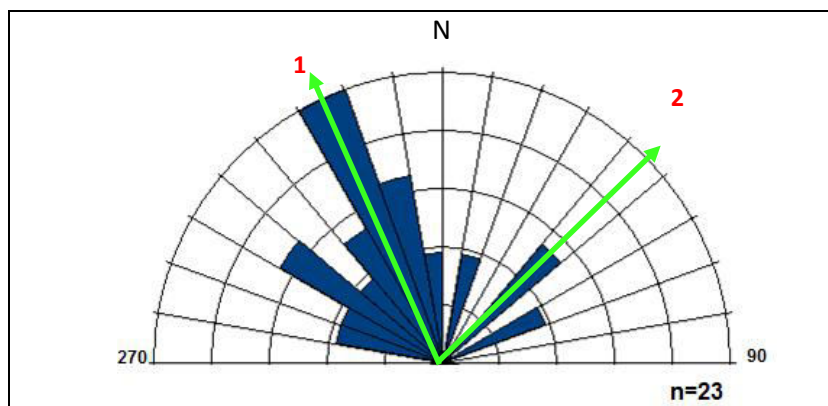
b. Fallas inversas

Estas fallas son generadas por procesos que implican los esfuerzos de compresión, estas fallas ocurren cuando el techo es desplazado hacia arriba, estas fallas se observaron en las unidades de Avalancha Calcárea, Caliza Mármolizada, Mármol con *Chert*, Peridotita Serpentinizada, Riolita y Metasedimentos, donde los planos de falla contenían tectoglifos

En la siguiente roseta (Figura 14), se puede observar la representación de las fallas inversas, las cuales nos indican la preferencia de buzamiento de capa que

tienen todas las fallas inversas encontradas en el área de investigación, donde nos da dos familias de fallas, con una que predominan rumbos aproximados de N335° y otra de N045°.

FIGURA 14
ROSETAS DE RUMBOS DE FALLAS
INVERSAS



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

1) Fallas inversas puras

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas se caracterizan por tener un ángulo de *pitch* mayor a 80° y no mayor a 90° teniendo un movimiento vertical¹⁹, en la siguiente tabla 7 se observa las siguientes fallas encontradas en la zona.

¹⁹ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

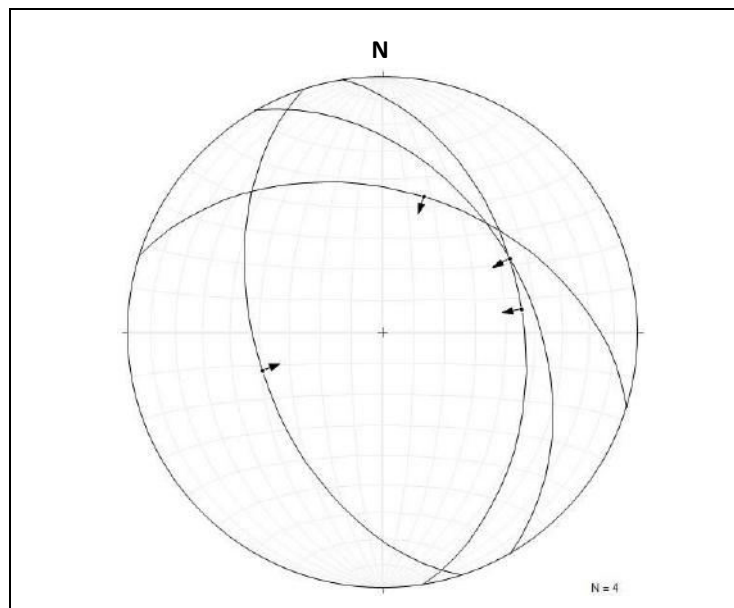
TABLA 7
FALLAS INVERSAS PURAS

Dip	Dir	Pitch	Tectoglifos
44°	N017°	90°	Estrías y escalones
49°	N252°	90°	Estrías y escalones
44°	N081°	90°	Estrías y escalones
42°	N060°	90°	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas en la figura 15, de las fallas inversas puras se observan dos tipos de familia las cuales predominan su rumbo en el cuadrángulo NO, la mayoría se encuentra en la dirección N345° y la otra mínima en N290°.

FIGURA 15
ESTEREOGRAMAS DE FALLAS
INVERSAS PURAS EN UNIDADES DE
CALIZA MARMOLIZADA, RIOLITA,
METASEDIMENTOS Y PERIDOTITA
SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

2) Fallas inversas sinestrales

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas tienen un *pitch* característico entre 45°-80° y por tener componentes de movimiento de rumbo²⁰, por ejemplo una falla con movimiento inverso predominante y una componente sinistral, en la tabla 8 se presentan las fallas encontradas en la zona.

TABLA 8
FALLAS INVERSAS SINISTRALES

DIP	DIR	Pitch	Tectoglifos
28°	N053°	58°N	Estrías y escalones
21°	N049°	61°N	Estrías y escalones
26°	N288°	49°O	Estrías y escalones
58°	N130°	52°N	Estrías y escalones
79°	N312°	76°N	Estrías y escalones
63°	N214°	55°O	Estrías y escalones
71°	N233°	69°N	Estrías y escalones
44°	N039°	46°E	Estrías y escalones
33°	N062°	65°N	Estrías y escalones
56°	N155°	60°S	Estrías y escalones
39°	N070°	54°E	Estrías y escalones
47°	N032°	55°N	Estrías y escalones
58°	N040°	52°E	Estrías y escalones

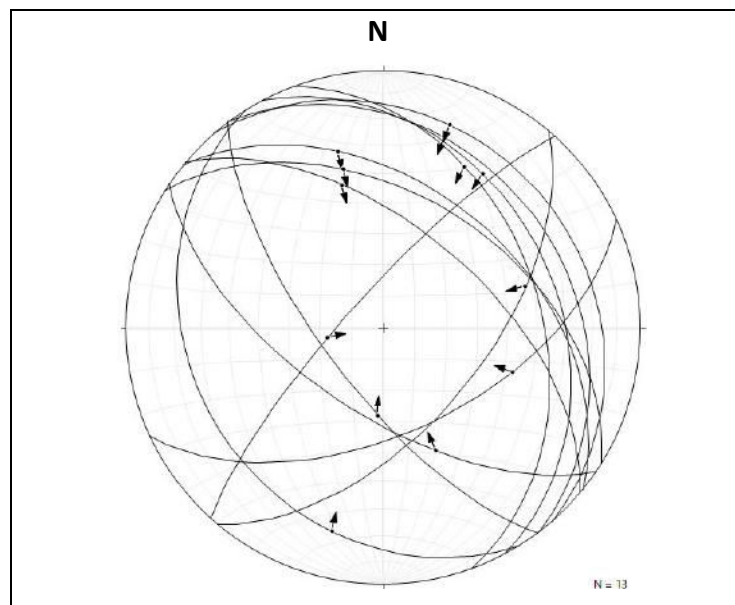
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas (Figura 16), se observan dos tipos de familia bien

²⁰ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

definidas, una de ella con dirección de capa predominante aproximado en dirección N320°, las otras familias de fallas en menor cantidad con dirección N045°.

FIGURA 16
ESTEREOGRAMAS DE FALLAS
INVERSAS SINISTRALES EN UNIDADES
DE CALIZA MARMOLIZADA,
METASEDIMENTOS Y PERIDOTITA
SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

3) Fallas inversas dextrales

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas tienen un *pitch* característico entre 45°-80° y por tener componentes de movimiento de

rumbo²¹, por ejemplo una falla con movimiento inverso y tener una componente dextral (Tabla 9).

TABLA 9
FALLAS INVERSAS DEXTRALES

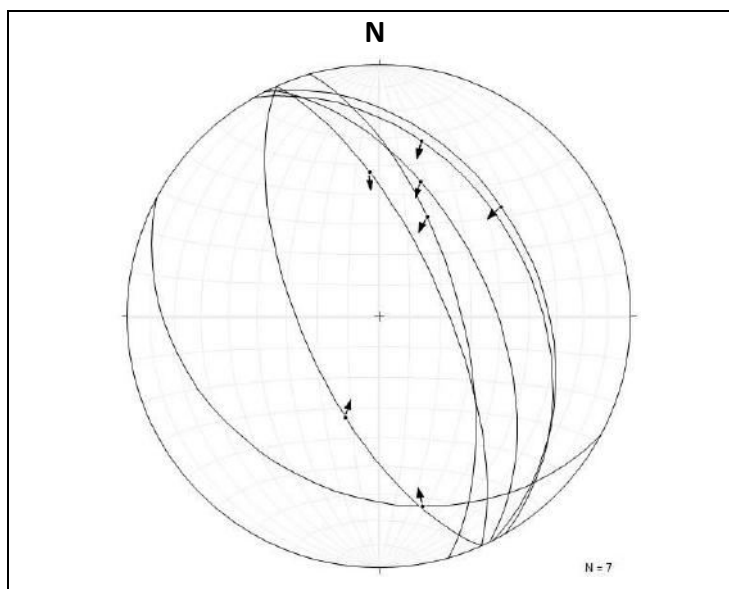
DIP	DIR	Pitch	Tectoglifo
65°	N246°	65°N	Estrías y escalones
64°	N074°	64°N	Estrías y escalones
36°	N063°	78°N	Estrías y escalones
30°	N208°	53°S	Estrías y escalones
54°	N064°	58°N	Estrías y escalones
69°	N066°	46°N	Estrías y escalones
39°	N060°	51°N	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas, se observan dos tipos de familia bien definidas, las cuales tienen dirección de capa en dirección N330° y N150°, correspondiente a los cuadrantes NO y SE (Figura 17).

²¹ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

FIGURA 17
ESTEREOGRAMAS REPRESENTANDO
LAS FALLAS INVERSAS DEXTRALES EN
UNIDADES DE RIOLITA, CALIZA
MARMOLIZADA Y PERIDOTITA
SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

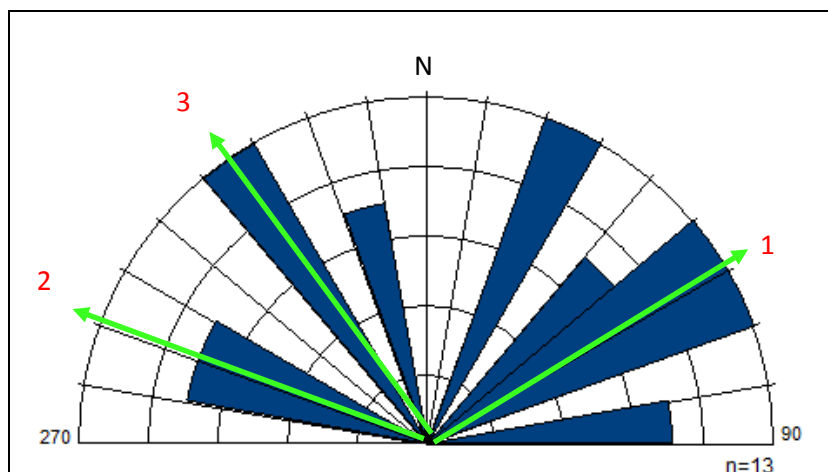
c. Fallas sinestrales

Son generadas por procesos que implican esfuerzos de cizalla, estas fallas ocurren cuando existe un desplazamiento en dos cuerpos de roca el cual es horizontal o subhorizontal, fueron encontradas en las unidades de Caliza Marmolizada, Mármol con *Chert*, Peridotita Serpentinizada y Metasedimentos, donde se observaban los planos de falla que contenían los tectoglifos.

En la figura 18, se puede observar el diagrama de rosetas indicándonos la preferencia de rumbo de capa que

tienen todas las fallas sinestrales encontradas en el área de investigación, donde nos da tres familias de fallas, con una que predomina con rumbos aproximados de N060° y otras mínimas en N325° y N290°.

FIGURA 18
ROSETA DE RUMBOS DE FALLAS
SINISTRALES



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

1) Sinestrales puras

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas son características de tener un *pitch* entre 0° y 10°, teniendo movimiento horizontal²², en la siguiente tabla 9 se presentan los datos de fallas encontradas en el área de investigación.

²² Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

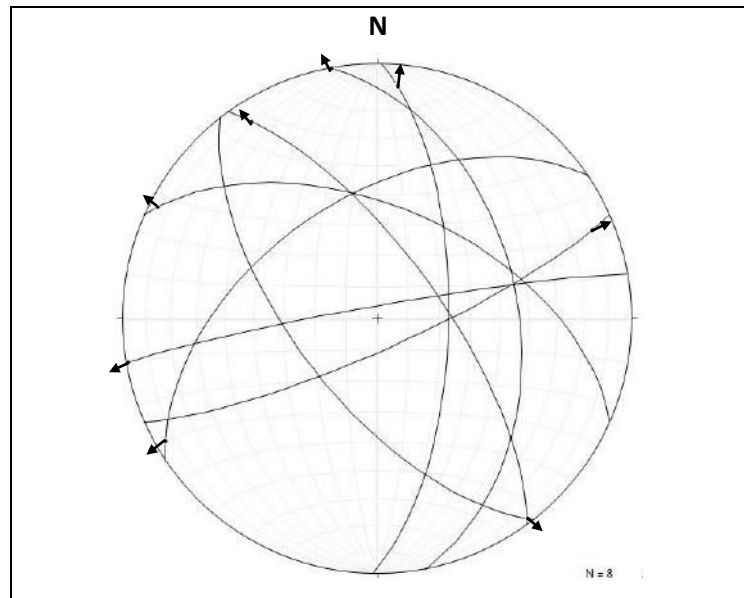
TABLA 10
FALLAS SINISTRALES PURA

DIP	DIR	Pitch	Tectoglifos
67°	N091°	67N	Estrías y escalones
51°	N326°	6°N	Estrías y escalones
70°	N054°	10°N	Estrías y escalones
80°	N156°	10°O	Estrías y escalones
44°	N079°	4°S	Estrías y escalones
54°	N024°	0°	Estrías y escalones
64°	N232°	0°	Estrías y escalones
86°	N350°	0°	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas (Figura 19) se observa la preferencia de rumbo de las capas, presentando tres tipos de familias con diferente orientación, una de ellas tiene dirección de capa predominante en N325°, y otras mínimas se encuentran en N060° y N350°.

FIGURA 19
ESTEREOGRAMAS DE FALLAS
SINISTRALES PURAS EN UNIDADES DE
PERIDOTITA SERPENTINIZADA Y
METASEDIMENTOS



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

2) Fallas sinestrales normales

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas son características de tener un *pitch* entre 10° y 45° , también se caracterizan por tener una componente normal aparte de la predominante sinistral²³, en la tabla 11 se presentan los datos de fallas encontradas en el área de investigación.

²³ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

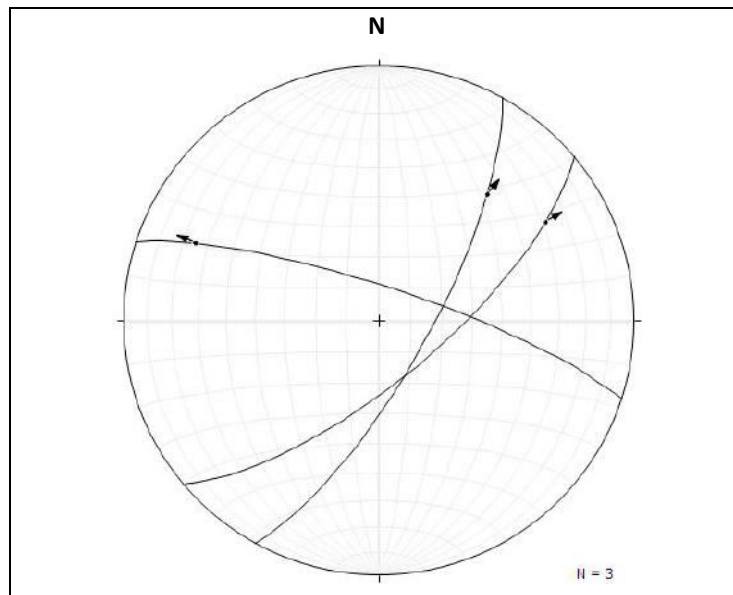
TABLA 11
FALLAS SINISTRALES NORMALES

DIP	DIR	Pitch	Tectoglifos
N018°	79°	24°N	Estrías y escalones
N119°	74°	37°N	Estrías y escalones
N140°	71°	27°N	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas (Figura 20) se observan dos tipos de familia bien definidas, las cuales una de ella tiene la dirección de capa predomina aproximadamente en dirección N040°, y otra mínima que se encuentra en N290°.

FIGURA 20
ESTEREOGRAMA DE FALLAS SINISTRALES NORMALES EN PERIDOTITA SERPENTINIZADA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

3) Fallas sinestrales inversas

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas son características de tener un *pitch* entre 10° y 45° , también se caracterizan por tener una componente inversa aparte de la predominante sinistral²⁴, en la tabla No.12 se presentan los datos de fallas encontradas en el área de investigación.

TABLA 12
FALLAS SINISTRALES INVERSAS

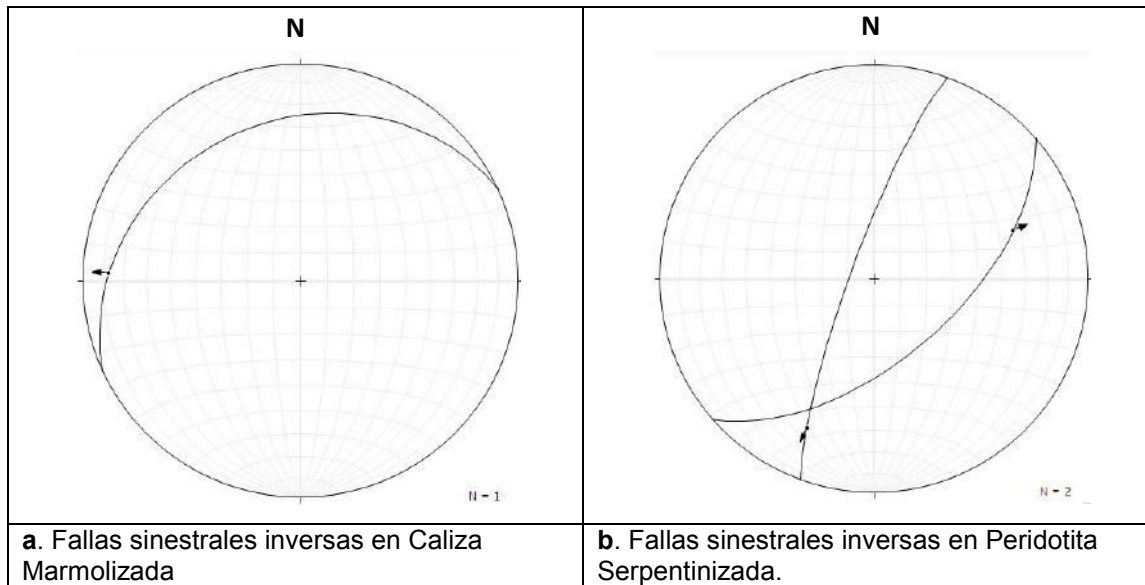
DIP	DIR	<i>Pitch</i>	Unidad Litológica
27°	N335°	30° NE	Estrías y escalones
81°	N290°	25°NE	Estrías y escalones
59°	N139°	38° S	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas se puede observar una familia bien definida, la cual tiene la dirección de capa aproximadamente en N050° (Figura 21).

²⁴ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

FIGURA 21
ESTEREOGRAMAS DE FALLAS SINISTRALES INVERSAS
SEGÚN EL TIPO DE ROCA



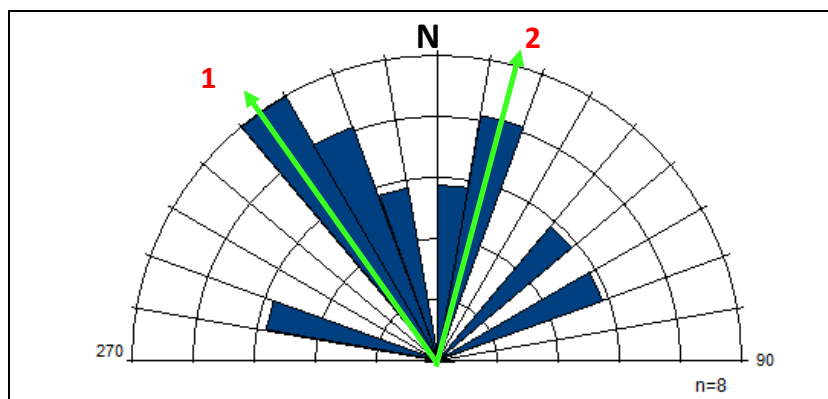
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

d. Fallas dextrales

Generadas por procesos que implican esfuerzos de cizalla, estas fallas ocurren cuando existe un desplazamiento en dos cuerpos de roca el cual es horizontal o subhorizontal, estas fallas fueron encontradas en las unidades de Caliza Mármolizada, Mármol con *Chert*, Peridotita Serpentinizada y Metasedimentos, donde se observó planos de falla que contenían los tectoglifos.

En la figura 22, se observa el diagrama de rosetas indicando la preferencia de rumbo de capa que tienen todas las fallas dextrales del área de investigación, donde da dos familias de fallas, una que predomina con rumbo aproximado de N325° y otras mínimas en N015°.

FIGURA 22
ROSETA DE RUMBOS DE FALLAS
DEXTRALES



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

1) Fallas dextrales puras

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas son características por tener un pitch entre 0° y 10° con movimiento horizontal²⁵, en la tabla 13 se presentan los datos de fallas encontradas en el área de investigación.

TABLA 13
FALLAS DEXTRALES PURAS

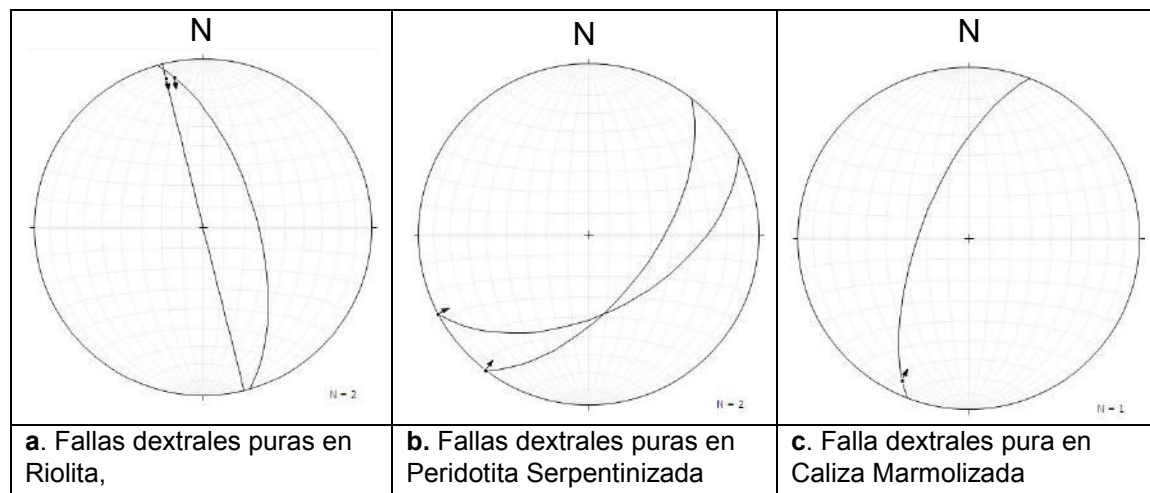
DIP	DIR	Pitch	Tectoglifos
90°	N076°	10°N	Estrías y escalones
64°	N074°	10°N	Estrías y escalones
52°	N152°	0°	Estrías y escalones
59°	N127°	0°	Estrías y escalones
67°	N291°	10°O	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

²⁵ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

En la representación de estereogramas se observan tres tipos de familia bien definidas, una de ellas tiene la dirección de capa aproximadamente en dirección N350°, y las otras mínimas que se encuentran en N070° y N030° (Figura 23).

FIGURA 23
ESTEREOGRAMAS DE FALLAS DEXTRALES PURAS, SEGÚN
EL TIPO DE ROCA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

2) Fallas dextrales normales

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas son características de tener un *pitch* entre 10° y 45°, también se caracterizan por tener una componente normal aparte de la predominante dextral²⁶, en la tabla 14 se presentan los datos de fallas encontradas en el área de investigación.

²⁶ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

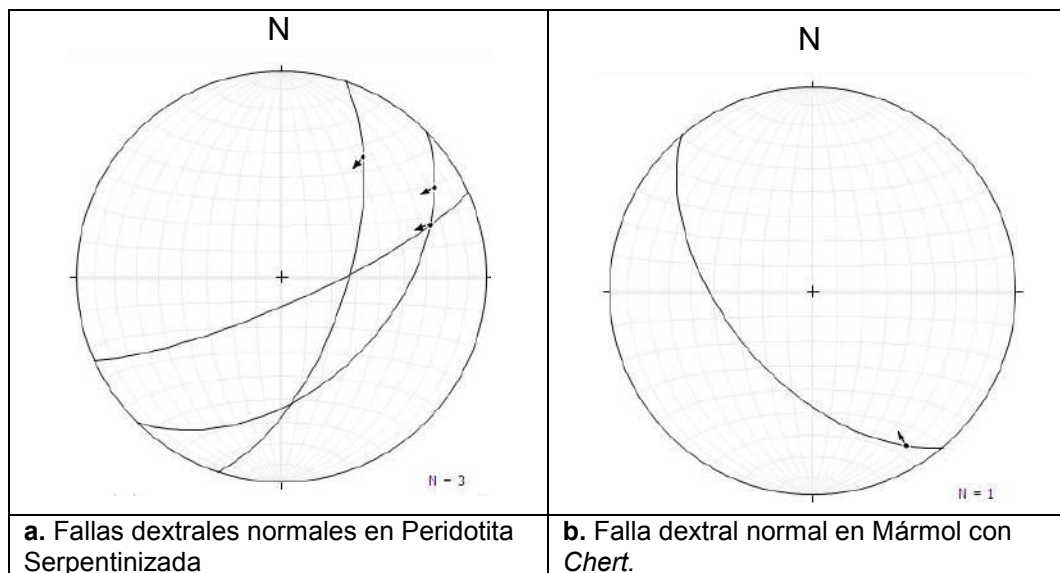
TABLA 14
FALLAS DEXTRALES NORMALES

DIP	DIR	Pitch	Tectoglifos
46°	N135°	21°S	Estrías y escalones
79°	N156°	25°S	Estrías y escalones
55°	N230°	15°N	Estrías y escalones
64°	N108°	34°S	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas (Figura No.24) se pueden observar tres tipos de familias definidas, con orientación de capa en los cuadrantes NE y NO, con dirección aproximada de N045° para la mayoría y N320° para otra mínima.

FIGURA 24
ESTEREOGRAMA DE FALLAS DEXTRALES NORMALES SEGÚN EL TIPO DE ROCA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

3) Fallas dextrales inversas

Según Rickard 1972, tomado de Ragan 1980, estas fallas son características por tener un pitch entre 10° y 45° , también se caracterizan por tener una componente inversa aparte de la dextral²⁷, en la tabla 15 se presentan los datos de fallas encontradas en el área de investigación.

TABLA 15
FALLAS DEXTRALES INVERSAS

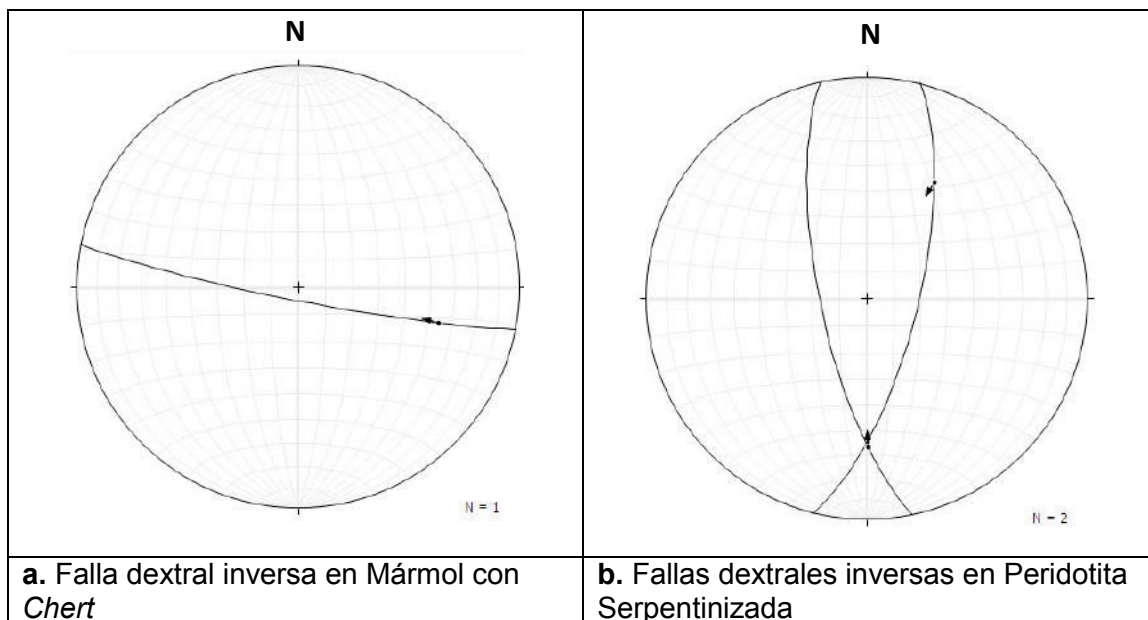
Dip	Dir	Pitch	Tectoglifo
85°	N191°	35°E	Estrías y escalones
71°	N104°	42°N	Estrías y escalones
73°	N258°	35°S	Estrías y escalones

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la representación de estereogramas se pueden observar dos tipos de familias bien definidas, la familia que predomina tiene una orientación de capa aproximada en dirección $N360^\circ$ y la otra mínima de $N290^\circ$ (Figura No.25).

²⁷ Donald M. Ragan, Structural Geology an introduction to geometrical techniques, P133.

FIGURA 25
ESTEREOGRAMAS PLANOS DE FALLAS DEXTRALES
INVERSAS SEGÚN EL TIPO DE ROCA



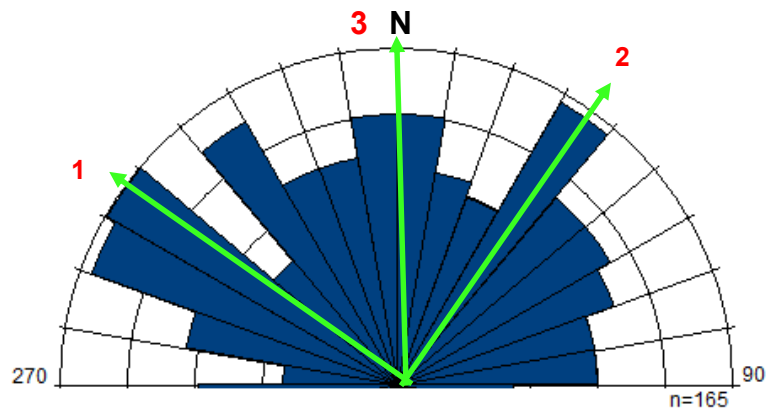
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.2.5 Diaclasas

Son estructuras resultantes del dominio frágil, donde la unidad sufre una fractura al ser sometida a esfuerzos de tectonismo, estas no presentan desplazamiento longitudinal más sin embargo pueden presentar una separación transversal. Estas estructuras son las que más predominan en el área de investigación y fueron observadas en todas las unidades litológicas que presenta la zona.

En el diagrama de rosetas (Figura 26) se observa la preferencia de los planos de diaclasas, en los cuales se encuentran tres familias con orientaciones diferentes en N305°, N035° y N360°.

FIGURA 26
ROSETAS INDICANDO LA PREFERENCIA DE RUMBO EN DIACLASAS

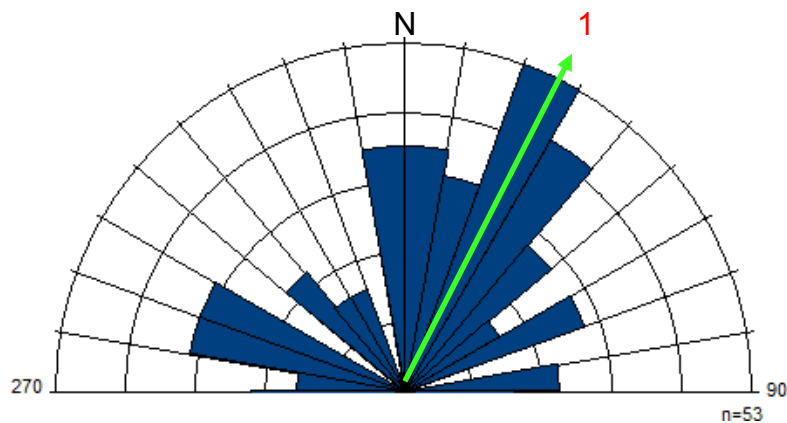


Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.2.6 Grietas de tensión

Estas grietas se generan a lo largo del esfuerzo compresivo, comúnmente son rellenadas de cuarzo o de calcita. En el diagrama de rosetas (Figura 27) se observa la orientación de dirección de capa de las grietas de tensión preferente a N025.

FIGURA 27
ROSETA INDICANDO POLOS DE LAS GRIETAS DE TENSION



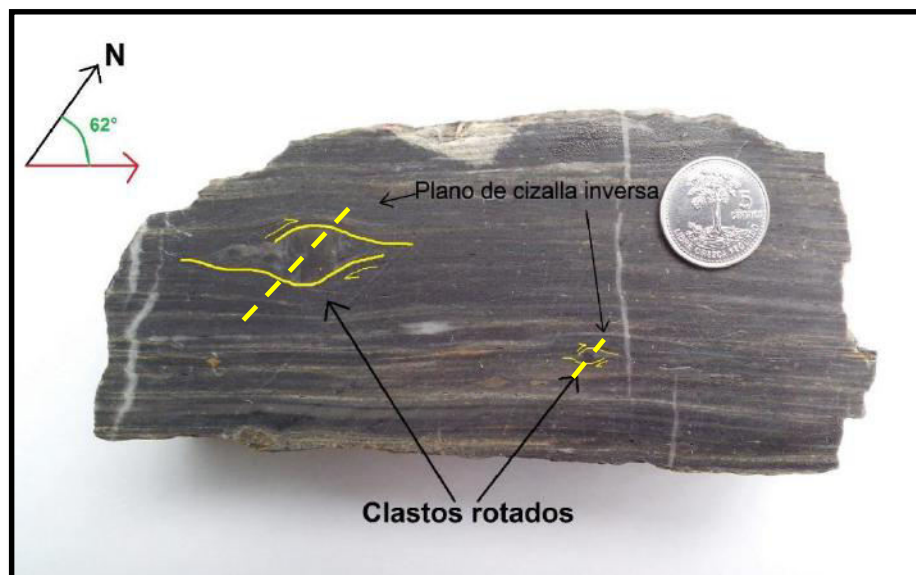
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.2.7 Otros

En la unidad de Caliza Marmolizada, se extrajeron dos muestras de roca, estas presentaban estructuras que son indicadores de los esfuerzos principales que están afectando la zona de investigación.

En la primera muestra de roca que se encuentra localizada en las coordenadas UTM: 0789700E, 1643412N; cuando se le hizo el corte se pudo observar que la unidad de Caliza Marmolizada era milonítica, en donde se pueden ver pequeños clastos rotados (Fotografía 17), indicando la dirección de los esfuerzos principales.

FOTOGRAFÍA 17 CALIZA MARMOLIZADA MILONÍTICA

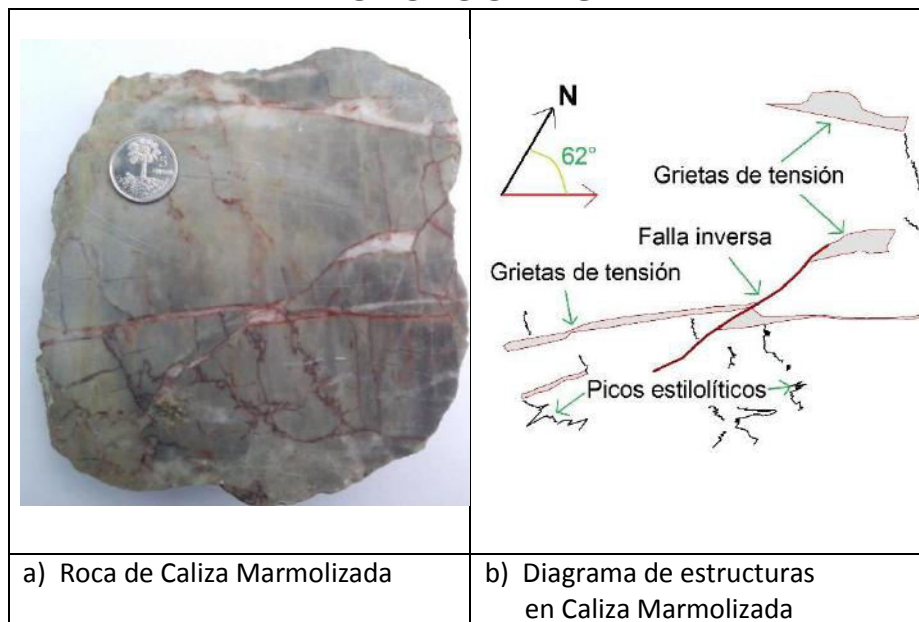


Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En la segunda muestra de roca localizada en las coordenadas UTM: 0787111E, 1642028N; se pudo observar

diferentes estructuras geológicas (Figura 28), las cuales son indicadores de las orientaciones de los esfuerzos principales como lo son: picos estilolíticos, grietas de tensión y las fallas inversas.

FIGURA 28
CALIZA MARMOLIZADA CON ESTRUCTURAS
GEOLÓGICAS



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.3 Geomorfología local

La geomorfología es presentada a partir de observaciones de campo, las cuales influyeron en la definición de las diferentes unidades geomorfológicas, teniendo en cuenta los siguientes factores y procesos endógenos y exógenos como: la meteorización, la erosión, la tectónica y la topografía.

4.3.1 Unidad de origen denudacional

Esta unidad es originada por procesos que modifican la forma de la superficie, en un lapso corto de tiempo, en ellos se encuentra la erosión, meteorización y transporte o movimiento, donde es generada tanto en la roca como en el suelo.

El área se puede ver que está siendo afectada por estos procesos, a causa de los riachuelos que se generan en épocas de lluvia, esta unidad se encuentra primordialmente en el N y parte central de la zona.

a. Subunidad de surcos

Generada a partir de los procesos de erosión que son producidos a partir de la topografía y acciones de la escorrentía de las aguas pluviales.

Se encuentra en la parte N en cercanías de la aldea San Rafael y La Laguna, en la fotografía 19 se puede observar como la acción del agua es representativa en estas zonas ya que la generación de cárcavas origina surcos y en la tabla 16 se presentan los surcos identificados en esta zona.

TABLA 16
UBICACIÓN DE SURCOS

No	Coordenadas		Ubicación
	Este	Norte	
1	0787128	1643849	San Rafael
2	0789850	1643383	La Laguna
3	0789028	1643565	La Laguna

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

b. Subunidad de cárcavas

Es originada a partir de los procesos de erosión, en la zona se pudo identificar que el principal influyente de esta subunidad era la escorrentía pluvial y esta se estaba generando mayormente en las partes cóncavas de los surcos, como se puede apreciar en la fotografía 18, y también a los inicios de quebradas.

FOTOGRAFÍA 18
SURCOS EN LÍNEA DISCONTINUA EN AZUL Y
EN LA FLECHA ROJA CÁRCAVA, EN LAS
COORDENADAS UTM: 0787128E, 1643849N



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

Se encuentran ubicadas espacialmente en las partes E, SE y central del área, en la siguiente tabla 17 se presentan las ubicaciones con las respectivas coordenadas de las cárcavas observadas en campo.

TABLA 17
UBICACIÓN DE CÁRCAVAS

No.	COORDENADAS		UBICACIÓN
	ESTE	NORTE	
1	0787128	1643849	San Rafael
2	0788514	1644652	La Laguna
3	0789028	1643565	La Laguna

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

c. Subunidad de laderas

Son un componente importante de la topografía, y están generadas a partir de procesos endógenos y exógenos, los cuales se encuentran asociados. Las laderas se clasificaron en base a su ángulo de inclinación, las cuales se dividen en laderas: suavemente inclinadas, fuertemente inclinadas y escarpadas.

1) Laderas suavemente inclinadas

Esta subunidad geomorfológica se encuentra dispersa por toda el área de investigación y es la segunda con mayor frecuencia. Estas laderas se identificaron por tener un ángulo de inclinación que varía entre los 5° a 30°.

Son productos de procesos erosivos de escorrentía pluvial, en la cual algunas zonas han generado surcos y cárcavas. Estas laderas se observan en todas las unidades litológicas menos en la Unidad de Riolita.

2) Laderas fuertemente inclinadas

Esta subunidad geomorfológica se ubica dispersa en toda el área de investigación, pero con mayor presencia en la parte norte del área, esta subunidad es la que más predomina en el área de trabajo. Se tomó a partir de su característica de ángulo el cual variaba entre 30° a 50° .

Estas laderas pueden ser representativas en el relieve actual del área de investigación, ya que se encuentra en todas las unidades así como también es predominante en el área de estudio

3) Laderas escarpadas

Esta subunidad es la que se encuentra con menos frecuencia en el área de investigación, sin embargo es muy representativa ya que por sus laderas fuertemente inclinadas, tiene un ángulo casi vertical mayor de los 60° .

Esta subunidad se presentó más frecuentemente en la Caliza Marmolizada, donde por ser roca carbonatada es muy común encontrar este tipo de geoforma.

Esta es formada por procesos tectónicos, los cuales son claros de fallas, estos escarpes están más presentes en la parte S del área. Los cuales tienen diferentes dimensiones así como diferentes

orientaciones, más sin embargo unas cuantas guardan casi la misma orientación, en la tabla 18 se pueden apreciar las ubicaciones y las orientaciones que estas presentan.

TABLA 18
ESCARPES EN LA UNIDAD DE CALIZA
MARMOLIZADA, CON SU RESPECTIVA
COORDENADA

Coordenadas		Rumbo	Longitud	Alto
Este	Norte			
0789600	1643330	N075°	384m	50m?
0789687	1643275	N045°	40m	50m?
0789939	1643318	N085°	15m	35m
0788128	1642636	N055°	--	--
0789311	1642167	N060°	--	--
0789606	1642258	N060°	--	--
0789934	1642341	N060°	--	--

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la fotografía 19 se puede observar un escarpe localizado en la unidad de Caliza Marmolizada, cabe decir que el acceso a estas subunidades de escarpes fue imposible, ya que no se contaba con veredas, y el exceso de vegetación era bastante espeso.

FOTOGRAFÍA 19
LADERA ESCARPADA, EN LA UNIDAD
DE CALIZA MARMOLIZADA,
LOCALIZADA EN LAS COORDENADAS
UTM: 0789939E, 1643318N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

d. Subunidad de crestas

Esta geoforma característica de un parte agua, en áreas de gran altura, pueden ser observadas en el área ubicada en la parte central, la cual es algo escasa, donde se puede ver que se prolonga de NO a SE con una tendencia de $N120^\circ$, teniendo una longitud aproximada de 2km, se encuentra en la unidad de Avalancha Calcárea.

Esta unidad es de edad Cuaternaria, por lo que se considera que la formación de cresta, puede ser contemporánea con ella.

e. Subunidad de lomas

Esta subunidad puede verse muy frecuentemente en el área, la cual varía de tamaño, pero los más significativos se pueden observar que tienen 30m de radio aproximadamente y se ubican en diferentes unidades litológicas: Caliza Marmolizada, Riolita, Aluvión y Avalancha Calcárea, en la fotografía 20, se observa una loma un la unidad de Avalancha Calcárea.

FOTOGRAFÍA 20
MUESTRA DE LOMA LOCALIZADA EN LA
COORDENADA
UTM: 0787574E, 1644928N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

f. Movimientos de laderas

Es un tipo de movimiento de masa de suelo o roca, provocado por la inestabilidad de un talud, como

consecuencia de la fuerza de gravedad, asociado a las pendientes y a la presencia de agua.

1) Deslizamientos traslacionales

Este tipo de movimiento ocurre cuando un cuerpo de roca o una masa se desplazan sobre una superficie con tendencia de movimiento plana, están condicionadas la mayoría de veces por debilidades estructurales, debido al alto índice de alteración de la roca y a la alta filtración de agua en temporadas de lluvia. Estos deslizamientos contienen pequeños fragmentos de roca y en mayor cantidad suelo.

Se observaron tres deslizamientos traslacionales con mayor predominancia en el área, se podía ver que variaban en diferentes tamaños así como en su dirección, fotografía 21, se observa un deslizamiento traslacional ubicado en la parte SO del área.

FOTOGRAFÍA 21
MUESTRA UN MOVIMIENTO TRASLACIONAL
LOCALIZADO EN LAS COORDENADAS UTM:
0787475E, 1642145N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En la tabla 19 se pueden observar las características de los deslizamientos, ubicación en coordenadas, dirección y el tamaño que abarca el deslizamiento.

Estos deslizamientos no son tan representativos en el relieve actual del área, más sin embargo tienen una gran importancia al tratar de contrarrestarlos, ya que los tres deslizamientos encontrados en el área, se encuentran en carreteras.

TABLA 19
CARACTERÍSTICAS PRESENTES EN LOS DESLIZAMIENTOS
TRASLACIONALES

Coordenadas		Dirección de deslizamiento	Alto	Largo	Ancho
Este	Norte				
0787072	1643616	N292°	3m	10m	3m
0787475	1642145	N355°	5.7m	14m	4m
0790000	1643613	N082°	5m	3m	2m

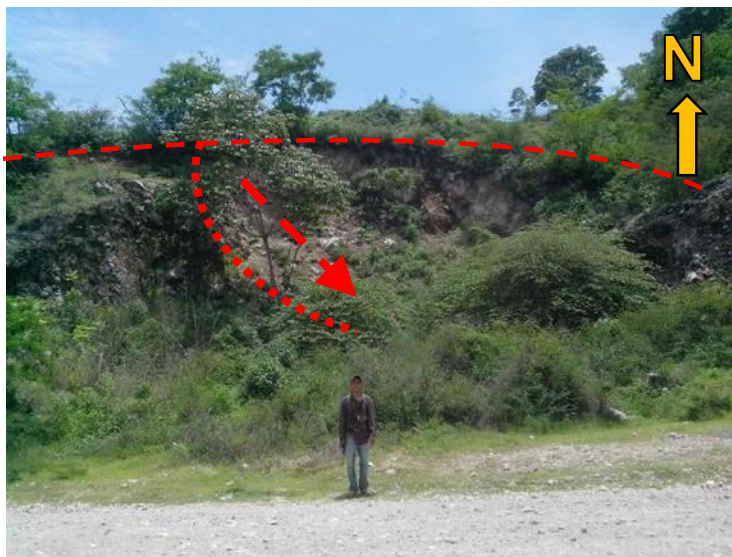
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

2) Deslizamientos rotacionales

Ocurren en la superficie donde hay una zona de ruptura, que se da en una forma curva o cóncava, los dos deslizamientos encontrados en el área ocurren en diferente orientación y están asociados a las laderas fuertemente inclinadas, las cuales se pueden observar con frecuencia en la parte suroeste del área de investigación.

Los dos movimientos masales encontrados varían significativamente de tamaño, así como de orientación y el material que transporta por ejemplo el deslizamiento que se muestra en la fotografía 22, se observa que contiene pequeños fragmentos de roca, así como cuerpos rocosos que alcanzan fácilmente los 8m.

FOTOGRAFÍA 22
MUESTRA DE MOVIMIENTO
ROTACIONAL LOCALIZADO EN LAS
COORDENADAS UTM: 0787588E,
1642383N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

En la tabla 20, se presentan las diferentes características que presentaban los deslizamientos rotacionales, como sus coordenadas de ubicación, dirección de deslizamiento y sus dimensiones.

TABLA 20
CARACTERÍSTICAS DE DESLIZAMIENTOS ROTACIONALES

Coordenadas		Dirección de deslizamiento	Alto	Largo	Ancho
Este	Norte				
0787588	1642383	N174°	11m	35m	13m
0787035	1642026	N159°	5m	6m	3m

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.3.2 Unidad de origen agradacional

Esta unidad es el resultado de la depositación de fragmentos de roca que han sido arrastrados principalmente por factores fluviales y pluviales, que luego son sedimentados.

a. Subunidad de depósitos aluviales

Esta subunidad se ubica en la parte sureste del área de investigación, se puede observar que tiene una superficie casi homogénea. Se encuentran fragmentos de roca, que han sido depositados por un antiguo paso de corriente fluvial, la cual erosionó la roca en las partes altas y luego la depositaron en las partes bajas, donde se sedimentaron, como podemos observar en la fotografía 23 ubicado en la aldea La Laguna.

La zona también se encuentra afectada por la influencia del hombre que está siendo utilizada como área de cultivos, debido a su relieve plano.

FOTOGRAFÍA 23
DEPOSITO ALUVIAL, LOCALIZADO EN LAS
COORDENADAS UTM: 0789559E, 1642606N



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

b. Subunidad de Avalancha Calcárea (Av)

Esta subunidad se ubica en la parte central oeste de la zona de investigación, con una superficie que abarca 2.5km² de área.

Se encuentra sobre las unidades litológicas de Caliza Marmolizada, Peridotita Serpentinizada, Mármol con *Chert*, Metasedimentos y Riolita, esta última se considera que es la generadora de la Avalancha Calcárea, ya que guardan la misma dirección de desplazamiento, observando un contacto discordante con falla inversa entre ambas.

La subunidad de Avalancha Calcárea tiene un espesor máximo de 6m en las cercanías de la aldea San Rafael, y el espesor promedio se observó entre 20cm y 30cm, y depositada de forma paralela a la topografía de la superficie.

4.3.3 Unidades de origen antrópico

Esta unidad se observa que está siendo generada por la intervención del ser humano, donde podemos encontrar que la superficie está siendo modificada, tanto por creación y mantenimiento de carreteras (Fotografía 24), campos de futbol y área para siembra de cultivos, se puede observar que el área está siendo utilizada en su mayoría para cultivos.

FOTOGRAFÍA 24 CARRETERA DE ORIGEN ANTRÓPICO



Tomada por: Jimmy de León Casprowitz. Año 2014.

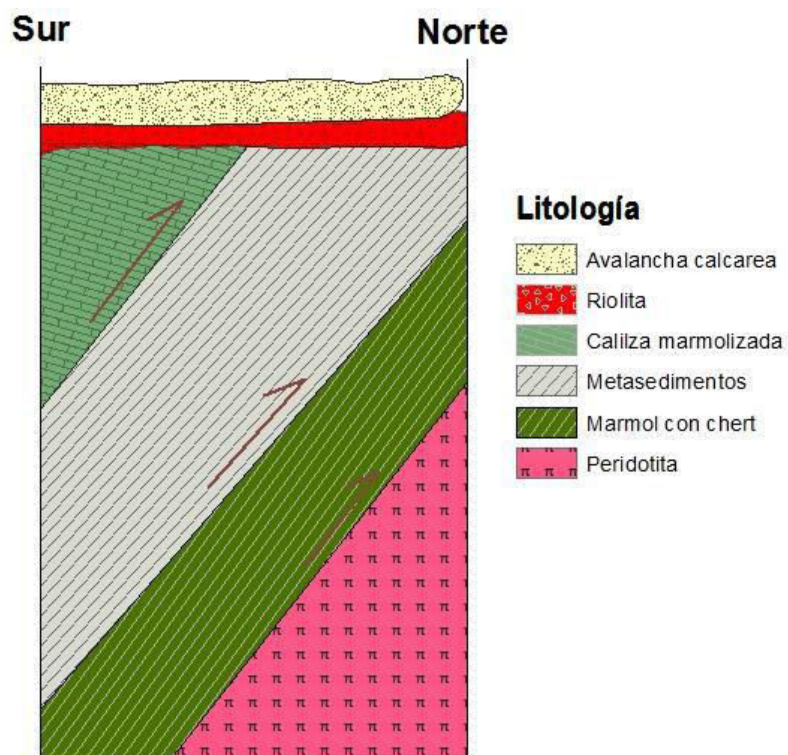
CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Litológico

En este apartado se toma en consideración el análisis que se llevó a cabo sobre las unidades del área, para lo cual se hizo la representación gráfica demostrada en la columna litoestratigráfica (Figura 29), la cual demuestra brevemente la historia litológica del área.

FIGURA 29
COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA LOCAL



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

La zona de investigación se ubica al lado sur del río Motagua, por lo que evidencia que está en el Bloque Chortí, ya que surgen más evidencias litológicas de las cuales afirman lo antes escrito.

Debido al cabalgamiento a partir de la zona de sutura de los Bloques Maya y Chortí, se pueden observar estructuras características en las unidades, así como rocas indicativas de su diagénesis y su transformación al pasar el tiempo.

La unidad más antigua que se tiene en el área es la Peridotita Serpentinizada, ya que esta aflora a partir de la falla del Motagua, donde esta roca comprende el complejo ofiolítico, lo cual demuestra que la zona de sutura se encuentra cerca, ya que esta roca por procesos de obducción se encuentra aflorando en el área.

La unidad de Peridotita Serpentinizada se encuentra en contacto discordante con rocas metamórficas como lo es el Mármol con *Chert*, que se generó a partir de aguas profundas y someras, luego siendo metamorfizadas, donde se observa que la Caliza Marmolizada, se encuentra cabalgando a la Peridotita Serpentinizada, además en el análisis petrográfico se observó la presencia de mica en la roca de Mármol con *Chert*, lo cual evidencia que la caliza estaba en un ambiente de transición donde se depositó arcilla terrígena y esta después por el metamorfismo se convirtió a mica.

A partir de los procesos tectónicos, se puede encontrar roca ofiolítica, como lo evidencia la peridotita y los metabasaltos almohadillados en la Unidad de Metasedimentos, que muestran un contacto gradual. Sin embargo, se pueden encontrar otras unidades que evidencian que la zona fue una vez de alta presión, como Eclogita y la presencia de glaucofana en algunas rocas.

Así mismo se observa la Unidad de Riolita, la cual cubre todas las unidades descritas antes, esta se encuentra depositada en una dirección de SO al NE, donde se le puede acreditar que esta fue la que generó la Unidad de Brecha Lítica, donde la brecha se encuentra sobreyaciendo a la Riolita y la brecha se encuentra formada por varios fragmentos de diferente unidad, incluyendo la misma Riolita.

En correlación con lo anterior existe una capa de unidad sedimentaria, la cual se describe en el área como forma de avalancha, donde se encuentran fragmentos de roca caliza con alto contenido de caliche, cubriendo una gran extensión del área.

Por último, se depositan los aluviones en una superficie homogénea, en la cual se observan fragmentos no muy grandes de calizas con alto contenido de caliche, donde el ambiente de esta zona posiblemente haya sido de una laguna, ya que se evidencia por su litología, geomorfología y drenaje característico de paleolaguna.

5.2 Estructural

Una vez obtenidos los datos de campo de las estructuras y georeferenciadas, se procedió hacer el análisis de las mismas, para ello fue necesario interpretar la dinámica y cinemática de cada una de las unidades, con el fin de obtener la orientación de los esfuerzos principales que las afectan.

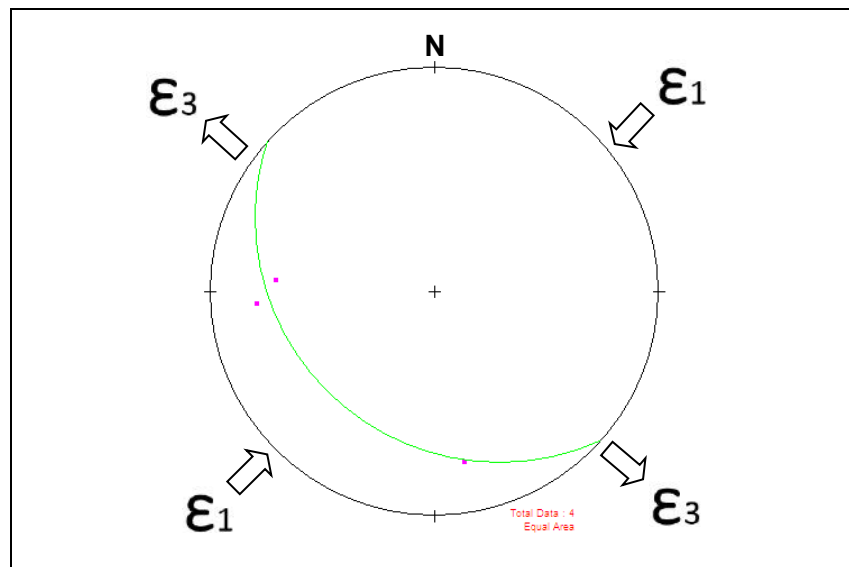
Las estructuras geológicas fueron analizadas según su dominio de formación dúctil o frágil y así mismo por unidad litológica, para poderlas comparar y establecer si existe una relación con respecto a su evento deformacional.

5.2.1 Análisis de dominio dúctil

a. Lineación de crenulación

En la representación estereográfica de la lineación de crenulación S_2 se realizaron asociaciones y luego el análisis sobre las mismas, se observa que las estructuras están siendo afectadas por un evento de deformación (Figura 30). Así mismo se estableció la dinámica que presenta la lineación de crenulación S_2 , como se muestra en la tabla 21.

FIGURA 30
ESTEREOGRAMA REPRESENTANDO LA
LINEACIÓN DE CREANULACIÓN S_2 , Y SU
DINÁMICA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

TABLA 21
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES DE
LA LINEACIÓN DE CRENLACIÓN S₂.

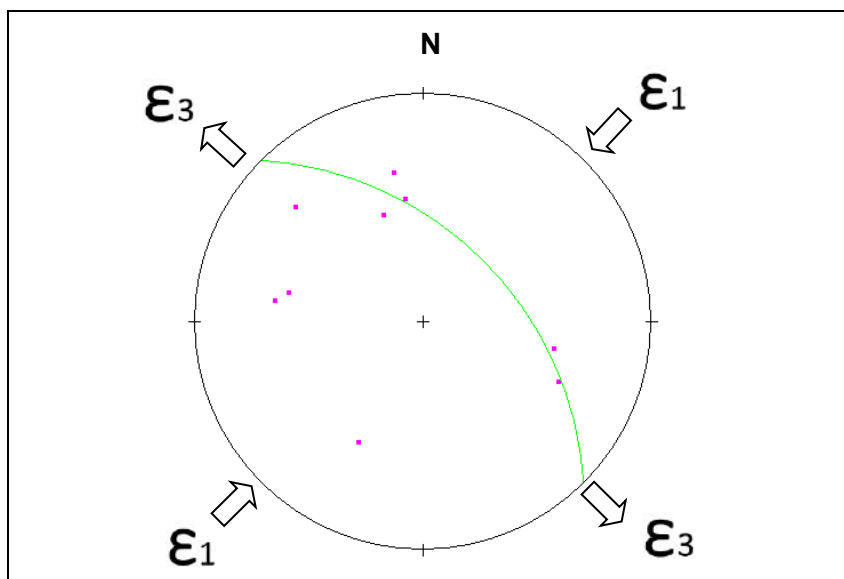
Esfuerzo	Dinámica
Sigma 1	N222°
Sigma 3	N132°

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

b. Ejes de *boudines*

En el análisis de los ejes de *boudines*, se hizo en base a los datos de campo, los cuales coinciden espacialmente con la dinámica regional, como se muestra en la figura 31. Así mismo se presenta en la tabla 22, las orientaciones de la dinámica de los esfuerzos.

FIGURA 31
MODELO ESTRUCTURAL PARA LA
PROYECCIÓN DE *BOUDINES* EN LAS
UNIDADES DE METASEDIMENTOS Y
MÁRMOL CON *CHERT*



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

TABLA 22
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES DE
LA LINEACIÓN DE *BOUDINES*

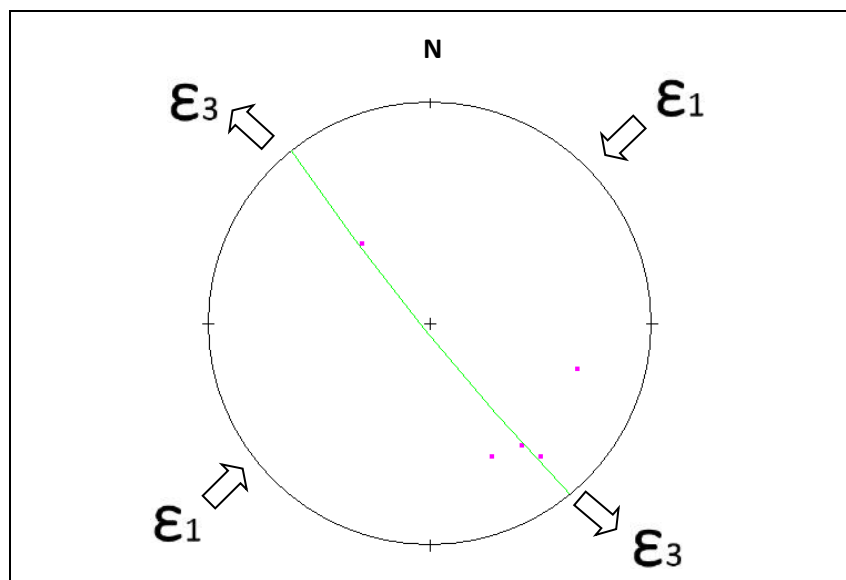
Esfuerzo	Dinámica
Sigma 1	N015°
Sigma 3	N105°

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

c. Lineación Mineral

En el análisis de estereogramas, se ubicaron puntos con mayor densidad de concentración, y se estableció una media con un plano, el cual indica que la unidad de Metasedimentos está siendo afectada por un evento tectónico, que da como resultado un modelo regional tipo sinistral como se muestra en la figura 32, así mismo en la tabla 23 se presenta la dinámica que estas lineaciones están presentando.

FIGURA 32
MODELO ESTRUCTURAL PARA LA
LINEACIÓN MINERAL CON SU DINÁMICA



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

TABLA 23
DINÁMICA DE ESFUERZOS PRINCIPALES
PARA LA LINEACIÓN MINERAL EN
METASEDIMENTOS Y PERIDOTITAS
SERPENTINIZADAS

Esfuerzo	Dinámica
Sigma 1	N231°
Sigma 3	N141°

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

5.2.2 Análisis de dominio frágil

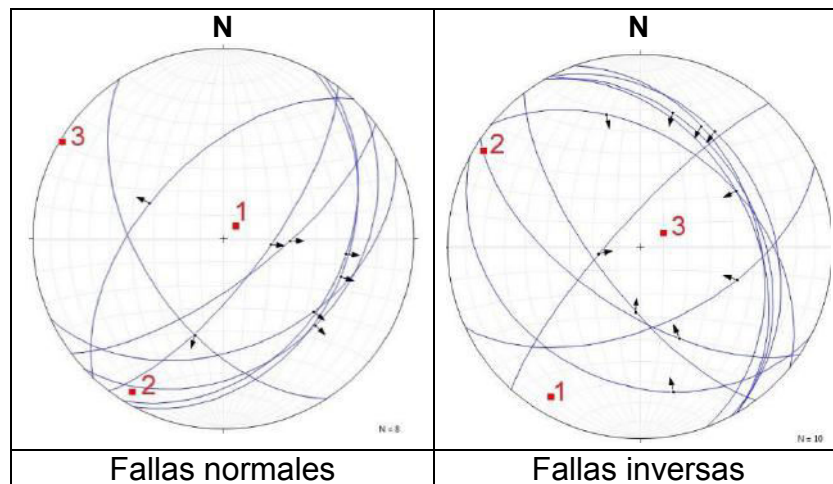
Con los datos obtenidos en campo y una vez clasificadas las estructuras respecto a su dominio frágil, se hace el análisis dinámico de las fallas, el cual se establece por cada unidad

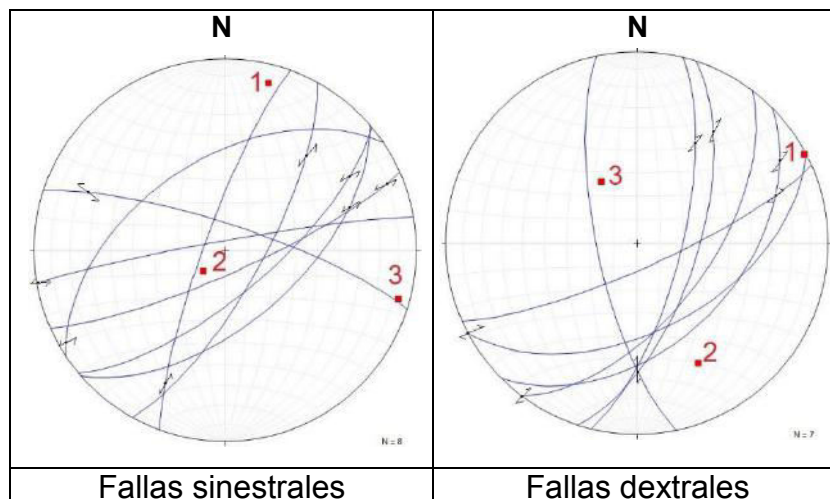
litológica, obteniendo como resultado las orientaciones de los esfuerzos principales.

a. **Fallas en Unidad de Peridotita Serpentinizada**

Esta unidad presenta gran cantidad de fallas, en donde se tuvo la oportunidad de analizar treinta y tres fallas, en las cuales se encontraron cuatro familias, según su cinemática y orientación preferencial de buzamiento, en la figura 33 se presenta un análisis dinámico por cada familia de falla.

FIGURA 33
FALLAS PRESENTES EN LA UNIDAD DE
PERIDOTITA SERPETINIZADA (Sp)





Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Una vez obtenido los datos de los esfuerzos principales, se presentan en la tabla 24, donde se observa la orientación preferencial de los esfuerzos 1 y 3, los cuales dan como resultado que la unidad está sometida a un evento tipo sinistral, son su esfuerzo compresional orientado en NE.

TABLA 24
ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS PARA LA
UNIDAD DE PERIDOTITA SERPENTINIZADA

Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normales	82°/N045°	02°/N301°
Inversas	79°/N060°	10°/N211°
Sinestrales	11°/N015°	07°/N105°

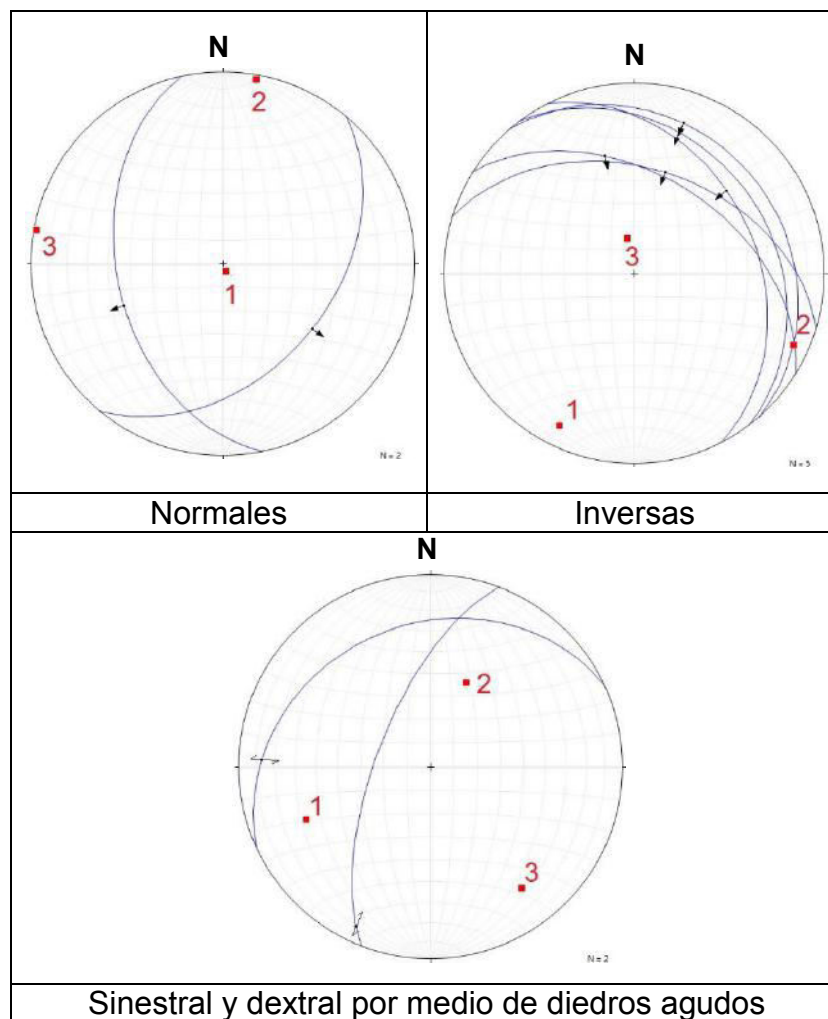
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

b. Fallas en Unidad de Caliza Marmolizada

Estas fallas se pudieron observar en la parte central y sur del área, en donde se encontraban

mayormente en planos de foliación, con una cinemática de falla normal, también se observaron dos familias más, las cuales tenían cinemática inversa y de rumbo. En la figura 34 se presenta un análisis dinámico por cada familia de falla.

FIGURA 34
FALLAS PRESENTES EN LA UNIDAD DE
CALIZA MARMOLIZADA (Cm)



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Una vez obtenido los datos de los esfuerzos principales, se presentan en la tabla 25, donde se observa la orientación preferencial de los sigmas 1 al SO y 3 al NO, los cuales dan como resultado que la Unidad de Caliza Marmolizada está sometida a un evento tipo sinistral.

TABLA 25
ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS PARA LA
UNIDAD DE CALIZA MARMOLIZADA

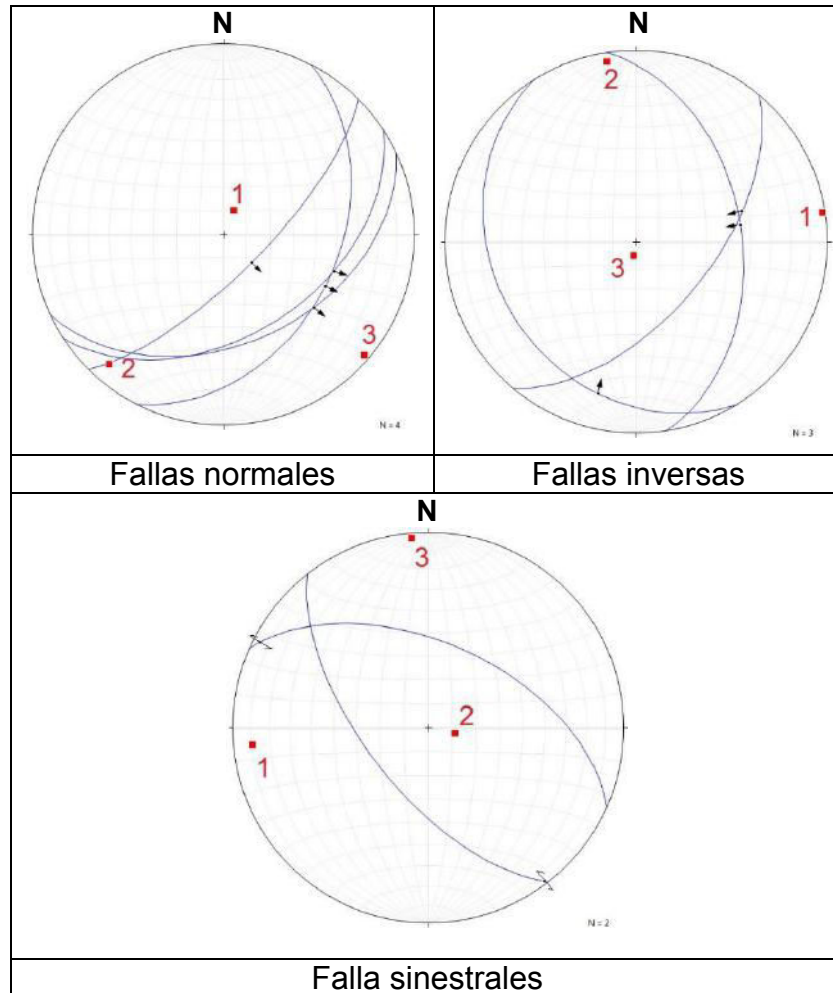
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normales	87°/N158°	02°/N280°
Inversas	12°/N206°	75°/N349°
Dextral y sinistral	31°/N247°	22°/N323°

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

c. Fallas en Unidad de Metasedimentos

Estas fallas fueron observadas en la parte este central del área de investigación, en la figura 35 se observa el análisis dinámico que se realizó, en base a su clasificación de familia por medio de su cinemática y su orientación de rumbo de los planos.

FIGURA 35
FALLAS PRESENTES EN LA UNIDAD DE
METASEDIMENTOS (Met)



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Una vez obtenidos los datos de los esfuerzos principales, se presentan en la tabla 26, donde se observa la orientación preferencial de los sigmas 1 en NE y sigma 3 en SO, los cuales dan como resultado que la Unidad de Metasedimentos, está sometida a un evento tipo sinestral.

TABLA 26
ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS PARA LA
UNIDAD DE METASEDIMENTOS

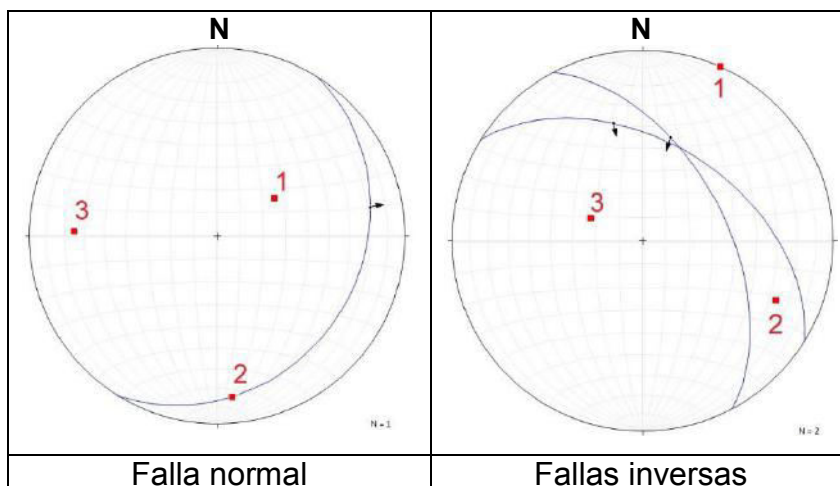
Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normales	79°/N023°	11°/N124°
Inversas	02°/N081°	84°/N180°
Sinestrales	11°/N264°	03°/N355°

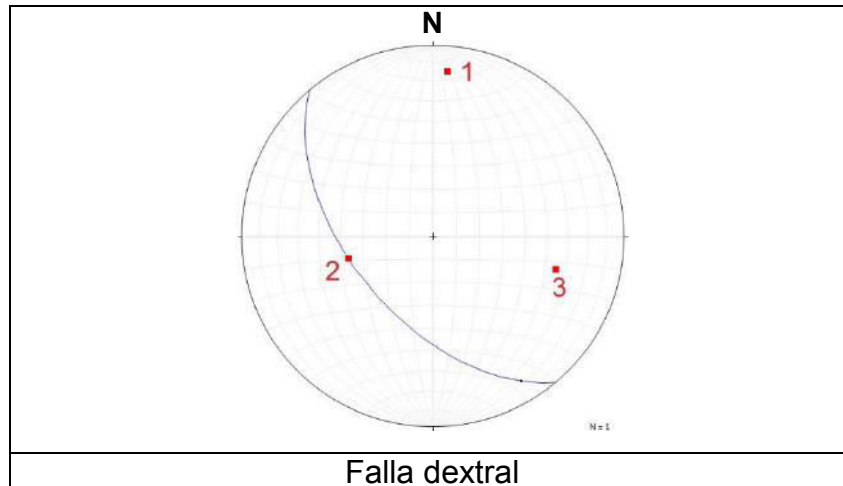
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

d. Fallas en Unidad de Mármol con *Chert*

Se observaron fallas en la parte norte del área, en donde esta unidad se encuentra cabalgando a la Unidad de Peridotita Serpentinizada, el contacto se encuentra dado por una falla inversa con orientación 58°/N130°, así mismo se identificaron más fallas donde se clasificaron en tres familias por su cinemática y orientación de rumbo, en la figura 36 se muestran los diferentes análisis de dinámica que se obtuvo en cada familia.

FIGURA 36
FALLAS PRESENTES EN LA UNIDAD DE
MÁRMOL CON *CHERT* (MCh)





Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Una vez obtenidos los datos de los esfuerzos principales, se presentan en la tabla 27, donde se observa la orientación preferencial de los sigmas 1 en NE y sigma 3 en NO, los cuales dan como resultado que la Unidad de Mármol con *Chert*, está sometida a un evento tipo sinistral.

TABLA 27
ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS PARA LA
UNIDAD DE MÁRMOL CON *CHERT*

Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Normales dextrales	60°/N046°	25°/N272°
Inversas dextrales	05°/N028°	63°/N288°
Dextrales normales	15°/N005°	34°/N105°

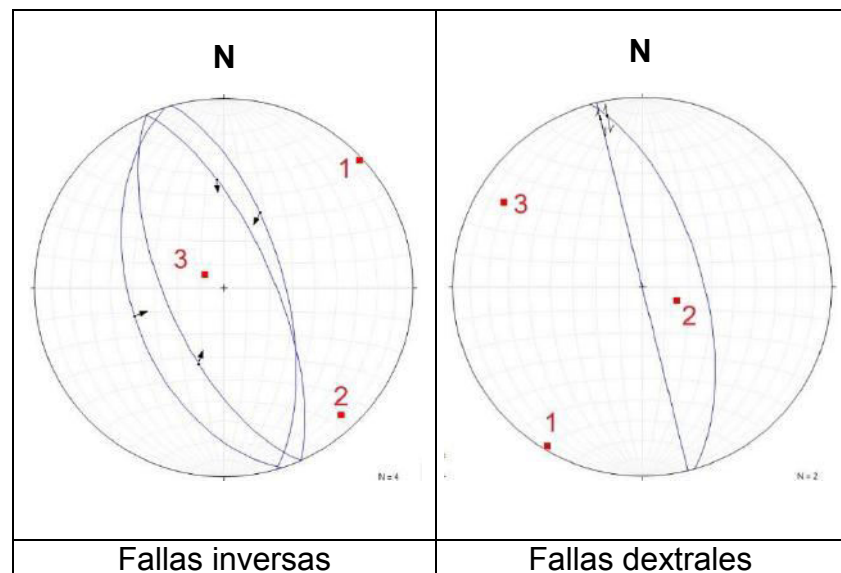
Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

e. Fallas en la Unidad de Riolita

Se observaron fallas en la Unidad de Riolita que se encontraba con más influencia en la parte central del área, las fallas se clasificaron en dos familias respecto a su cinemática y orientación de rumbos, siendo inversas y dextrales.

Se estableció una falla de cabalgamiento en $49^{\circ}/N252^{\circ}$ ubicada sobre la Unidad de Metasedimentos y afectando también la Unidad de Avalancha Calcárea indicando que el área sufre neotectonismo, así mismo se reconoció una falla de cizalla en dirección $40^{\circ}/N091^{\circ}$. En la siguiente figura 37 se observa el análisis dinámico que se efectuó a la unidad respecto a su clasificación de familias.

**FIGURA 37
FALLAS PRESENTES EN LA UNIDAD DE
RIOLITA (R)**



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Obtenidos los datos de los esfuerzos principales, se presentan en la siguiente tabla 28, donde se observa la orientación preferencial de los sigmas 1 en NE-SO y sigma 3 en NO, los cuales dan como resultado que la Unidad de Riolita está sometida a un evento tipo sinistral.

TABLA 28
ORIENTACIÓN DE LOS ESFUERZOS PARA LA
UNIDAD DE RIOLITA

Tipo de falla	Sigma 1	Sigma 3
Inversas	02°/N047°	80°/N306°
Dextrales puras	03°/N211°	16°/N301°

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

En la tabla 29, se presentan las diferentes orientaciones que se obtuvieron de los sigmas principales en las estructuras de dominio dúctil, donde se relacionan y se hace un promedio para establecer una media del sigma principal que afecto a las unidades en este dominio.

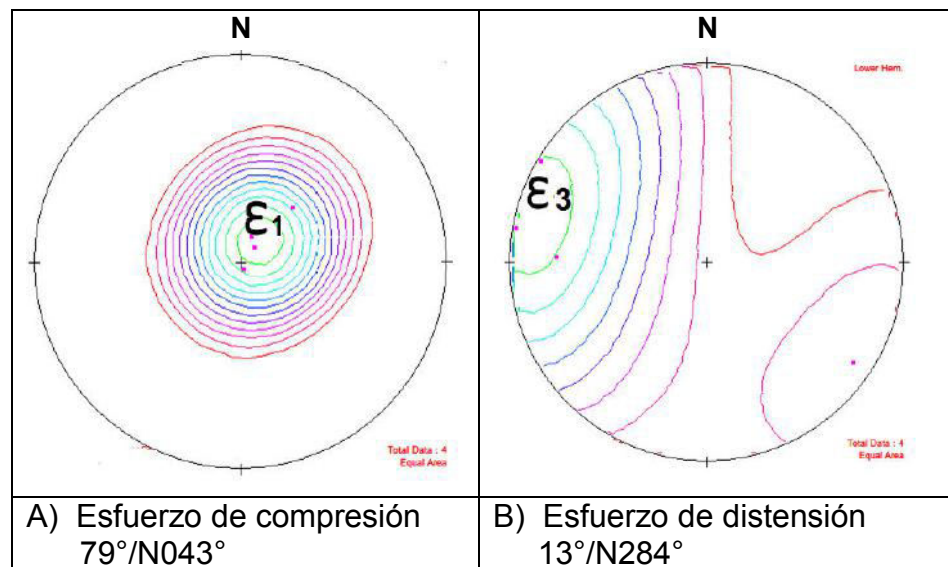
TABLA 29
PROMEDIO DE ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS
DÚCTILES

Estructura	Sigma 1	Sigma 3
Pliegues	N012°	N106°
L. crenulación	N042°	N132°
Boudines	N047°	N137°
L. mineral	N015°	N105°
	Dirección promedio	
	N029°	N120°

Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Se generaron diagramas de densidades de los esfuerzos de sigma 1 y 3 de fallas normales (Figura 38), analizando la relación geométrica de los esfuerzos principales en las unidades de Peridotita Serpentinizada, Caliza Marmolizada, Metasedimentos y Mármol con *Chert*, donde se observa que el esfuerzo de sigma 1 presenta una dinámica de 79°/N043° y el sigma tres de 13°/N284.

FIGURA 38
DIAGRAMAS DE DENSIDADES PARA ESFUERZOS EN FALLAS NORMALES: A) ESFUERZO DE COMPRESIÓN Y B) ESFUERZO DE DISTENSIÓN

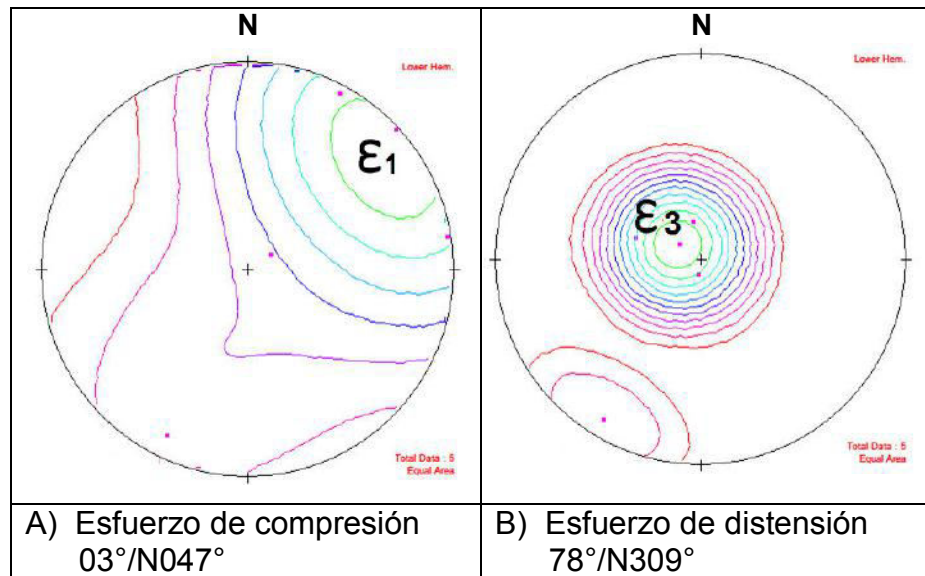


Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Se analizó la relación geométrica de los esfuerzos principales en fallas inversas, en las unidades de Peridotita Serpentinizada, Caliza Marmolizada, Metasedimentos, Mármol con *Chert* y Riolita, generando gráficas (Figura 39) de densidades, para poder definir la concentración de los esfuerzos

principales, dinámica de compresión en $03^{\circ}/N047^{\circ}$ y de distensión en $78^{\circ}/N309^{\circ}$.

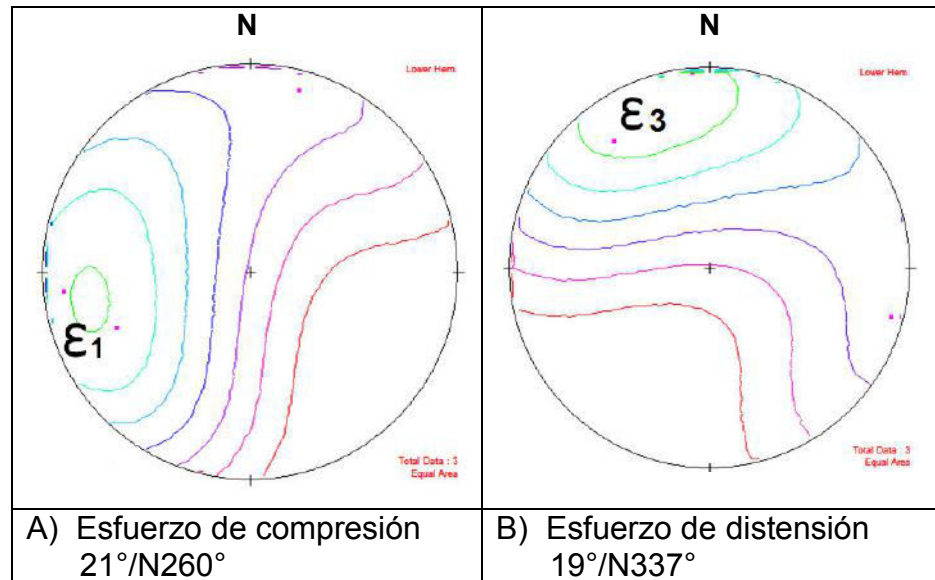
FIGURA 39
DIAGRAMAS DE DENSIDADES PARA ESFUERZOS
EN FALLAS INVERSAS: A) ESFUERZO DE
COMPRESIÓN Y B) ESFUERZO DE DISTENSIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

De igual forma se realizó una relación geométrica de esfuerzos para fallas sinestrales, generando gráficas de densidades (Figura 40), para definir la compatibilidad de los esfuerzos, de las unidades de Peridotita Serpetinizada, Caliza Marmolizada, Metasedimentos y Mármol con *Chert*, que dieron una dinámica de esfuerzos de compresión en $21^{\circ}/N260^{\circ}$ y distensión en $19^{\circ}/N337^{\circ}$

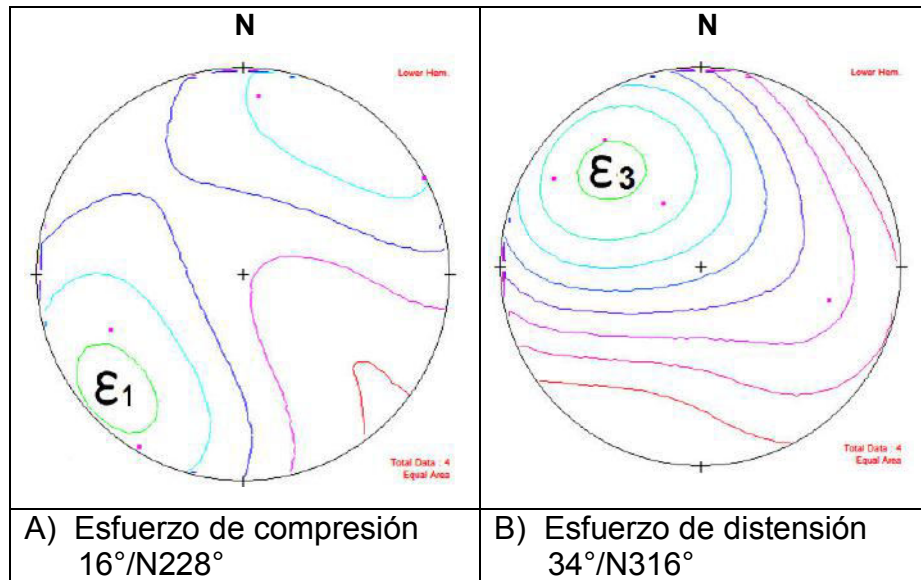
FIGURA 40
DIAGRAMAS DE DENSIDADES PARA ESFUERZOS
EN FALLAS SINISTRALES: A) ESFUERZO DE
COMPRESIÓN Y B) ESFUERZO DE DISTENSIÓN



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Se analizó la geometría de los esfuerzos de fallas dextrales con graficas de densidades (Figura 41) de los esfuerzos en las unidades de Peridotita Serpentinizada, Caliza Marmolizada, Mármol con *Chert* y Riolita, dando resultados de dinámica de compresión en 16°/N228° y distensión en 34°/N316°.

FIGURA 41
DIAGRAMAS DE DENSIDADES PARA ESFUERZOS
EN FALLAS DEXTRALES: A) ESFUERZO DE
COMPRESIÓN Y B) ESFUERZO DE DISTENSIÓN

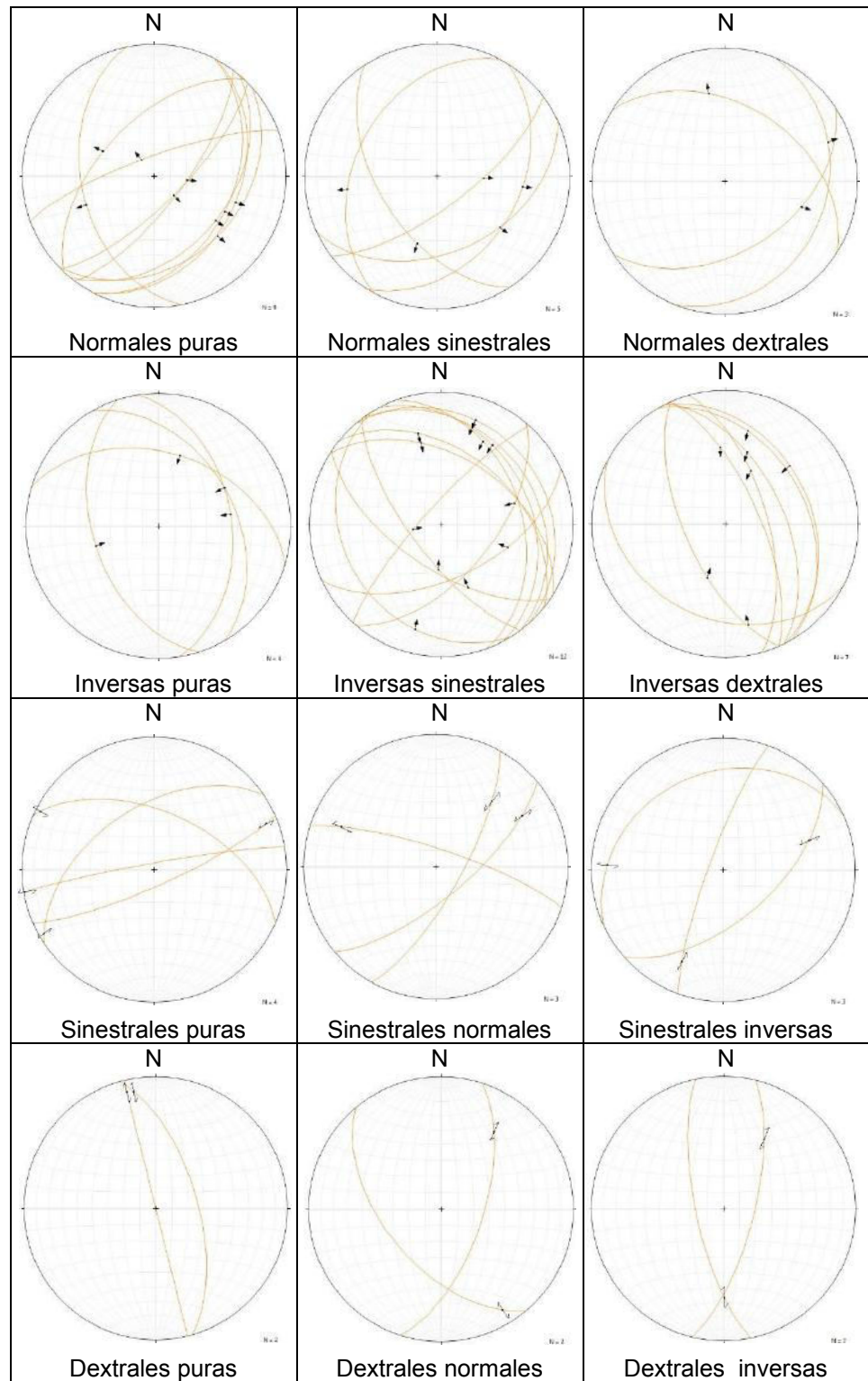


Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Las muestras de roca en la Unidad de Caliza Marmolizada, siendo la primera una muestra milonítica, presenta clastos rotados y la segunda muestra de cataclasita, presenta fallas inversas, picos estilolíticos y grietas de tensión, ambas muestras indicando el esfuerzo principal de compresión. Las muestras fueron orientadas respecto a su foliación y el análisis espacial de las dos muestras para sus esfuerzos de compresión presenta una dinámica de N062°.

Obteniendo los esfuerzos principales, y observando que predominan en los mismos cuadrantes se presenta el análisis geométrico (Figura 42), que se hace a partir de familias de fallas, según su dirección de capa y cinemática, el cual indica el arreglo ideal de las estructuras de dominio frágil en un modelo de elipse deformacional tipo sinistral.

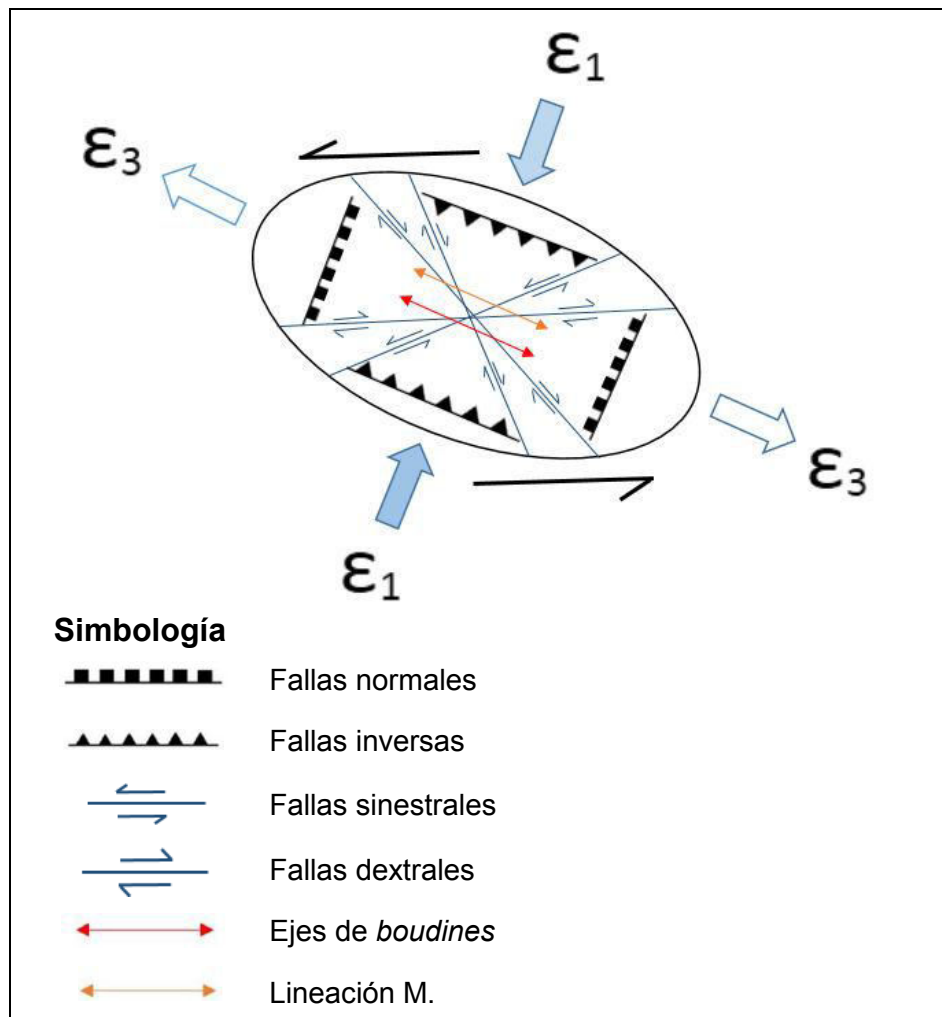
FIGURA 42
ANÁLISIS GEOMÉTRICO POR FAMILIA DE FALLAS



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

Después de hacer el análisis geométrico, se compararon y relacionaron los resultados en gráficas de densidades, se puede constatar que el esfuerzo principal de compresión, en el dominio frágil y dúctil se encuentra en el cuadrante NE y SO, esto indica que el área fue afectada por un mismo evento en los dos dominios. Para ello se presenta el modelo de deformación estructural que está afectando el área en la figura 43.

FIGURA 43
ELIPSE DE DEFORMACIÓN LOCAL TIPO
SINISTRAL PARA DOMINIO DÚCTIL Y FRÁGIL



Fuente: Elaboración propia. Año 2014.

5.2.3 Geomorfológico

La unidad denudacional, es causada por factores exógenos, siendo unos de los principales el agua fluvial y pluvial, que es uno de los causantes de la meteorización y erosión de la roca y el suelo, originando subunidades en formas peculiares como surcos y cárcavas, así como deslizamientos con desplome rotacional y translacional.

Las subunidades de lomas, crestas y laderas se ven afectadas principalmente por factores exógenos que implican a la tectónica regional, generando áreas escarpadas mayormente en la Unidad de Caliza Marmolizada y una cresta en el área central del área, con una dirección O-E.

La unidad de origen agradacional, esta originada por el transporte y depositación de sedimentos, el cual se puede observar en la subunidad de depósitos aluviales, ubicada al SE de la zona, dejando como antecedente los depósitos de una paleolaguna.

La unidad de origen antrópico, esta generada principalmente por las actividades humanas, que abarca zonas para cultivos, carreteras e infraestructura.

CONCLUSIONES

La relación geométrica de las estructuras se definió, por la compatibilidad que hay respecto a su dinámica y cinemática, se estableció que las diferentes estructuras como las fallas normales e inversas tienen una dinámica de esfuerzo de compresión en el cuadrante NE y de distensión en el cuadrante NO, y las fallas sinestrales y dextrales con una dinámica de esfuerzo de compresión en el cuadrante SO y el de distensión en el cuadrante NO, la cinemática que estas estructuras evidencian en el área, es de movimiento de rumbo tipo sinistral.

En la dinámica se establecieron las orientaciones de los esfuerzos, a partir de su dominio de origen: en el dúctil se observó que todas las estructuras tienen una relación del esfuerzo compresional en $N029^\circ$ y del esfuerzo de tensión en $N120^\circ$, mientras que en el dominio frágil, las fallas normales tienen una relación del esfuerzo compresional en $79^\circ/N043^\circ$ y esfuerzo de distensión en $13^\circ/N284^\circ$, las fallas inversas presentan su esfuerzo compresional en $03^\circ/N047^\circ$ y distensión en $78^\circ/N309^\circ$, las fallas sinestrales tienen su esfuerzo compresional en $21^\circ/N260^\circ$ y distensión en $78^\circ/N337^\circ$, por último las fallas dextrales tienen su esfuerzo de compresión en $16^\circ/N228^\circ$ y de distensión en $34^\circ/N316^\circ$.

La cinemática se estableció a partir del movimiento que generaron las dinámicas de los diferentes esfuerzos, donde se establece que los diferentes dominios dan como resultado una elipse de deformación tipo sinistral, el cual se puede relacionar con el modelo de deformación regional del Motagua.

Se observó variedad de estructuras geológicas, tanto en dominio dúctil como pliegues, lineaciones *boudines* y foliaciones, en el dominio frágil fracturas, grietas de tensión, fallas normales, inversas y de rumbo.

Se concluyó que el área se encuentra con fallas inversas de gran interés geológico, ya que estas demuestran un cabalgamiento en las unidades de Caliza Marmolizada, Metasedimentos, Mármol con *Chert* y Peridotita Serpentinizada, así también las fallas de rumbo juegan un papel importante, ya que estas reflejan zonas de cizalla, donde se establece que el comportamiento de estas estructuras, es dado por el evento de tipo sinistral que se ve reflejado en la falla del Motagua.

Se generó un mapa estructural local más detallado, con el fin de simplificar la información y de mejorar el conocimiento del evento, de deformación tipo sinistral, que está afectando a cada una de las unidades de roca que se encuentran en el área, representado en anexos III.

RECOMENDACIONES

Hacer estudios geológicos estructurales en todas las unidades litológicas antes descritas, más al norte de la zona analizada, a escala 1:10 000, ya que se encontró indicios en el dominio dúctil como foliaciones en la Unidad de Metasedimentos, los cuales demuestran un evento dextral, pero por carencia de estructuras no se pudo establecer.

Realizar estudios geoquímicos, sobre las unidades de roca que se encuentran en la zona de cizalla, con el fin de delimitarlas bien y poder entender las rocas de alta presión, hacer estudios de datación radiométrica, en las unidades más recientes y más antiguas, que estén evidenciando el evento sinistral, con el fin de conocer más sobre los procesos de la historia tectónica de la zona, y en qué lapso de tiempo el evento afectó a las unidades en el área.

Hacer un estudio que abarque la geología económica, en las unidades donde se encuentra rocas de alta presión, con el fin de identificar minerales metálicos, de interés que existan en esas unidades.

BIBLIOGRAFÍA

- Beccaluva, L. Et.Al. *El borde noreste de la placa caribeña en Guatemala*. Guatemala: Ministerio de Energía y Minas, 1994.
- Chiquín Yoj, Mauricio. Et.Al. *Geología cuadrángulo El Progreso*. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Dirección General de Investigación, 2003.
- Instituto Geográfico Nacional –IGN-, *Hoja topográfica El Chol (2160 IV)*, Guatemala IGN. Escala 1:50000 color.
- Mackenzie. WS. and C. Guilford. *Atlas of rock-forming minerals in thin section*. London, England: Masson, 1998.
- y Adams, A.E. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*, Londres, Inglaterra: Masson, 1997.
- McClay K., *El mapeo de estructuras geológicas*. Universidad de Londres Real Holloway. Londres, Inglaterra: Departamento de Geología, 1987.
- Mendoza Santa Maria, Julio Nery. *Geología de El Progreso: Análisis de la litología, geología estructural y geomorfología de un área de 16km² al suroeste del municipio de Sanarate*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz Guatemala. Guatemala: Carrera de Geología, 2013.
- Móran Ical, Sergio David. Et.Al. *Mapeo geológico de superficie del cuadrángulo Granados*. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz Guatemala. Guatemala: Carrera de Geología, 2001.
- Paiz Schwartz, Gerardo, *Degradación ambiental y desastres en Guatemala*. Guatemala: PAMI, 2007.



Pérez Bol, Edgar Rolando. *Léxico estratigráfico del bloque Chortí en Guatemala*. Tesis Ingeniero en Geología. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz Guatemala. Guatemala: Carrera de Geología, 2000.

Ragan, Donal M. *Geología estructural*. Barcelona, España: Ediciones Omega, 1980.

Secretaria General de Planificación -SEGEPLAN-. *Plan de desarrollo de Sanarate, El Progreso*. Guatemala: SEGEPLAN., 2012.

Simmons, Charles. Et.Al. *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1959.

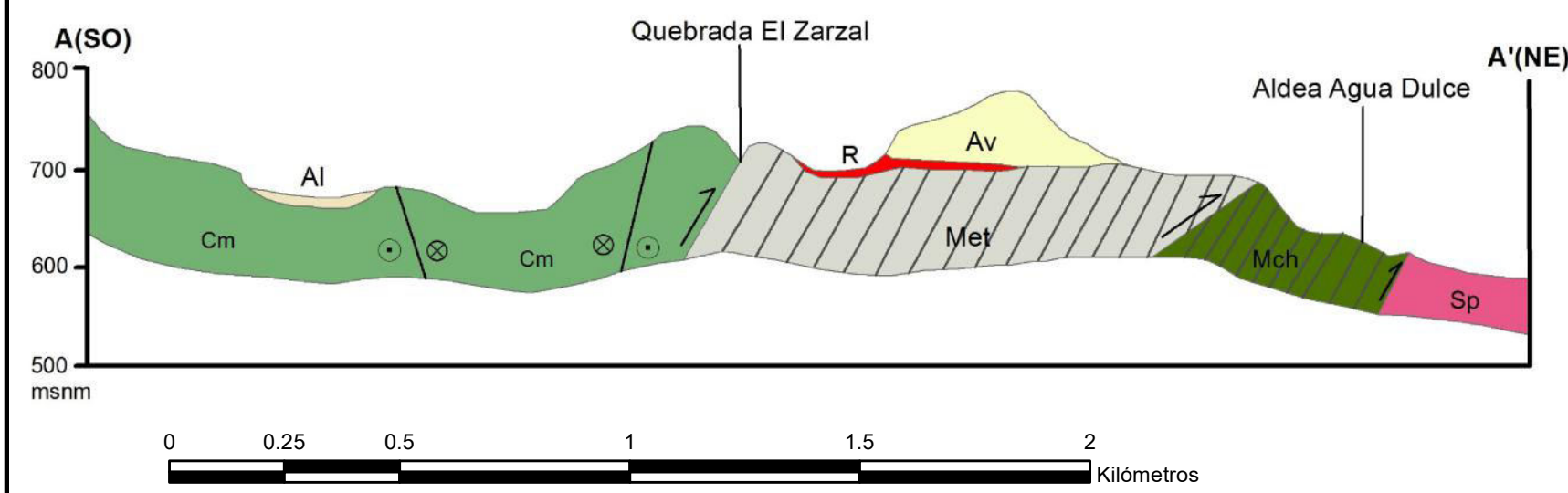
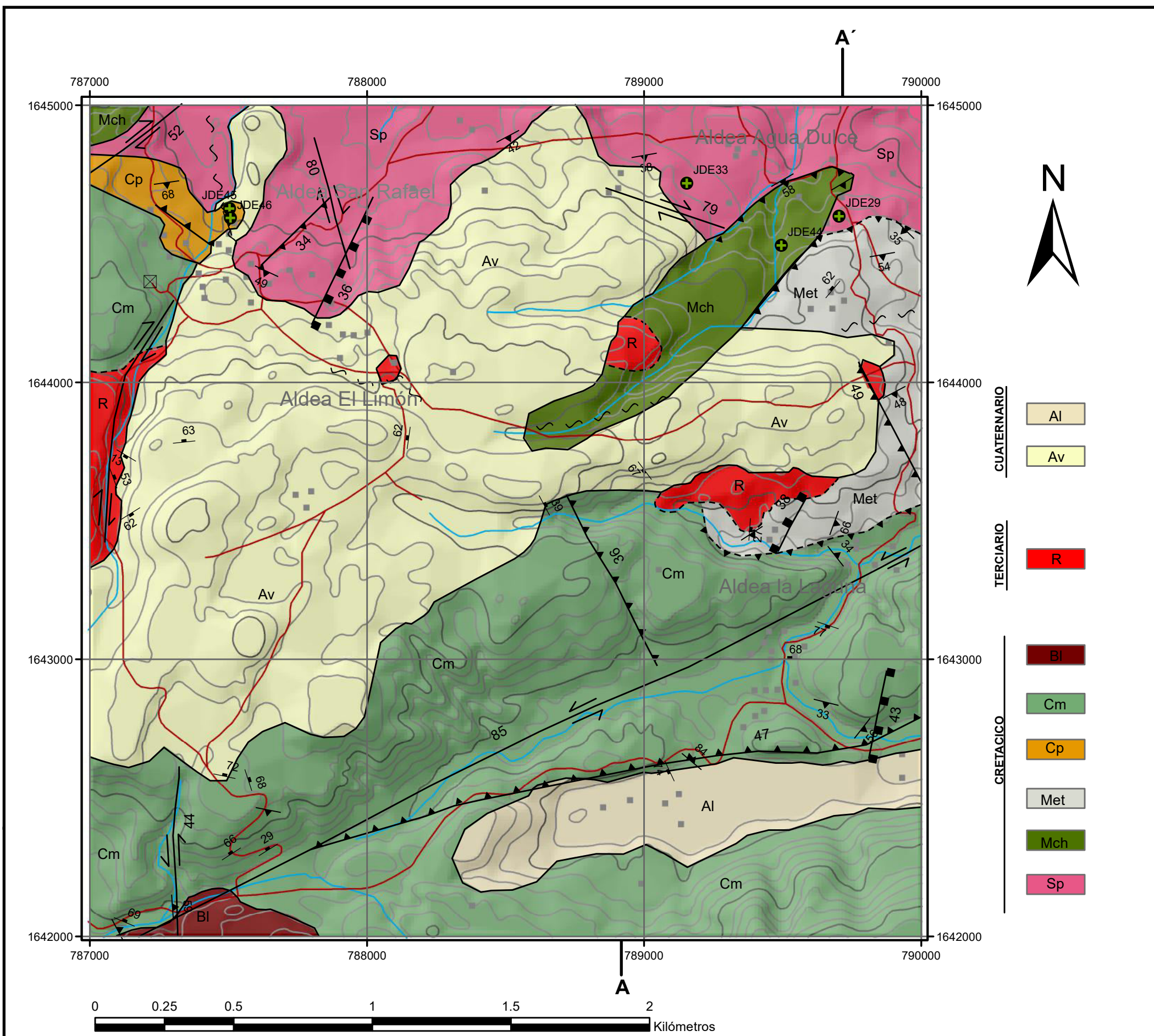


V.ºB.º
[Handwritten signature]

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
BIBLIOTECARIO



ANEXOS



INDICE DE HOJAS ADYACENTES

Cubulco 2061 II	Salamá 2161 III	San Jerónimo 2161 II
Granados 2061 I	El Chol 2160 IV	El Progreso 2160 I
San Juan Sacatepéquez 2060 II	San Pedro Ayampuc 2160 II	Sanarate 2160 II

Simbología Geológica		Simbología Topográfica	
▲▲▲	Falla inversa	⊠	Campo
▲▲▲	Falla normal	■	Aldeas
↔↔↔	Falla sinistral	—	Carreteras
↔↔↔	Falla dextral	—	Veredas
—	Fracturas	—	Quebradas
▲	Foliación	⊕	Muestras de roca
- - -	Contacto inferido		
—	Contacto observado		
▲	Contacto inverso definido		
▲ - -	Contacto inverso inferido		
~ ~ ~	Banda de cizalla definida		

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

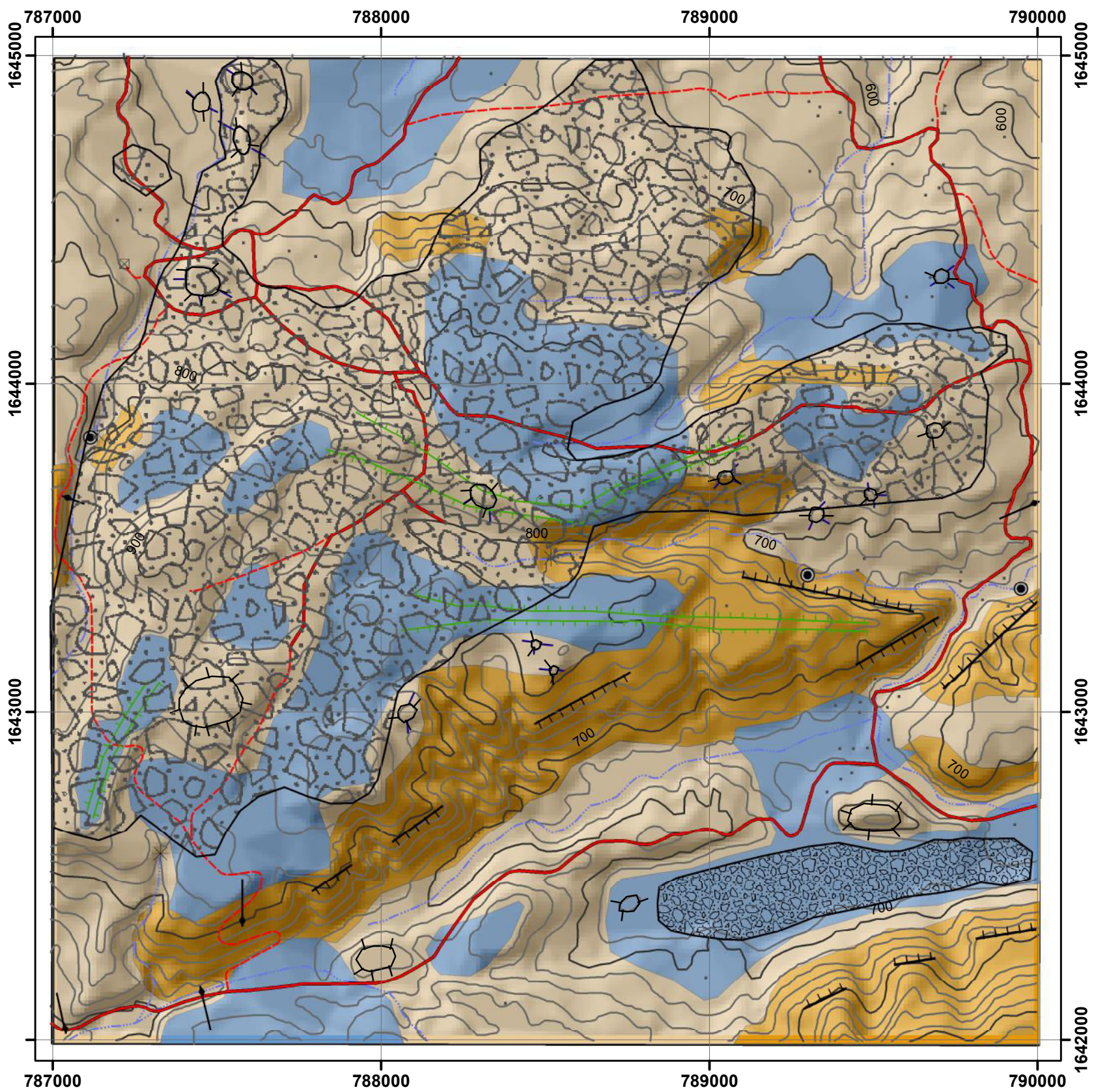
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

GEOLOGÍA DE EL PROGRESO:

Análisis cinemático y dinámico de las estructuras de dominio frágil, en un área de 9km² a escala 1:10 000 en las aldeas San Rafael, El Limón, Agua Dulce y La Laguna al oeste de Sanarate.

Contiene: MAPA Y PERFIL GEOLOGICO		
Trabajo realizado por: Jimmy Armando de León Caspowitz		
Escala numérica 1:15 000	Revisado por: Ing. Geól. Sergio Morán	Referencia espacial: WGS 84 Z 15

ANEXO I



0 0.25 0.5 1 1.5 2 Kilómetros

Unidad de origen denudacional

- ✱ Carcavas
- Surcos
- Cresta
- Escarpe
- Levemente inclinado
- Escarpado
- Fuertemente inclinado
- lomas

Unidad de origen agradacional

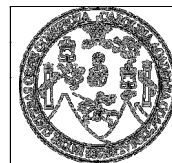
- Avalancha Calcárea
- Subunidad de depositos aluviales

Unidades de origen antrópico

- Escuelas
- Aldeas
- Campo
- Carreteras
- Veredas

Cubulco 2061 II	Salamá 2161 III	San Jerónimo 2161 II
Granados 2061 I	El Chol 2160 IV	El Progreso 2160 I
San Juan Sacatepéquez 2060 II	San Pedro Ayampuc 2160 II	Sanarate 2160 II

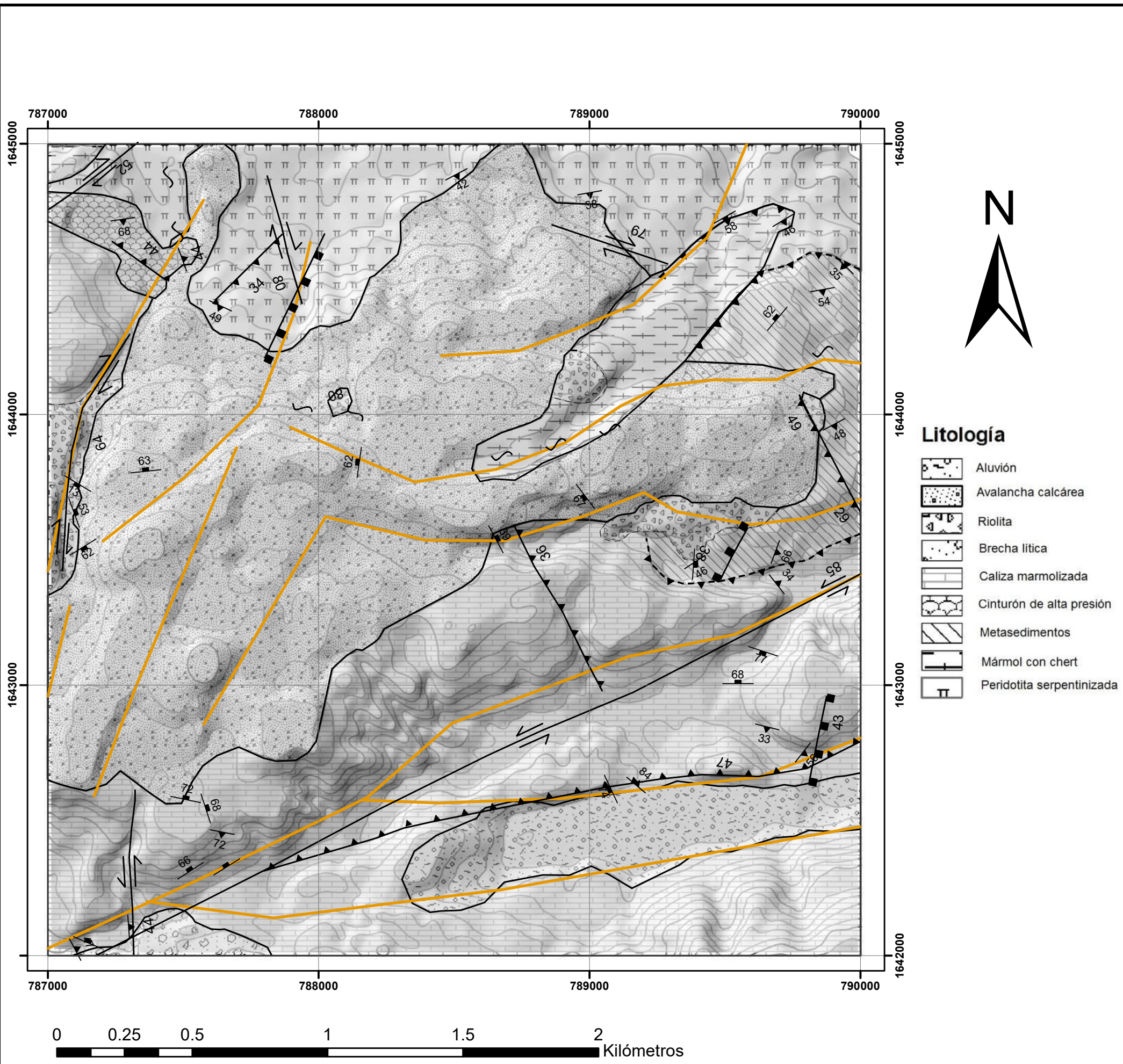
ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
GEOLOGÍA DE EL PROGRESO:
Análisis cinemático y dinámico de las estructuras de dominio frágil, en un área de 9km² a escala 1:10 000 en las aldeas San Rafael, El Limón, Agua Dulce y La Laguna al oeste de Sanarate.

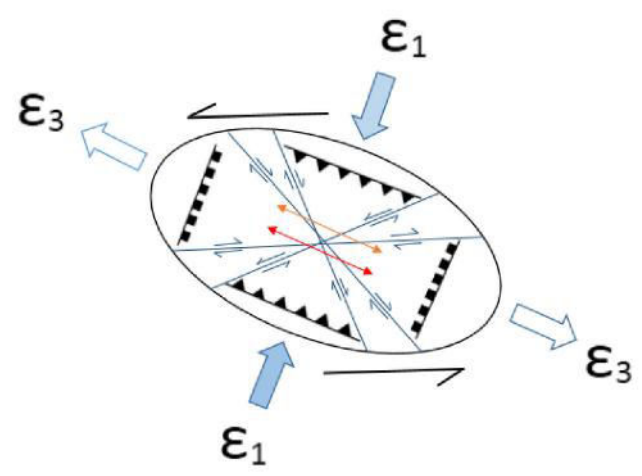
Contiene: MAPA GEOMORFOLÓGICO		
Trabajo realizado por: Jimmy Armando de León Caspowitz		
Escala numérica 1:15 000	Revisado por: Ing. Geól. Sergio Morán	Referencia espacial: WGS 84 Z 15

ANEXO II



- ### Litología
- Aluvión
 - Avalancha calcárea
 - Riolita
 - Brecha lítica
 - Caliza marmolizada
 - Cinturón de alta presión
 - Metasedimentos
 - Mármol con chert
 - Peridotita serpentinizada

Elipse de deformación



Cubulco 2061 II	Salamá 2161 III	San Jerónimo 2161 II
Granados 2061 I	El Chol 2160 IV	El Progreso 2160 I
San Juan Sacatepéquez 2060 II	San Pedro Ayampuc 2160 II	Sanarate 2160 II

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

- | | |
|---|--|
| <h4>Simbología Geológica</h4> <ul style="list-style-type: none"> Falla inversa Falla normal Falla sinistral Falla dextral Fracturas Foliación Contacto inferido Contacto observado Contacto inverso definido Contacto inverso inferido Banda de cizalla definida Lineamiento en orizontos | <h4>Simbología elipse de deformación</h4> <ul style="list-style-type: none"> Fallas normales Fallas inversas Fallas sinestrales Fallas dextrales Ejes de boudines Lineación M. |
|---|--|

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

GEOLOGÍA DE EL PROGRESO:
Análisis cinemático y dinámico de las estructuras de dominio frágil, en un área de 9km² a escala 1:10 000 en las aldeas San Rafael, El Limón, Agua Dulce y La Laguna al oeste de Sanarate.

Contiene: MAPA ESTRUCTURAL	
Trabajo realizado por: Jimmy Armando de León Caspowitz	Revisado por: Ing. Geól. Sergio Morán
Escala numérica: 1:15 000	Referencia espacial: WGS 84 Z 15

ANEXO III

ANEXO IV

ANÁLISIS PETROGRÁFICO

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: JDE29		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS84	
FECHA: 08/09/2014		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN	UTM_Este: 0789704	UTM_Norte: 1644601	UTM_Zona: 15P
LOCALIDAD: Aldea Agua Dulce			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: IV	Escala: 10 000
ANALIZÓ Y MUESTREO: Jimmy Armando de León Casprowitz			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Anfibolita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Su composición mineralógica


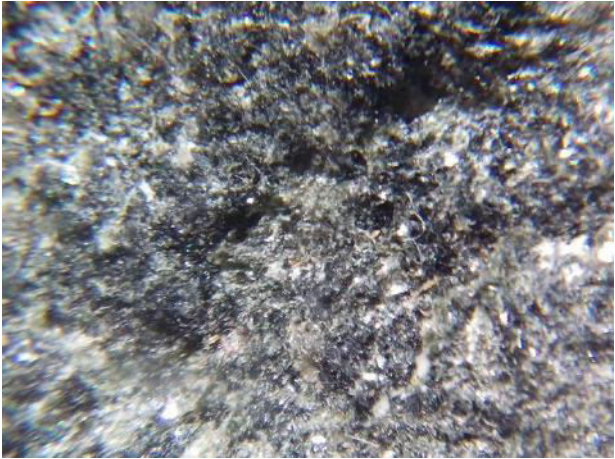
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...): (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas:				F3:		
	No persistente	Persistente				
J1		X	33°	N267°		
J2	X		56°	N122°		
J3	X		38°	N098°		
J4	X		29°	N175°		
Otras:						



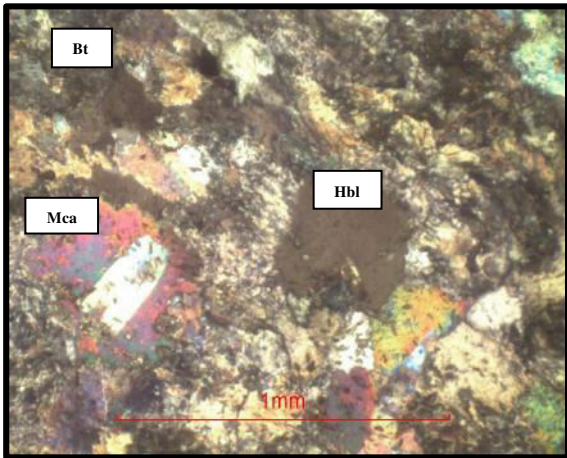
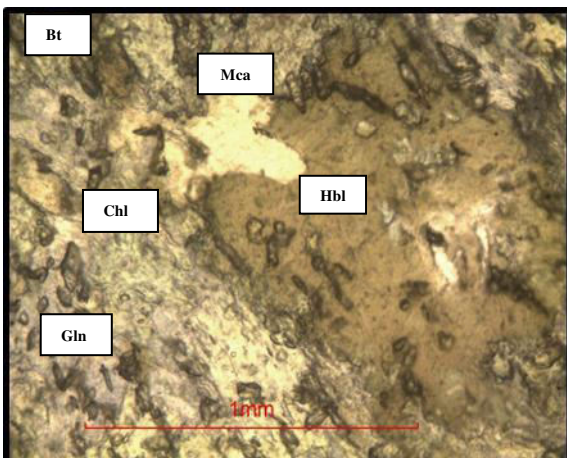
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: 5Y 3/2 Roca alterada:
		x					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced) X					Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Anfíboles Plagioclasas	30 20	Cuarzo micas	2 10	Pirita	5%		
TEXTURAS: Afanítica, masiva isótropa							
TIPO DE ALTERACIÓN: Piritización							
OTROS DATOS:							
							
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.			

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros: 2
Anfíboles Amp Plagioclasa Pgl	30 20	Micas Mca Granate almandino Alm Metálicos	15 7 8	Cuarzo Qz Pirita	2 3	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica, nematoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate, anfíboles	Euhedral	500
					Subhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo: alto		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita						
MICROFOTOGRAFÍA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA						
XPL				PPL		
						
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: JDE33		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS84	
FECHA: 08/09/2014		PROYECTO: Trabajo Final de campo	
UBICACIÓN	UTM_Este: 0789154	UTM_Norte: 1644720	UTM_Zona:15P
LOCALIDAD: Aldea Agua Dulce			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: IV	Escala: 10 000
ANALIZÓ Y MUESTREO: Jimmy Armando de León Casprowitz			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Anfibolita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Su composición mineralógica



DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):						
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas: No persistente		Persistente		F3:		
J1	X		41°	N153°		
J2	X		76°	N269°		
J3						
J4						
Otras:						



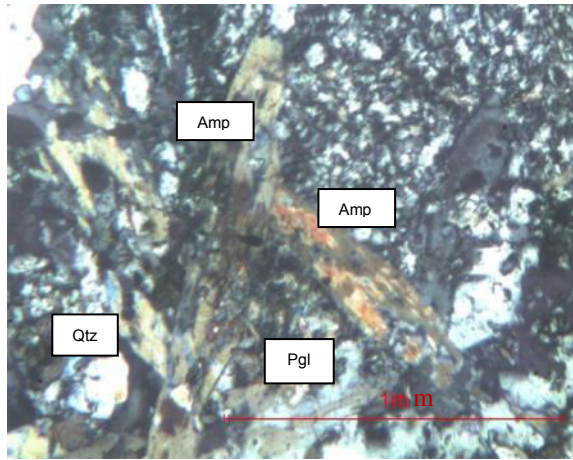
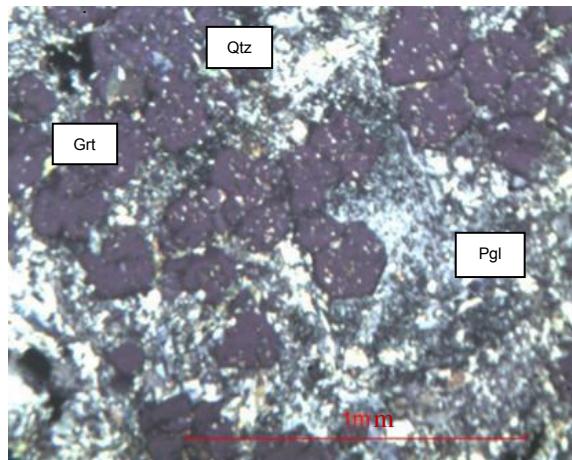
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: 5Y 3/2 Roca alterada:
		X					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced) X			Continuo (Continuous)		
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Anfíboles Plagioclasas	40 15	Cuarzo micas	2 10	Pirita	5%		
TEXTURAS: Afanítica							
TIPO DE ALTERACIÓN: Piritización							
OTROS DATOS:							
							
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.			Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Anfiboles Plagioclasa	45 20	Micas Granate Metálicos	15 7 8	Cuarzo Pirita	2 3	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
Microtexturas de deformación:				Granate, anfiboles	Euhedral	500
Microestructuras:					Subhedral	
Tipo de Alteración:					Anhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo: alto		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita con granate						
MICROFOTOGRAFÍA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA						
						
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: JDE44		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS84	
FECHA: 08/09/2014		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN	UTM_Este: 0789195	UTM_Norte: 1644495	UTM_Zona: 15P
LOCALIDAD: Aldea Agua Dulce			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: IV	Escala: 10 000
ANALIZÓ Y MUESTREO: Jimmy Armando de León Casprowitz			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Mármol con <i>Chert</i>
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Su composición mineralógica



DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
Mármol con <i>Chert</i>						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa sinistral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		58°	N158°			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas: No persistente Persistente				F3:		
J1	X	39°	N0328°			
J2						
J3						
Otras:						





Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada:
		x					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced) x					Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Calcita	60	Micas	10	otros	15		
TEXTURAS: No foliada, Afanítica							
TIPO DE ALTERACIÓN:							
OTROS DATOS:							
							
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.			

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Calcita	60	Micas	10	otros	30	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica, Nematoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Mica y calcita	Euhedral	500
					Subhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Dinámico				Grado de Metamorfismo: Alto		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito): Caliza		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Mármol con Chert						
MICROFOTOGRAFÍA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA						
						
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: JDE45		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS84	
FECHA: 08/09/2014		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN	UTM_Este: 0787491	UTM_Norte: 1644569	UTM_Zona: 15P
LOCALIDAD: Aldea San Rafael			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: IV	Escala: 1:10000
ANALIZÓ Y MUESTREO: Jimmy Armando de León Casprowitz			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Eclogita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Su composición mineralógica



DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		24°	N070°			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:		31°	N091° S,Pura	F2: 44/N079 S, 4°SE F3:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente				
J1	x		44°	N127°		
J2	x		59°	N231°		
J3						
J4						
Otras:						



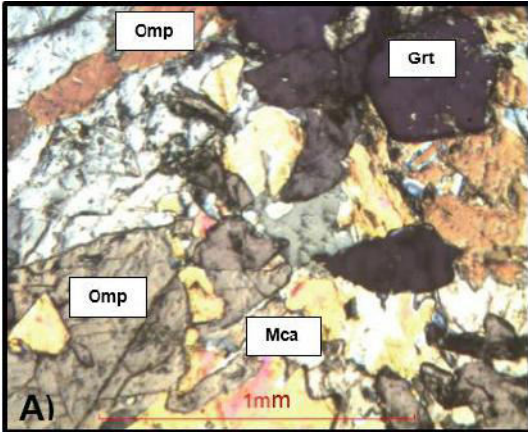
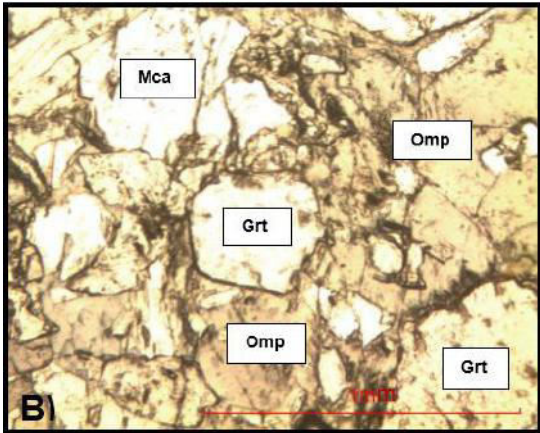
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: 5Y 3/2 Roca alterada:
		x					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced) x					Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Granate Anfíboles	50 40	Cuarzo micas		2 8			
TEXTURAS: Fanerítica, Granoblástica							
TIPO DE ALTERACIÓN:							
OTROS DATOS:							
							
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.			

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Granate Onfacita	40 35	Micas	12	Cuarzo Lawsonita Rutilo Glaucofana	5 2 3 3	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Lepidoblástica y porfidoblástica Microtexturas de deformación: Textura de corona Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate	Euhedral	1000
					Subhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo:				Grado de Metamorfismo: Alto		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Eclogita						
MICROFOTOGRAFÍA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA						
XPL				PPL		
 <p>A)</p>				 <p>B)</p>		
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.		

Otras observaciones complementarias:

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: JDE46		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): WGS84	
FECHA: 02/09/2014		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN	UTM_Este: 0787508	UTM_Norte: 1644593	UTM_Zona: 15P
LOCALIDAD: Aldea San Rafael			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: IV	Escala: 100000
ANALIZÓ Y MUESTREO: Jimmy Armando de León Casprowitz			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Eclogita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Su composición mineralógica



DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
X						
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		31°	N081°			
Líneaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo)		F1: 49°	N072° S, Pura	F2:		
Diaclasis:		No persistente	Persistente	F3:		
J1	x		42°	N184°		
J2	x		25°	N032°		
J3	x		54°	N354°		
J4						
Otras: zona de cizalla sinistral pura		31°	N091°			



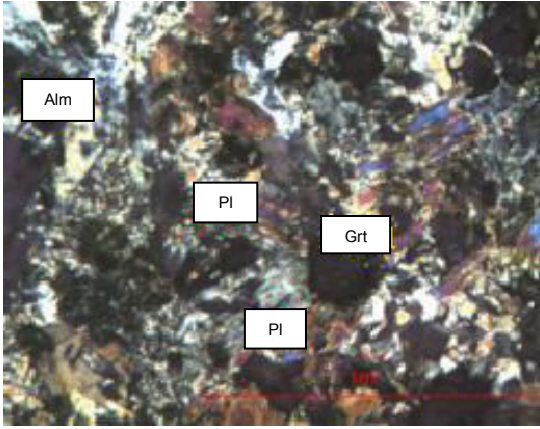
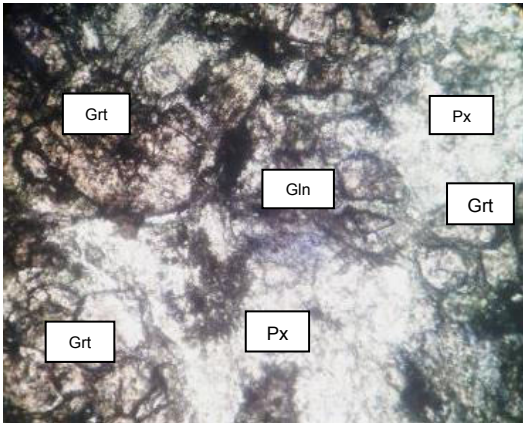
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.



Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): 2.5YR 8/2 Roca Fresca: 7.5YR 4/4 Roca alterada:
		x					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced) x				Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros	
Granate Anfíbol Piroxenos	20 20 15	Cuarzo Plagioclasa	15 10	Mica	5	15	
TEXTURAS: Granoblástica, Afanítica							
TIPO DE ALTERACIÓN:							
OTROS DATOS:							
							
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.			

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						OTROS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	10 %
Granate Onfacita	38 32	Plagioclasa Glaucofana	8 5	Anfiboles Sillimanita	3 4	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: neoblástica, granoblástica inequigranular				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
Microtexturas de deformación:				Granate	Euhedral	1000
Microestructuras:					Subhedral	
Tipo de Alteración:					Anhedral	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Dinámico				Grado de Metamorfismo: Alto		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito)		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Eclogita						
MICROFOTOGRAFÍA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA						
XPL				PPL		
						
Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.				Tomada por: Jimmy Armando de León Casprowitz. Año 2014.		

Otras observaciones complementarias:



CUNOR | CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala

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:

TÉCNICO EN GEOLOGÍA

Al trabajo titulado:

INFORME TRABAJO FINAL DE CAMPO

GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DE DOMINIO FRÁGIL, EN UN ÁREA DE 9 Km² A ESCALA 1:10 000 EN LAS ALDEAS SAN RAFAEL, EL LIMÓN, AGUA DULCE Y LA LAGUNA, AL OESTE DE SANARATE

Presentado por el (la) estudiante:

JIMMY ARMANDO DE LEÓN CASPROWITZ

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán Alta Verapaz 20 de Septiembre de 2016.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR



