

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS
DEL DOMINIO FRÁGIL, EN 9KM², EN LOS ALREDEDORES DE LA
COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

CARLOS RENÉ VENTURA ZAVALA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MAYO DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS
DEL DOMINIO FRÁGIL, EN 9KM², EN LOS ALREDEDORES DE LA
COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMÁ, BAJA VERAPAZ

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

CARLOS RENÉ VENTURA ZAVALA
CARNÉ 200640072

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
TÉCNICO EN GEOLOGÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MAYO DE 2017

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 DE 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. Luis Alfonso Laj Hun
SECRETARIA:	Ing. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro
VOCAL:	Ing. Geól. Luis Gustavo Chiquín Marroquín

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Geól, Silvia Frine Cortez Bendfeldt

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro

ASESOR

Ing. Geól. Ricardo Enrique Milián de la Cruz

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-314/2016
30 de noviembre 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 **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del Nivel Intermedio, del estudiante **CARLOS RENÉ VENTURA ZAVALA**, carné n°. **200640072**, titulado: **“ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRÁGIL, EN 9 km², EN LOS ALREDEDORES DE LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMÁ BAJA VERAPAZ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

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



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-97/2017
28 de marzo de 2017

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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. e.: geologiausac@gmail.com

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **CARLOS RENÉ VENTURA ZAVALA**, carné n°. **200640072**, titulado: **“ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRÁGIL, EN 9 km², EN LOS ALREDEDORES DE LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMÁ BAJA VERAPAZ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro
Docente Revisora
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-128/2017
02 de mayo de 2017

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

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

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

Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRÁGIL, EN 9 km², EN LOS ALREDEDORES DE LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMÁ BAJA VERAPAZ”**, del estudiante **CARLOS RENÉ VENTURA ZAVALA**, carné n°. **200640072**, el cual ya fue revisado como miembro de la Comisión de Redacción y Estilo de la Carrera de Geología, quien considera llena los requisitos establecidos para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Comisión de Redacción y Estilo
Carrera Geología


Ing. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRÁGIL, EN 9 KM², EN LOS ALREDEDORES DE LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMÁ BAJA VERAPAZ como requisito previo a optar al título profesional de Técnico en Geología

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carlos René Ventura Zavala', with a large, stylized flourish above the name.

Carlos René Ventura Zavala
Carné 200640072

RESPONSABILIDAD

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

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2 .4, subinciso 2.4.1 del Acta No.17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

AGRADECIMIENTO A:

DIOS	Porque de él procede la sabiduría, el conocimiento y la inteligencia
MIS PADRES	Carlos Enrique y María del Rosario con amor y eterno agradecimiento, por haberme inculcado las bases y principios de superación.
MIS HERMANAS	Por su apoyo incondicional y ejemplo en mi vida.
MIS AMIGOS Y COMPAÑEROS	Por los buenos momentos compartidos, las enseñanzas y muestras de aprecio. Especialmente para Ileana, Walter, Ricardo y Hugo.
LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE	A las familias Ramírez Veliz, en especial a doña Sandrita y sus padres por ser los ángeles que Dios me puso en el camino.
LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	Especialmente al Centro Universitario del Norte, por permitirme seguir creciendo y formar parte en su historia.
LA CARRERA DE GEOLOGÍA	A cada uno de los catedráticos que la conforman, por las enseñanzas y guía en las distintas áreas de la misma. Principalmente a los Ing. Ricardo Milián, Ing. Sergio Moran, Ing. Fernando Monterroso por todo el apoyo y conocimiento brindado.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1	Antecedentes del problema	3
1.2	Planteamiento del problema	5
1.3	Objetivos	5
1.3.1	General	5
1.3.2	Específicos	6
1.4	Hipótesis	

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1	Localización geográfica	7
2.2	Vías de acceso	7
2.3	Geología regional	9
2.3.1	Litostratigrafía	9
a.	Gneis feldespático	11
b.	Gneis migmatítico-anfibolita	11
c.	Gneis cuarzo feldespático	12
d.	Mármol	12
e.	Anfibolita	12
f.	Grupo el Tambor	13
2.3.2	Tectónica	13
2.3.3	Geomorfología	15
a.	Hidrología	16
b.	Clima y vegetación	16
c.	Suelos	17
d.	Relieve	17
		18

CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Marco Metodológico	
3.1.1	Fase de planificación	21

3.1.2	Fase de campo	21
	a. Levantamiento geológico	22
	b. Recolección de datos	22
	c. Ploteo de datos	22
	d. Muestreo	22
3.1.3	Fase de laboratorio	23
3.1.4	Fase de gabinete	23

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Unidades Litodémicas	25
4.1.1	Unidad de Gneis feldespático (Pgf)	25
4.1.2	Unidad de Gneis feldespato-Cuarzo y Anfibolita (Pgfca)	29
4.1.3	Unidad de Gneis feldespático Moscovita y Anfibolita (Pgfma)	32
4.1.4	Unidad de Gneis de cuarzo-feldespato-moscovita (Pgcfm)	36
4.1.5	Unidad de mármol (Mbm)	39
4.1.6	Unidad de anfibolita granatífera (ag)	42
4.1.7	Unidad de serpentinita (Sp)	47
4.1.8	Unidad de coluvión (Qcol)	49
4.1.9	Unidad de aluvión	50
4.2	Geología Estructural	51
4.2.1	Estructuras de dominio frágil	51
	a. Diaclasas	51
	b. Grietas de tensión	53
	c. Fallas	54
	1. Fallas normales	55
	2. Fallas inversas	57
	3. Fallas de rumbo	59
4.2.2	Estructuras del dominio dúctil	60
	a. Foliación (S1)	60
	b. Lineación mineral	63
	c. Planos axiales de pliegues	64
	d. Ejes de pliegue	66
	e. <i>Boudines</i>	67
4.3	Geomorfología local	68
4.3.1	Unidades de origen denudacional	71
	a. Sub unidad de cresta (Ct)	71
	b. Sub unidad de ladera alta (La)	72
	c. Sub unidad de montaña Baja (Mb)	73
	d. Sub unidad cuerpo alóctono de anfibolita (Ca)	74
4.3.2	Unidades agradacionales	74
	a. Sub unidad de abanico aluvial (Aa)	75
	b. Sub unidad de coluvión (Col)	76
	c. Sub unidad de ladera baja (Lb)	77

d. Sub unidad de planicie (Ple)	78
---------------------------------	----

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Litología	81
5.2 Análisis estructural	85
5.2.1 Dominio frágil	85
5.2.2 Dominio dúctil	89
5.2.3 Análisis de los modelos estructurales	92
CONCLUSIONES	97
RECOMENDACIONES	101
BIBLIOGRAFÍA	103
ANEXOS	105

ÍNDICE DE TABLAS

1	Porcentaje de minerales de la unidad de gneis feldespático con moscovita y anfibolita	
2	Porcentaje de minerales de la unidad de gneis feldespato-cuarzo y anfibolita	28
3	Porcentaje de minerales unidad de gneis de feldespático con moscovita y anfibolita	31
4	Porcentaje de minerales de la unidad de gneis cuarzo Feldespato-moscovita	35
5	Porcentaje de minerales de la unidad de mármol	38
6	Porcentaje de minerales de la unidad de anfibolita granatífera	42
7	Datos de fallas normales	46
8	Datos de fallas inversas	56
9	Datos de fallas laterales	58
10	Rangos de valores de las pendientes en grados y su clasificación	59

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Localización geográfica	8
2	Vías de acceso	9
3	Mapa esquemático que muestra la disposición del Complejo Chuacús y la zona de falla cuilco-chixoy-polochic y motagua	15
4	Mapa de elevaciones	19
5	Diagrama de rosa mostrando los rumbos de las diaclasas	52
6	Diagrama de rosa representando las grietas de tensión	54
7	Estereograma con el promedio de familias de fallas normales	57
8	Estereograma que muestra la orientación de las fallas inversas	58
9	Estereograma que muestra la orientación de fallas laterales	60
10	Estereograma de polos de planos de foliación S1 para las diversas unidades aflorantes del área	62
11	Estereograma que representa la lineación mineral	64
12	Estereogramas de planos axiales de pliegues	65
13	Estereogramas de los ejes de pliegue	66
14	Estereograma de ejes de budín	68
15	Mapa pendientes del área de estudio	70
16	Mapa geomorfológico del área de estudio	79
17	Columna litodémica local	81
18	Sección estratigráfica que muestra la posición del grupo Chuacús	83
19	Modelo estructural 1 del dominio frágil de tipo sinestral	86
20	Modelo estructural 2 del dominio frágil de tipo sinestral	87
21	Modelo estructural 3 del dominio frágil tipo dextral	88
	Modelo estructural 1 del dominio dúctil de tipo sinestral	90
23	Modelo estructural 2 del dominio dúctil de tipo sinestral	91
24	Modelo estructural 3 del dominio dúctil de tipo dextra	92
25	Modelo de deformación local 1 Frágil - Dúctil de tipo sinestral	93
26	Modelo de deformación local 2 Frágil – dúctil de tipo dextral	94

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Afloramiento de gneis feldespático	26
2	Muestra de mano de gneis feldespático	27
3	Análisis estereoscópico de la unidad de Gneis feldespático	28
4	Afloramiento gneis feldespático moscovita y bandas de anfibolita	30

5	Muestra de mano de gneis feldespato cuarzo y anfibolita	31
6	Lámina delgada la unidad de gneis feldespato cuarzo y anfibolita	32
7	Afloramiento gneis feldespático moscovita y bandas de anfibolita	33
8	Muestras de mano de la unidad de gneis feldespático moscovita y anfibolita	35
9	Lámina delgada de anfibolita y análisis estereoscópico de gneis feldespático.	36
10	Afloramientos de la unidad de gneis de cuarzo feldespato moscovita	37
11	Muestra de mano de la unidad de gneis cuarzo gneis feldespato y moscovita	38
12	Lámina delgada de la unidad gneis cuarzo feldespato moscovita	39
13	Afloramiento la unidad de mármol	40
14	Muestra de mano de la unidad de mármol	41
15	Lamina delgada de la unidad de mármol	42
16	Afloramiento de la unidad de anfibolita granatífera	44
17	Muestra de mano de la unidad de anfibolita granatífera	45
18	Lámina delgada de la unidad de anfibolita granatífera	46
19	Afloramientos de la unidad de serpentinita	48
20	Muestra de mano de la unidad de serpentinita	49
21	Coluvión de bloques de gneis feldespático y cuarzo	50
22	Patrón de fracturamiento	52
23	Grietas de tensión	53
24	Falla normal con estrías como indicador de movimiento	55
25	Foliación S1	61
26	Lineación mineral en la unidad de gneis feldespático	63
27	Pliegue anticlinal tumbado	65
28	<i>Boudines</i> desarrollados en bandas de anfibolita	67
29	Cresta o parte aguas (ct)	71
30	Ladera alta (La)	72
31	Montaña baja (Mb)	73
32	Cuerpo autóctono de anfibolita (Ca)	74
33	Abanico aluvial (Aa)	75
34	Coluvión (Col)	76
35	Ladera baja (Lb)	77
36	Planicie (Ple)	78

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Aa	Abanico aluvial
ag	Anfibolita granatífera
bt	Biotita
Ca	Cuerpo alóctono
cal	Calcita
cm	centímetro
Ct	Cresta
<i>Dip</i>	Inclinación
<i>Dir</i>	Dirección
<i>E</i>	Este
Fsp	Feldespato
GPS	Sistema de Posicionamiento Global
Grt	Granate
Hbl	Hornblenda
Ks	Serpentinita
La	Ladera alta
Lb	Ladera baja
m	Metro
Mb	Montaña baja
m s.n.m	metros sobre nivel del mar
Ms	Moscovita
<i>N</i>	Norte
Op	Opacos
Pgcfm	Gneis Cuarzo Feldespato Moscovita
Pgf	Gneis Feldespático
Pgfca	Gneis Feldespato Cuarzo y Anfibolita
Pgfma	Gneis Feldespático Moscovita y Anfibolita
Pl	Plagioclasas
Plc.	Planicie
PPL	Luz Polarizada Plana
Qz	Cuarzo
S	Sur
S1	Primera deformación
SIG	Sistema de Información Geográfico

UTM	Universal Transversal de Mercator
XPL	Luz Polarizada Cruzada
W	Oeste

RESUMEN

El cartografiado geológico de superficie realizado al sureste del municipio de Salamá, Baja Verapaz, específicamente a los alrededores de la comunidad Estancia Grande, permitió identificar y delimitar seis unidades litológicas siendo estas Gneis Feldespático, Gneis Feldespático-Moscovítico y Anfibolita, Gneis Feldespato-Cuarzo Anfibolita, Gneis Cuarzo-Feldespato Moscovita, Mármol, Anfibolita Granatífera, Serpentinita, además se establecieron las relaciones estructurales entre ambos dominios, enfocándose principalmente en el dominio frágil. Esto con el fin de enriquecer la información geológica a escala 1:10 000 de Guatemala.

Entre las estructuras encontradas del dominio frágil se puede mencionar la presencia de fallas, diaclasas, grietas de tensión, acompañadas de las estructuras del dominio dúctil como foliación S1, foliación de plano axial, ejes de pliegue, ejes de budín y lineación mineral.

Con la interpretación de los datos estructurales fue posible elaborar dos modelos de deformación local y con ellos establecer cuál es la dinámica y cinemática dominante en la zona de estudio.

Se elaboró un mapa geomorfológico el cual identifica y describe las diversas estructuras generadas por los procesos constructivos y destructivos de la superficie terrestre.

Cabe mencionar que se elaboró un mapa litológico a escala 1: 10 000 el cual registra la distribución espacial de las diferentes unidades litológicas y de las diversas estructuras geológicas.

INTRODUCCIÓN

Para el mapeo geológico en Baja Verapaz: análisis cinemático y dinámico de las estructuras del dominio frágil, en 9 Km², en los alrededores de la comunidad Estancia Grande, Salamá Baja Verapaz a escala 1: 10 000, se realizó una etapa de campo donde se determinó la litología y estructuras geológicas presentes.

Este informe contiene los resultados obtenidos a partir de las distintas etapas: la de consulta bibliografía donde se plantea la metodología de trabajo, que incluye la localización del área.

La etapa de campo que fueron cuarenta y cinco días en los alrededores de Estancia Grande, donde se recolectaron datos de estructuras geológicas que se midieron con método de (*dip/dir*). Asimismo se obtuvieron muestras de las diversas unidades litológicas.

Posteriormente en la etapa de laboratorio se analizaron las muestras a través de la elaboración de láminas delgadas para determinar la composición mineral e identificación de minerales accesorios.

Por último, en la etapa de gabinete, se describió la geología local y estructural donde se detallan aspectos como unidades litológicas, contactos y relaciones entre litologías. También se elaboró un Sistema de Información

Geográfico (SIG) para presentar el mapa geológico escala 1: 10 000 acompañado de su perfil, por medio del uso del sistema WGS84 15N.

Además con el resultado de los datos estructurales se procedió a elaborar varios modelos de estructurales tanto del dominio frágil como dúctil con la intención de proponer un modelo de deformación local.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del Problema

El área de estudio se localiza en el Bloque Maya, específicamente al sureste del municipio de Salamá, Baja Verapaz.

De los primeros científicos en estudiar el Complejo Chuacús fueron Dollfus, A. y de Montserrat, E., en el año de 1 868. Mencionaron que las rocas aflorantes en la parte sur del Bloque Maya, son consideradas como el basamento de ésta, que se extiende entre los sistemas de Falla Polochic y Motagua, estableciendo que éstas rocas son de origen sedimentario.

Los investigadores Luis G. Chiquín y Jaime Requena coordinados por Sergio D. Moran I. en el año 2 001, describieron en la hoja del cuadrángulo Granados, que el grupo Chuacús está conformado por las unidades: Gneis Feldespático, Gneis Migmatítico-Anfibolita, Gneis Cuarzo-Feldespático, Esquistos Granatíferos, Gneis Cuarzo-Feldespático-Biotita y Gneis de Cuarzo-Mica, del Paleozoico inferior o más antiguas.

Por lo tanto las Filitas San Diego del Paleozoico superior, Grupo El Tambor, representado por un complejo ofiolítico constituido de Peridotitas Serpentinizadas, Pillow Lavas, Chert Radiolarico, Lutitas y Calizas Fosilíferas, han sido atribuidas tentativamente al Cretácico superior; Granito Tres Sabanas, del Cretácico/Terciario, Depósitos volcánicos del Terciario-Cuaternario; y Aluviones y Coluviones Cuaternarios.

Como antecedentes más locales se pueden mencionar los trabajos de Erick Noé Cacao y Juan Ángel Díaz, realizados en el año 2 005 como parte del curso Trabajo final de campo –TFC- de la carrera de Geología, estos estudios se realizaron en el extremo *NE* del área de estudio asignada.

Según Erick Noé Cacao, el área se encuentra deformada y fracturada, evidenciado por la presencia de pliegues, que van desde los pocos centímetros de plano envolvente hasta pliegues abiertos de 10 metros de amplitud, siendo la orientación preferencial de los ejes la dirección *SE*.

Así también, las litologías aflorantes presentan un patrón de fracturamiento bien marcado relacionado a esfuerzos deformacionales con distintas orientaciones, es evidente en varias familias, este fracturamiento es principalmente visible en la unidad de Serpentinita, un indicio del tectonismo es la presencia de aguas termales a muy poca distancia de la zona de estudio en dirección *NW* a inmediaciones a la quebrada El Ratón y el Rio Cimarrón.

Según Juan Ángel Díaz en su trabajo de TFC en el año 2 005, indica que las fallas a nivel local se infieren a través del rumbo de las lineaciones mayores que atraviesan el área con dirección este-oeste, la presencia de escarpes en la ladera sureste del cerro Las Vigas presenta movimiento normal con tendencia Noroeste-Suroeste. La zona de cizalla se localiza una pequeña franja de aproximadamente unos 7 m² en la parte inferior de la ladera Norte, del cerro El Valentón, el cual consiste en una anfibolita color verde oscuro con minerales de actinolita verde, masivo y sin orientación preferencial de los mismos.

1.2 Planteamiento del problema

¿Cuál es la Cinemática y Dinámica de las estructuras de dominio frágil que afloran en un área de 9Km² a los alrededores de la comunidad Estancia Grande al SE de Salamá Baja Verapaz?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Analizar la geología estructural en el área de 9 km² a escala 1:5 000 de la comunidad Estancia Grande y sus alrededores con la finalidad de determinar los esfuerzos que generan las estructuras frágiles presentes.

1.3.2 Específicos

- a. Describir los rasgos estructurales y litológicos presentes en el área de estudio.
- b. Definir la dirección del esfuerzo principal de las estructuras identificadas, según los indicadores cinemáticos.
- c. Determinar la cinemática y dinámica del dominio frágil por medio del modelo estructural local generado a partir de las distintas estructuras geológicas analizadas.

1.4 Hipótesis

Las estructuras geológicas pertenecientes al dominio frágil, presentes en las distintas unidades litológicas aflorantes en el área de Estancia Grande al *SE* de Salamá Baja Verapaz, son producto del arreglo de esfuerzos provocados por la zona de falla del Motagua, por tal razón el modelo estructural a generar presenta una tendencia Sinistral, como lo establece el modelo regional establecido.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización geográfica

El área de investigación se localiza geográficamente en la hoja Cartográfica “*El Chol*”, a escala 1:50 000. Se representa formando un cuadrado, cuyos vértices se encuentran presentes en coordenadas *UTM* y datum WGS-84 zona 15 N, se muestran en la figura 1.

La extensión espacial abarca 9 Km² y la conforma parte de las aldeas Los Paxtes, El Amate y en su totalidad la comunidad Estancia Grande y caserío El Capulín, todas se encuentran comunicadas por una carretera de terracería que se encuentra en buenas condiciones durante la mayor parte del año (figura 1).

2.2 Vías de acceso

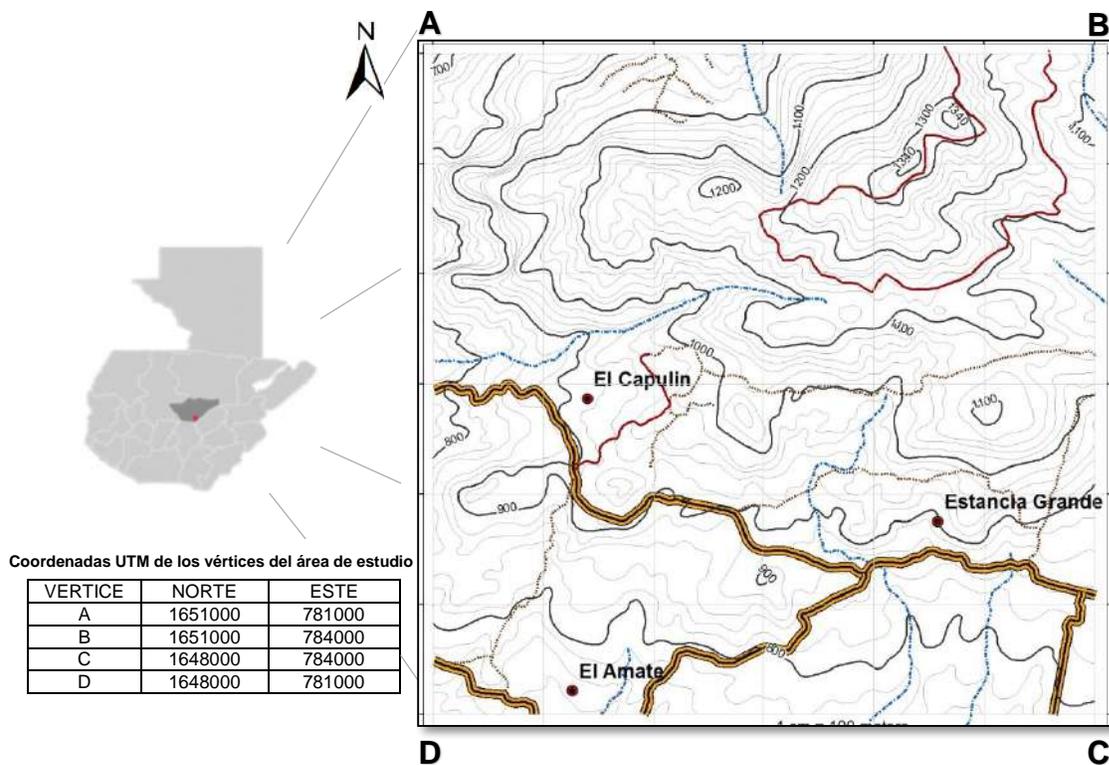
Se toma como punto de partida la ciudad de Cobán Alta Verapaz, el recorrido inicia por la carretera asfaltada CA-14 en dirección hacia la ciudad capital, al recorrer una distancia de 80 Km se llega a la Cumbre de Santa Elena, se toma el desvío a lado derecho, se avanza por 10 Km, hasta llegar al parque central de Salamá Baja Verapaz

Dos cuadras atrás de la Iglesia Católica ubicada frente al Parque Central, se encuentra el acceso a la ruta nacional RN 5, la cual conduce al municipio de Chuarrancho, del departamento de Guatemala. Esta ruta es

más conocida como la carretera a la Canoa, sus condiciones son aceptables ya que la mayor parte del recorrido se encuentra asfaltado.

Se deben recorrer 28 Km sobre dicha carretera, hasta llegar al lugar conocido como Llano Grande, en donde se toma un desvío al lado izquierdo sobre una carretera de terracería, se recorren 8 km de distancia aproximadamente, siguiendo la ruta principal hasta llegar a la comunidad Estancia Grande. Otra vía de acceso es por el departamento de Guatemala vía Chuarrancho o San Pedro Ayampuc, (figura 2).

FIGURA 1
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA



Fuente: Investigación de campo, año 2015

“El Complejo Chuacús es un complejo rocoso que constituye el basamento metamórfico, que fue plegado en su totalidad durante el Paleozoico y presenta una fuerte vergencia hacia el norte, Vann den Boom recomendó el nombre para todo el conjunto de rocas metamórficas de la cordillera central de Guatemala”.¹

“Está formado por rocas que sufrieron alta presión que provocó un metamorfismo del Complejo Chuacús también se le asocian rocas de bajo grado conocidas como Esquistos Salamá. Estos son considerados parte de un mismo basamento del bloque Maya sobre el que se depositaron secuencias paleozoicas del Grupo Santa Rosa”.²

En el año 2 000 se realizó el cartografiado del cuadrángulo de granados por: Sergio Morán, Luis Chiquín y Jaime Requena logrando identificar seis unidades informales pertenecientes al complejo Chuacús, de acuerdo a los criterios de los autores, las rocas que constituyen al mismo caen dentro de las unidades litodémicas, ya que no obedecen a una descripción, de acuerdo al principio de superposición, debido a su alta deformación y metamorfismo.

Se describe brevemente a continuación las seis unidades informales pertenecientes al complejo Chuacús, según los autores Sergio Morán, Luis Chiquín, Jaime Requena:

¹Günter van den Boom. *Clasificación Petrofacial de las metamorfitas de la Sierra de Chuacús, Guatemala*. (Sin editorial, 1 972), 15.

²Carlos Ortega Obregón. *Caracterización estructural, petrológica y geoquímica de la zona de cizalla Baja Verapaz, Guatemala*. (México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, 2 005), 3.

a. Gneis Feldespático

Se puede observar su exposición en la carretera que comunica a Ixchel con Agua Caliente y el Chol, su mejor afloramiento es sobre el río Pamacal. Está constituida principalmente de capas feldespáticas y en menor proporción de anfibolitas, cuarcitas y pegmatitas. Los espesores varían desde pocos centímetros hasta un metro.

Macroscópicamente se observa la presencia de feldespato, cuarzo y mica blanca, formando una masa de color blanco a rosado, de grano fino y de estructura masiva, donde los minerales tienen una orientación arbitraria.

b. Gneis Migmatítico-Anfibolita

Esta unidad se caracteriza por la presencia de anfibolitas, gneises de cuarzo-mica, esquistos biotíticos, augen gneis y granulitas. Estas rocas descritas hasta ahora, se encuentran plegadas, evidenciando plegamiento superpuestos y altamente fallados por lo que es un poco compleja su disposición.

Las anfibolitas están constituidas por hornblenda, feldespatos, granate y disseminados de pirita. Los gneis de cuarzo mica desarrollan un bandeamiento composicional milimétrico de cuarzo y mica, con bandas discontinuas de anfibolita, cuarzo y pegmatitas simples.

c. Gneis Cuarzo Feldespático

De los trabajos de campo de Sergio Morán et al (2000), Ortega Gutiérrez et al (2004). Se puede indicar que el contenido mineralógico de la unidad es: Cuarzo, Feldespato, Mica Blanca, Hornblenda, Plagioclasas, Clinopiroxeno, Rutilo, Granate, Fengita Zoisita y Biotita. Accesorios: Pirita y Calcopirita, Ortosa, Zircón, Titanita, Óxidos de Hierro y Titanio.

d. Mármol

Se presenta de color blanco a gris, de tres metros de espesor, de textura gruesa y en ciertas localidades presenta contenido de mica blanca. Según las relaciones encontradas pueden existir por lo menos dos cuerpos interestratificados dentro de esta secuencia. Estos se pueden observar en Palibatz, cercanas a la aldea El Oratorio y Granados.

e. Anfibolita

Mineralógicamente consiste de onfacita, granate, rutilo y como accesorios cuarzo con fengita, zoisita y aragonito que sugieren un metamorfismo en facies de eclogita. En tanto la asociación de anfíboles cálcicos y sódicos, biotita, carbonato, clinopiroxeno, además de minerales de una segunda generación como granate, rutilo y plagioclasa sódica desarrolladas posteriormente, como producto de una descompresión a alta temperatura que provocó también fusión parcial y metamorfismo en facies de Anfibolita.

f. Grupo El Tambor

Es un cuerpo de rocas Ofiolíticas emplazadas en los dos bloques tectónicos de Guatemala.

“Consiste de varias escamas tectónicas imbricadas tanto en el Bloque Maya (al norte) como en el Bloque Chortí (al sur) con vergencias opuestas definiendo una clara estructura de flor”.³

Según Ortega Obregón⁴ estas unidades están constituidas por: Secuencias ofiolíticas desmembradas en las cuales se puede reconocer de la cima a la base: peridotitas del manto serpentinizadas (incluyendo bloques de eclogitas, jadeítas, y anfibolitas), gabros foliados, lavas basálticas almohadilladas, pedernales de radiolarios y filitas (metalimolitas y metarenitas) intercaladas con flujos basáltico.

Según el lugar donde estos cuerpos fueron emplazados se le dio el nombre, pero siguen perteneciendo al mismo grupo. La ofiolitas que se encuentran en el Bloque Maya son denominadas como unidad Motagua Norte, mientras que el que se encuentra en el bloque Chortí es denominado como unidad Motagua Sur.

2.3.2 Tectónica

El área de estudio se encuentra en medio de dos sistemas de fallas muy importantes: la falla Chixoy-Polochic al norte y la falla

³Carlos Ortega Obregón. *Caracterización estructural, petrológica y geoquímica de la zona de cizalla Baja Verapaz, Guatemala*. Tesis Maestro en Ciencias de la Tierra. (México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología., 2 005). 6.

⁴ Ibídem

de Motagua al sur, con la cual tiene mayor relación estructural debido a la cercanía de la misma.

Según Ortega Obregón 2 005, la Zona de Sutura Motagua-Polochic es una zona de falla lateral izquierda entre los bloques continentales Maya y Chortí e incluye el sistema de falla Motagua. Este sistema comprende las fallas laterales de rumbo *E-W* y *ENE-WSW* (algunas aún activas) de los subsistemas Polochic, Motagua, Cabañas y Jocotán.

Así mismo Ortega establece que el Sistema de Falla Motagua es muy complejo y que incluye levantamientos con una dirección *E-W* (Sierra de Chuacús, Sierra de las Minas, Montañas del Mico) y cuencas *pull-apart* (Lago Izabal, Bananeras, etc), además de algunos grabens *NS* (Guatemala, Chiquimula, etc) resultado de la interacción entre la zona de Motagua y la subducción de la corteza oceánica en el Pacífico.

Van den Boom 1 968. Indica que dos zonas de debilidad recientes con tendencia *EW*, la zona de falla de Motagua al sur, y la zona de falla de Polochic al norte, constituyen elementos tectónicos de gran importancia.

el flanco Norte. Este sirve de límite con el valle del Motagua. El patrón de drenaje es subdendrítrico y subparalelo afectado por el sistema de fracturas asociadas a las fallas, por lo que las corrientes del flanco sur drenan hacia el río Motagua y las del lado norte hacia el río Negro o Chixoy⁵

a. Hidrología

El Instituto Nacional de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología (INSIVUMEH), en su programa de hidrología realiza una división hidrológica de Guatemala, esta división está comprendida de tres vertientes: del Atlántico, regional del área a estudiar; del Pacífico y del golfo de México.

“La vertiente del Atlántico incluye el río más largo de Guatemala, el río Motagua con 486.55 km, sus pendientes son suaves y su desarrollo es menos brusco ya que en las partes altas montañosas los ríos que lo alimentan hacen su recorrido por grandes barrancas o cañones, el caudal es constante todo el año”.⁶

b. Clima y Vegetación

El Clima de toda la región se caracteriza por la alta temperatura que afecta durante la época de verano, según el INSIVUMEH, 1 998, la precipitación anual es de 1 000 mm o menos lo cual refleja la sequía de esta región y que está

⁵http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_fisiografia_mor_ia_2001.pdf

⁶<http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm>

catalogada como parte del corredor seco. Las temperaturas oscilan entre los 30° y 35°C.

Dependientes al factor climático se encuentra la vegetación que en la parte más altas (alturas mayores de 1 100 msnm) se caracteriza por ser un bosque pequeño pero muy denso principalmente de coníferas (pinos, robles). Por debajo de los 1 100 msnm la vegetación cambia bruscamente convirtiéndose en arbustos espinosos, zarzas y plantas características de climas secos.⁷

c. Suelos

Baja Verapaz está compuesta principalmente, según S. Simmcns et al., (1959) por suelos del Grupo I (Suelos de Altiplanicie Central), los cuales son poco profundos desarrollándose en pendientes escarpadas y que se derivan de esquistos y gneises (rocas metamórficas), son limo-arcillosos de color café amarillento.

En el área de investigación los suelos cubren casi toda la parte central, ya que presentan poca pendiente hacia el sur, estos suelos están bien desarrollados y provienen de la zona de serpentina, su espesor varia de 0,2 a 1 m aproximadamente y su coloración varia de tonalidades café y en algunas partes menos desarrolladas se torna naranja.⁸

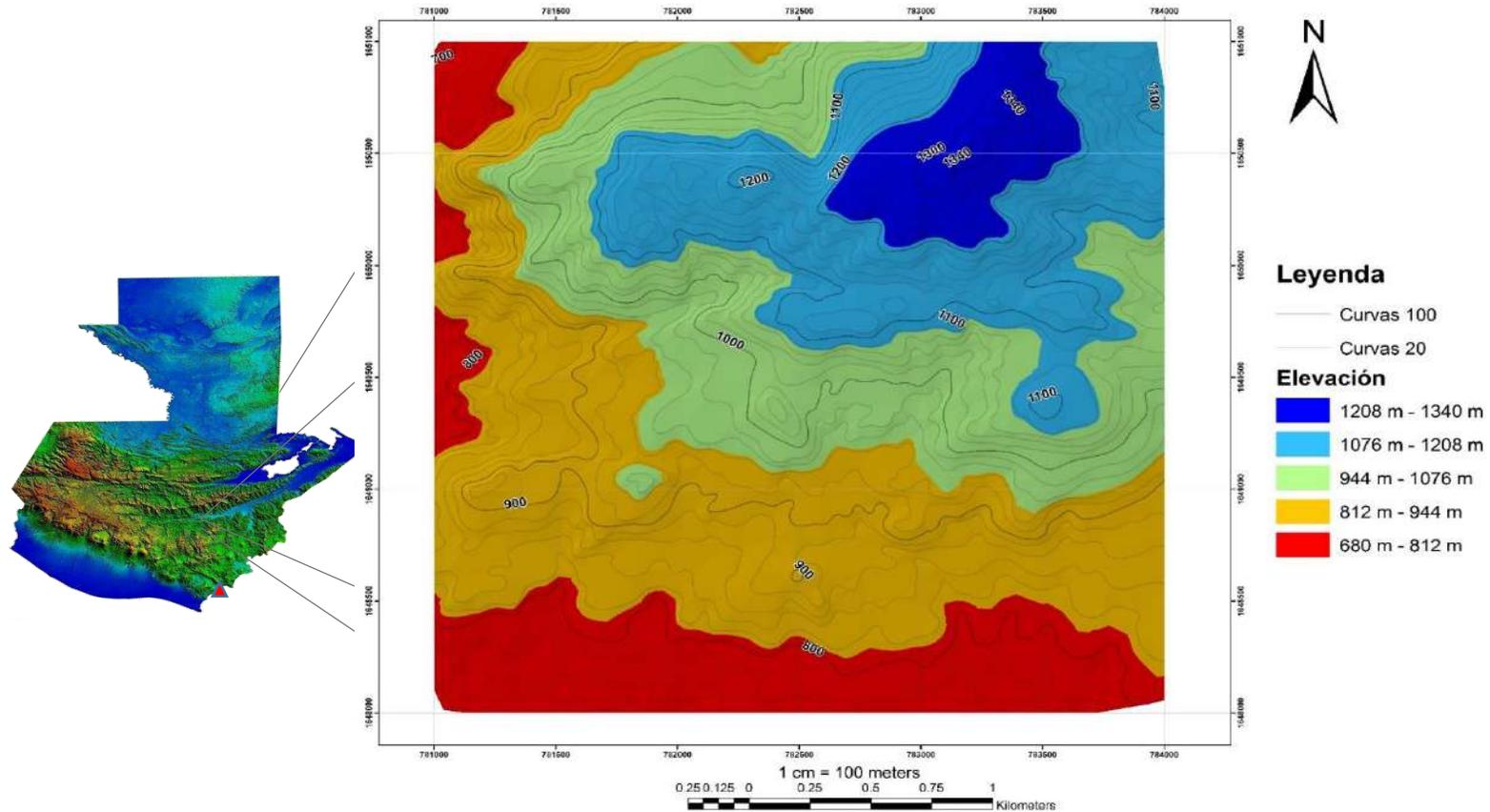
⁷ MAGA, Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo UPGGR

⁸http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_taxonomica_memoria_tecnica_2000.pdf

d. Relieve

El área presenta un relieve variado, en la parte norte es dominado por un relieve montañoso con pendientes extremas, en orden descendiente al sur las pendientes disminuyen al convertirse en moderadas. Siguiendo la misma dirección se observa un nuevo cambio importante ya que las pendientes disminuyen bruscamente y se convierten en suavemente inclinadas a raíz de estos cambios se puede identificar que el relieve puede obedecer a la geomorfología estructural (figura 4).

**FIGURA 4
MAPA DE ELEVACIONES**



Fuente: Mapa modificado de: Instituto Geográfico Nacional –IGN-. *Hoja topográfica El Chol Guatemala*, IGN. Escala 1:50,000 color. 1 984. Y el mapa de provincias extraído de: Ministerio de agricultura Ganadería y alimentación (MAGA). Mapa Fisiográfico y Geomorfológico de la República de Guatemala, SIG MAGA. Guatemala 2

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Marco metodológico

Se utilizaron cuatro fases secuenciales y según su aplicabilidad se utilizaron los métodos de investigación cuantitativo y cualitativo.

3.1.1 Fase de planificación

Se utilizó para diseñar la investigación, analizando la metodología y recolectando todo material bibliográfico relacionado al área de estudio y a la problemática propuesta.

Se utilizaron fotos aéreas y estereoscópicas, libros, artículos científicos, mapas, tesis, sitios *Web*, entre otros. La recopilación bibliográfica sirvió para conocer sobre la cinemática, geometría, dinámica, la topografía, tectónica, hidrología y clima que prevalece en el área, lo que facilitó la fase de recolección de datos (fase de campo).

3.1.2 Fase de campo

En la investigación de campo se utilizaron los métodos cuantitativo y cualitativo, con el apoyo de diversos elementos los cuales se mencionan más adelante, dicha fase tuvo una duración de cuarenta y cinco días.

Para la investigación cuantitativa se recolectó datos en campo (Método *Dip/Dir*), generando información en base a métodos estadísticos, como muestras para crear un grupo que representara la mayor población.

El análisis cualitativo permitió en base a la descripción, definir los procesos que generaron indicadores cinemáticos (estrías, escalones, objetos rotados, lineación mineral, grietas de tensión) en las rocas metamórficas. Los elementos que se utilizaron fueron los siguientes:

- a. **Levantamiento geológico:** Se realizó mediante la técnica de afloramientos a escala 1:5 000, trazando las rutas recorridas en el mapa base tomando puntos utilizando el sistema de posicionamiento global (*GPS*).
- b. **Recolección de datos:** Tanto estructurales planares (foliaciones, fracturas, planos de falla, planos axiales, objetos rotados) y lineales (lineación mineral, ejes de pliegue, ejes de budines) como otros datos litológicos establecidos en las guías de observación. Los datos estructurales fueron ubicados mediante coordenadas tomadas con el *GPS* y se midieron utilizando la brújula, la notación a utilizar fue *Dip-Dir*.
- c. **Ploteo de datos:** Se colocó en el mapa base, los límites de las unidades litológicas encontradas y las distintas estructuras originadas por procesos tectónicos.
- d. **Muestreo:** A cada unidad litológica, se le realizó un análisis macro y micro en campo, identificando la mineralogía por medio de una lupa de 10X como también las estructuras

presentes en la misma.

3.1.3 Fase de laboratorio

Se realizó el análisis de muestras, mediante un microscopio petrográfico, analizando cada una de las láminas delgadas; en algunas ocasiones debido a la imposibilidad de realizar una sección delgada se requirió utilizar un estereoscopio. Durante ésta fase se identificó el contenido mineralógico y textural de cada unidad.

3.1.4 Fase de gabinete

A partir del mapa geológico generado, según datos estructurales y litológicos, se elaboró un perfil geológico diagonalmente en dirección *NE-SW*.

Elaboración del modelo estructural local, construido en base a la orientación del esfuerzo principal de las estructuras obtenidas, se llevó a cabo realizando análisis estadísticos por medio del método estereográfico, para determinar la orientación de los esfuerzos y así determinar la cinemática local.

Se realizó un análisis geomorfológico de los elementos presentes en el área, por medio de las geoformas identificadas en campo, análisis fotogeológico e imágenes satelitales con la finalidad de crear un mapa geomorfológico local.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Unidades litodémicas

A continuación se describen las unidades litodémicas delimitadas y descritas en los alrededores de la aldea Estancia Grande, en orden relativo y en función de la foliación (S1), estas son: Gneis Feldespático, Gneis Feldespático con Cuarzo y Anfibolita, Gneis Feldespático Moscovítico con bandas de Anfibolita, Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita, Mármol, Anfibolita Granatífera, Serpentinita, Coluvión y Aluvión.

4.1.1 Unidad de Gneis Feldespático (Pgf)

Esta unidad aflora al Noreste del área de estudio (ver mapa geológico) y se extiende aproximadamente 750 m en dirección *NW*, cubriendo aproximadamente un 3% del área.

La mejor exposición se encuentra en los cortes de la carretera privada dentro de la finca Cimarrón (fotografía 1). Se presenta con una orientación media de foliación (S1) 58/N220.

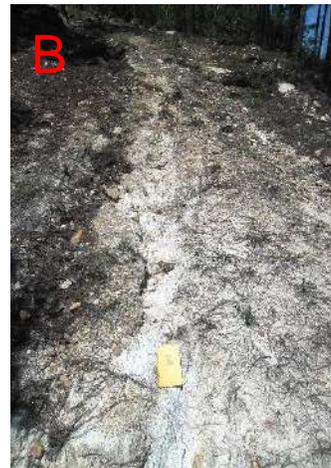
El relieve donde aflora está comprendido entre las cotas 1 200 m s.n.m y 1 100 m s.n.m y define pendientes de 6° a 24° de inclinación, donde se desarrolla la unidad geomorfológica de ladera baja.

El contacto relativo superior de esta unidad es de tipo concordante con la unidad Gneis Fsp-Ms Anfibolita (Pgfma), debido a que la unidad de Gneis Feldespático (Pgf) se encuentra en el límite superior del área y la foliación S1 buza hacia el Sur, no fue posible observar el contacto inferior.

Los afloramientos se presentan en la finca el Cimarrón y a los alrededores de la misma extendiéndose dentro del bosque de coníferas que se localiza en el área, se caracterizan por presentar un color blanco mate, con una meteorización alta de grado IV. La lineación mineral y la foliación son las estructuras principales que se pueden apreciar, la orientación media para la lineación mineral es de 37/N215.

En la fotografía 1A se observa un corte de carretera en las coordenadas UTM 15P 783338, 1650981. En la fotografía 1B se muestran los planos de foliación sobre carretera en las coordenadas UTM 15P 783801, 1650978.

FOTOGRAFÍA 1 AFLORAMIENTO DE GNEIS FELDESPÁTICO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

En muestra de mano (fotografía 2) extraída en las coordenadas UTM 15P 783338; 1650981, se observa que el color se conserva siendo el mismo blanco del afloramiento, su textura es foliada de grano medio grueso, su contenido mineral es dominado por más de un 80% de feldespato y un 17% de cuarzo, como minerales accesorios se puede distinguir $\geq 2\%$ de moscovita y 1% de granate ($\leq 1\text{mm}$).

FOTOGRAFÍA 2 MUESTRA DE MANO DE GNEIS FELDESPÁTICO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Debido al alto estado de meteorización grado IV (se utilizó la tabla de anexo 3 para establecer los grados de meteorización), no fue posible realizar un análisis petrográfico en lámina delgada, por lo cual se efectuó un análisis por medio del estereoscopio con la finalidad de obtener una descripción más detallada.

Para el análisis estereoscópico se desintegro un fragmento de muestra, para poder determinar los diferentes tipos de minerales así mismo el porcentaje y textura microscópica (fotografía 3) que presentan, los resultados obtenidos se detallan en la tabla 1.

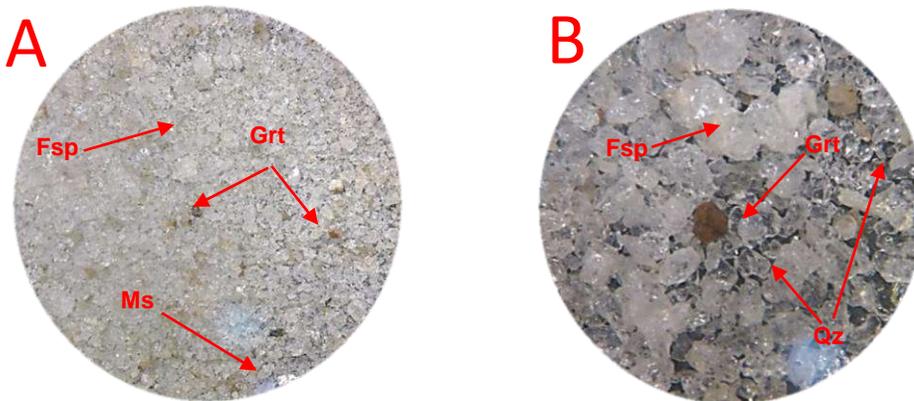
TABLA 1
PORCENTAJE DE MINERALES DE LA UNIDAD
DE GNEIS FELDESPÁTICO

Muestra	Textura	Componentes Mayores	%	Componentes menores	%	Accesorios	%	Opacos
Gneis Feldespático	Granoblástica	Feldespato (Fsp)	65	Cuarzo (Qz)	30	Moscovita (Ms) Granate (Grt)	3 2	

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

La fotografía 3 A corresponde a la unidad de Gneis Feldespático, tomada al microscopio con un aumento de 10X. La fotografía 3 B corresponde a la misma unidad de Gneis Feldespático con la diferencia de ser tomada con un aumento de 30X. Qz=cuarzo, Fsp=feldespato, Grt=granate, Ms=moscovita.

FOTOGRAFÍA 3
ANÁLISIS ESTEREOSCÓPICO DE LA UNIDAD DE
GNEIS FELDESPÁTICO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.2 Unidad de Gneis Feldespato-Cuarzo y Anfibolita (Pgfca)

Tiene una extensión de 0.70 km² que abarca un 10% de la superficie, se encuentra localizada al norte franco del área de estudio. Sus mejores exposiciones se encuentran en la cumbre NW del cerro Cimarrón a un costado de la quebrada del mismo nombre. Es posible observar otros afloramientos en la finca Cimarrón (fotografía 4).

Esta unidad se desarrolla entre las cotas 900 m s.n.m y 1 200 m s.n.m, donde geomorfológicamente se ubica la cresta y ladera alta.

El tipo de contacto es concordante gradual, siendo el superior relativo con la unidad Gneis Qz-Fsp Moscovita (Pgcfm). El contacto inferior no fue posible observarlo debido a que se extiende fuera del área de estudio y el sentido de buzamiento de la foliación S1 es hacia el Sur; dentro de la unidad de Gneis Feldespato-Cuarzo y Anfibolita en dirección N se encuentra con un contacto discordante la unidad de Coluvión (Qcol).

En afloramiento la unidad se presenta de color blanco mate alternado con bandas de color verde olivo, las mismas se encuentran paralelas a la foliación y tienen un espesor variable que van desde 5 cm hasta 3 m, presenta una leve meteorización de grado II. En esta unidad fue posible visualizar estructuras tales como; *boudines*, grietas de tensión, pliegues, diaclasas y foliación S1 esta última tiene una orientación media de 42/N186.

En la fotografía 4 A se observa una exposición de planos de foliación de la unidad de Gneis Fsp-Qz Anfibolita (Pgfca) en las

coordenada UTM 15P 782562, 1650558. En la fotografía 4 B se visualizan un plano de foliación en la falda N del cerro cimarrón de la unidad Gneis Fsp-Qz Anfibolita (Pgfc) en las coordenadas UTM 15P 782567, 1650563.

FOTOGRAFÍA 4 AFLORAMIENTO UNIDAD DE GNEIS FELDESPATO-CUARZO Y ANFIBOLITA

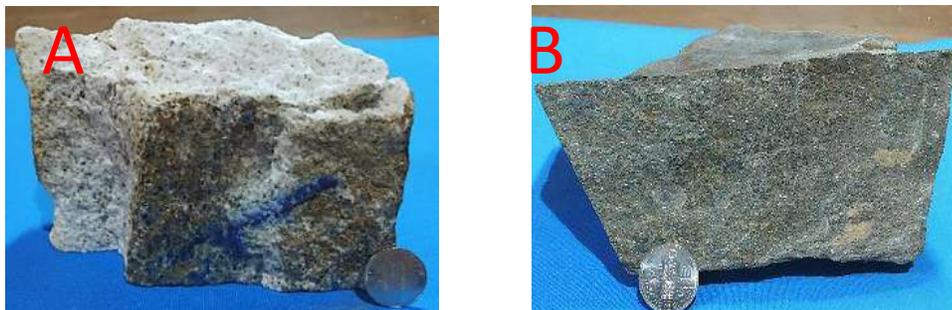


Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

En muestra de mano la unidad de Gneis Fsp-Qz Anfibolita (Pgfc) (fotografía 5 A) obtenida en las coordenadas UTM 15 P 782349, 1650674. Se presenta de color blanco mate y una textura foliada y un tamaño de grano medio fino donde es posible identificar el contenido de minerales principales siendo estos: cuarzo, feldespato, moscovita y como accesorio granate $\geq 1\text{mm}$.

La muestra de mano de Anfibolita (fotografía 5 B) obtenida en las coordenadas UTM 15P 782562, 1650558. Presenta un color verde olivo con pequeñas manchas blancas, la textura es granoblástica donde el tamaño de grano fino, se observan como minerales esenciales: hornblenda, biotita, y feldespato; como minerales accesorios moscovita (fotografía 5).

FOTOGRAFÍA 5 MUESTRAS DE MANO DE GNEIS FELDESPATO-CUARZO Y ANFIBOLITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

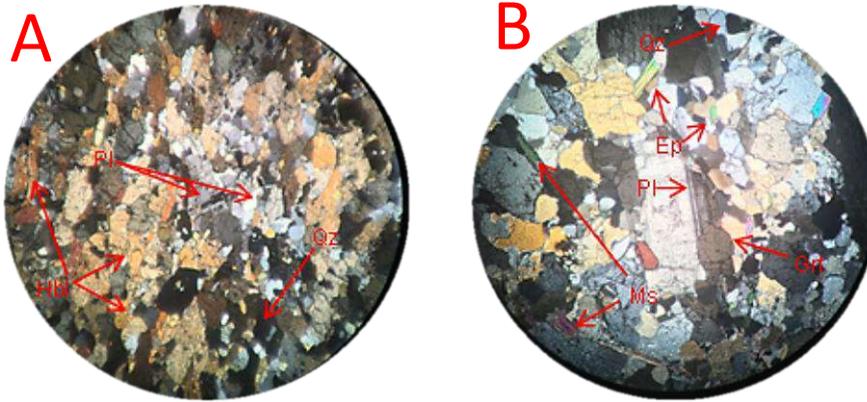
Para el análisis microscópico se realizó una lámina delgada a cada muestra, para poder determinar el porcentaje de minerales y textura microscópica de cada una (fotografía 6), siendo la fotografía 6 A de la unidad de Anfibolita analizada al microscopio con luz XPL. Y la fotografía 6 B de la unidad de Gneis Feldespato-Cuarzo analizada al microscopio con luz XPL. Qz=cuarzo, Hbl=hornblenda, Pl=plagioclasas, Ep=epidota, Grt=granate. Los resultados obtenidos se detallan en la tabla 2.

**TABLA 2
PORCENTAJE DE MINERALES DE LA UNIDAD DE
GNEIS FELDESPATO-CUARZO Y ANFIBOLITA**

Muestra	Textura	Componentes Mayores	%	Componentes menores	%	Accesorios	%	Opacos
Anfibolita	Granoblástica	Hornblenda (Hbl)	50	Biotita (Bi)	4	Cuarzo (Qz)	2	1
		Plagioclasas (Pl)	40	Epidota (Ep)	3			
Gneis Fsp-Qz	Granoblástica	Cuarzo (Qz)	45	Moscovita (Ms)	10	Granate (Grt) Epidota (Ep) Calcita (Cal)	2 1 1	
		Plagioclasas (Pl)	20	Hornblenda (Hbl)	6			
		Feldespato (Fsp)	15					

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

FOTOGRAFÍA 6 LÁMINA DELGADA LA UNIDAD DE GNEIS FELDESPATO- CUARZO Y ANFIBOLITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.3 Unidad de Gneis Feldespático Moscovita y Anfibolita (Pg_fma)

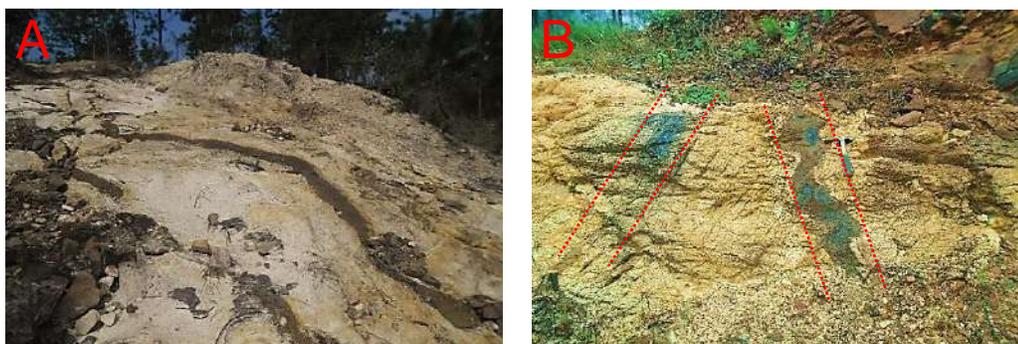
Esta unidad se localiza en el extremo *NE* del área de estudio (ver mapa geológico), cubre una extensión aproximada de un 6%. Su mejor exposición se observa a un costado y sobre la carretera privada de la finca Cimarrón, la unidad se extiende entre los bosques de coníferas dentro de la anterior finca en mención como también dentro de la finca los Paxtes (fotografía 7).

La unidad se desarrolla entre las cotas 1 100 m s.n.m y 1 340 m s.n.m donde geomorfológicamente se ubica la cresta y ladera alta. Los contactos litológicos son de tipo concordante gradual, siendo el contacto inferior relativo con la unidad de Gneis Feldespático (Pg_f) y el superior relativo con la unidad de Gneis Qz-Fsp Moscovita (Pg_cfm) ya que el buzamiento de la foliación S1 es hacia el sur.

En afloramiento la unidad presenta de color blanco muy brillante, debido a la alta cantidad de moscovita que contiene. Además se observa una intercalación entre bandas de color verde olivo, que corresponden a Anfibolita. Estas bandas se presentan de dos maneras distintas, una paralela a la foliación y otra perpendicular a la misma las cuales reflejan dos eventos distintos de deformación del protolito original. El espesor de las bandas es variable, están comprendidas entre 2 cm hasta 1 m.

La meteorización es moderada de grado III, dentro de esta unidad se localizaron estructuras como pliegues, grietas de tensión, *boudines* y foliación S1 y foliación de plano axial. En la fotografía 7 A se observa un afloramiento en la carretera del cerro Cimarrón coordenadas UTM 15P 783380 1650932 y en la fotografía 7 B Bandas paralelas y perpendiculares de anfibolita con respecto a la foliación tomada en las coordenadas UTM 15P 788302 1650981.

FOTOGRAFÍA 7 AFLORAMIENTO GNEIS FELDESPÁTICO MOSCOVITA Y BANDAS DE ANFIBOLITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Macroscópicamente en muestra de mano la unidad de Gneis Feldespático Moscovita y Anfibolita (Pgfma), muestra un color blanco mate con granos de tamaño medio y textura foliada, donde se observaron los siguientes minerales: feldespato, moscovita y cuarzo, como minerales esenciales (fotografía 8 A).

En muestra de mano las bandas de Anfibolita tiene un color verde olivo, con presencia de fragmentos brillantes de moscovita, el tamaño de grano es fino. En el análisis con lupa fue posible identificar los principales minerales siendo estos: hornblenda, epidota y feldespatos; como minerales accesorios se observó la presencia de pequeñas láminas de micas (Moscovita) y granates $\leq 1\text{mm}$ (Fotografía 8 B). Entre los dos tipos de anfibolita no se distingue mayor cambio mineralógico, únicamente un cambio porcentual entre los minerales accesorios.

La fotografía 8 A corresponde a Gneis Feldespático obtenido de la coordenada UTM 15P 783380 1650932. La fotografía 8 B corresponde a Anfibolita obtenida en las coordenadas UTM 15P 783380 1650932.

Se recolectaron muestras para el análisis microscópico del laboratorio, consistiendo en descripción mineralógica, porcentaje de minerales y textura microscópica, que se detallan en la tabla 3.

TABLA 3
PORCENTAJE DE MINERALES DE LA UNIDAD DE GNEIS
FELDESPÁTICO CON MOSCOVITA Y ANFIBOLITA

Muestra	Textura	Componentes Mayores	%	Componentes Menores	%	Accesorios	%
Anfibolita	<u>Granoblástica</u>	Hornblenda (Hbl)	45	Granate (Grt) Epidota (Ep)	5	Cuarzo (Qz) Piroxenos (Px) Moscovita (Ms)	4
		Plagioclasas (Albita), Pl	35		5		3
Gneis Feldespático con Moscovita	<u>Granoblástica</u>	Feldespato (Fsp)	65	Cuarzo (Qz)	20	Moscovita (Ms)	15

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

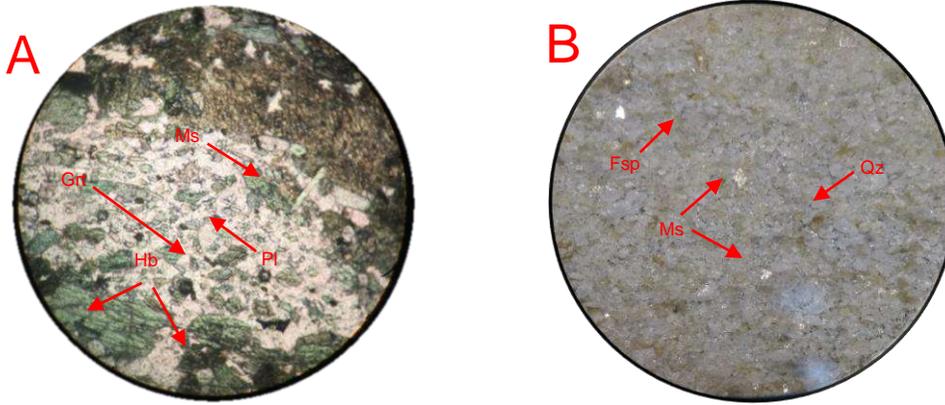
FOTOGRAFÍA 8
MUESTRAS DE MANO DE LA UNIDAD DE GNEIS
FELDESPÁTICO MOSCOVITA Y ANFIBOLITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

La fotografía 9 A corresponde a la lámina delgada de Anfibolita analizada al microscopio en luz PPL donde se observan los minerales principales. La fotografía 9 B corresponde al análisis estereoscópico de la unidad de Gneis Feldespático con Moscovita tomada con un aumento de 10 X. (Qz=cuarzo, Pl=plagioclasas, Hbl=hornblenda. Ms=moscovita, Fsp=feldespato).

FOTOGRAFÍA 9 LÁMINA DELGADA DE ANFIBOLITA Y ANÁLISIS ESTEREOSCÓPICO DE GNEIS FELDESPÁTICO



Tomada por: Carlos Ventura, 2 015.

4.1.4 Unidad de Gneis de Cuarzo-Feldespato Moscovita (Pgcfm)

Esta unidad se presenta al norte del área extendiéndose en dirección *EW*, donde abarca aproximadamente 2.5 kilómetros cuadrados, que representa un 20% del total del área (ver mapa geológico). Las mejores exposiciones en un 60% se encuentran localizadas dentro de la finca El Cimarrón, otros afloramientos tienen exposición en la finca Los Paxtes (20%) y en las partes más altas del caserío El Capulín y el caserío El Zapotillo (20%) (Fotografía 10).

La unidad se desarrolla entre las cotas 900 m s.n.m y 1 100 m s.n.m, donde geomorfológicamente se encuentra ubicada la ladera alta, ladera baja y la montaña baja. Esta unidad presenta dos contactos inferiores relativos de tipo concordante gradual, al Norte con la unidad de Gneis Fsp-Qz Anfibolita (Pgfc) y al *NE* con la unidad de Gneis Fsp-Ms Anfibolita (Pgfma), el contacto superior relativo es concordante con las unidad de Mármol (Mbm) en

dirección sur y con la unidad de Anfibolita Granatífera (ag) al SW la foliación S1 de las anteriores unidades buzcan en dirección Sur, además en la misma dirección SW presenta un contacto discordante con las unidades de Coluvión (Qcol) y Aluvión (Qal) respectivamente. En la parte SE tiene un contacto concordante inferido con la unidad de Serpentinita (Ks).

En afloramiento la unidad presenta un color blanco con incrustaciones plateadas muy brillantes, las cuales presentan un tamaño variable que va desde 1mm hasta 3 cm y corresponden a moscovita. Su textura es foliada con un tamaño de grano medio fino. El tipo de meteorización es moderada de grado III, entre las estructuras principales se puede mencionar la lineación mineral, foliación S1 y diaclasas. La mayor parte de los afloramientos son al nivel del suelo y se ven muy afectados por la erosión.

En la fotografía 10 A se observa una ladera conformada por la unidad (Pgcfm) en las coordenadas UTM 782983, 1649957. Fotografía 10 B muestra los planos de foliación en la unidad (Pgcfm) en las coordenadas UTM 15P 782201, 1649934.

FOTOGRAFÍA 10 AFLORAMIENTOS DE LA UNIDAD DE GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO MOSCOVITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

En muestra de mano se presenta con un color blanco grisáceo, la textura es foliada con tamaño de grano medio e intercalaciones de mica blanca (moscovita) la cual tiene un tamaño apreciable a simple vista. El contenido mineralógico principal es de cuarzo y feldespato, mayoritariamente con una cantidad considerable de moscovita (fotografía 11) obtenida en la coordenada UTM 15P 781752, 1650648.

FOTOGRAFÍA 11 MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE GNEIS CUARZO FELDESPATO Y MOSCOVITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Los resultados del análisis microscópico (porcentaje de minerales y textura) se presentan en la tabla 4.

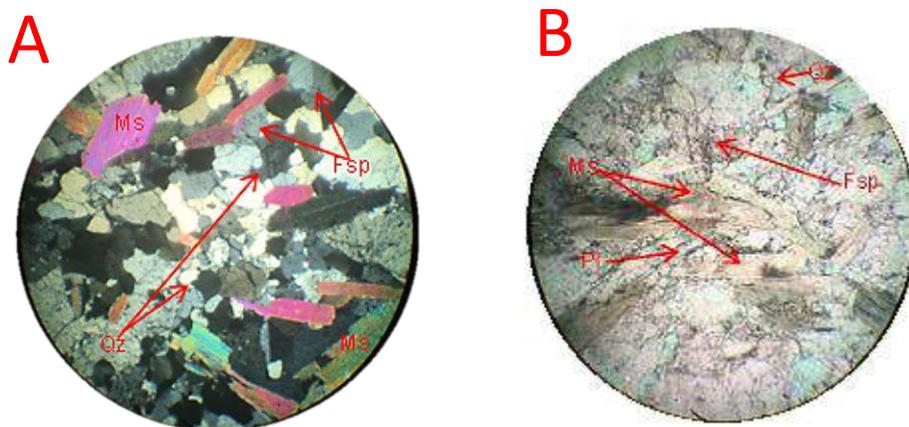
TABLA 4 PORCENTAJE DE MINERALES UNIDAD DE GNEIS DE CUARZO-FELDESPATO-MOSCOVITA

Muestra	Textura	Componentes Mayores	%	Componentes menores	%	Accesorios	%	Opac
Gneis Cuarzo Feldespato y Moscovita	Grano- lepidoblástica	Cuarzo (Qz)	45	Plagioclasas (Pl)	5	Calcita (Ca)	1	1
		Moscovita (Ms)	25					
		Feldespato (Fsp)	23					

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

La fotografía 12 A corresponde a la unidad Gneis Cuarzo-Feldespato y Moscovita analizada al microscopio con luz XPL. La fotografía 12 B corresponde a la unidad Gneis Cuarzo-Feldespato y Moscovita analizada al microscopio con luz XPL. Qz=cuarzo, Ms=moscovita, Fsp=feldespato, Pl=plagioclasas.

FOTOGRAFÍA 12 LÁMINA DELGADA DE LA UNIDAD GNEIS CUARZO-FELDESPATO MOSCOVITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.5 Unidad de Mármol (Mbm)

Esta unidad abarca aproximadamente 3 kilómetros de longitud y 70 metros de ancho, extendiéndose en dirección *WE* ocupando un 8%. Esta unidad se encuentra localizada en el centro del área de estudio y su mejor exposición se observa sobre la vereda que comunica la finca Los Paxtes con el caserío El Capulín (50%), otros afloramientos se encuentran en terrenos privados que se ubican en la parte media baja del Cerro Cimarrón (fotografía 13).

Las cotas en que desarrolla esta unidad van desde 900 m s.n.m a 1 100 m s.n.m, geomorfológicamente se encuentra

contenida entre la unidad de ladera baja. El contacto relativo inferior es de tipo gradual concordante con la unidad Gneis Qz-Fsp Moscovita (Pgcfm), mientras el contacto relativo superior en el extremo *NW* es de tipo concordante con la unidad Anfibolita Granatífera (ag) dichas unidades tienen una foliación S1 en dirección Sur, mientras en la parte central extendiéndose al *NE* el contacto es de tipo fallado inverso con la unidad Serpentinita (Ks) en dirección *NW* tiene contacto de manera discordante con las unidades de Coluvión (Qcol) y Aluvión (Qal) respectivamente.

En afloramiento esta unidad se manifiesta en forma de escalones que no superan los 2 m de altura, presentan un color que varía entre tonos de blanco hueso a blanco grisáceo, entre las estructuras que muestra se puede mencionar; lineación mineral, diaclasas y foliación. En la fotografía 13 se observa un afloramiento de Mármol tomada en las coordenadas UTM 15P 783096, 1649543.

FOTOGRAFÍA 13 AFLORAMIENTO LA UNIDAD DE MÁRMOL



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

En muestra de mano se observó de color blanco con marcas grises claras, su textura es granoblástica con grano de tamaño medio, mineralógicamente se puede distinguir la presencia de calcita y como accesorio moscovita y cuarzo extraída de la coordenada UTM 15P 783096, 1649543 (fotografía 14).

A las muestras recolectadas se les realizó una lámina delgada, de donde se pudo establecer el tipo de textura y porcentaje mineral, los resultados se detallan en la tabla 5.

FOTOGRAFÍA 14

MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE MÁRMOL



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

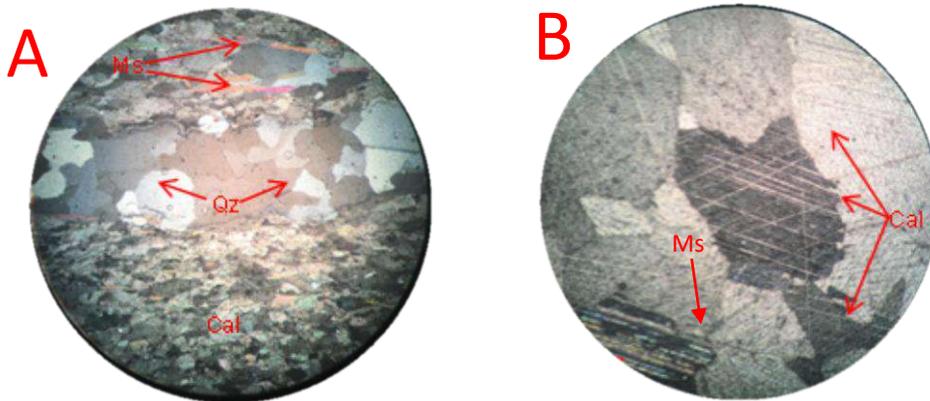
15 A fotografía de la unidad de Mármol obtenida en las coordenadas UTM 15P 781753, 1649960 y analizada al microscopio con luz XPL; 15 B fotografía de la unidad Mármol obtenida en las coordenadas UTM 15P 783734, 1649647 y analizada al microscopio en luz XPL. Cal = calcita; Ms = moscovita; Qz = cuarzo.

TABLA 5
PORCENTAJE DE MINERALES DE LA UNIDAD
DE MÁRMOL

Muestra	Textura	Componentes Mayores	%	Componentes Menores	%	accesorios	%
Mármol	<u>Granoblástica</u>	Calcita (Cal)	80	Moscovita (Ms)	15	Cuarzo (Qz)	5
Mármol	<u>Granoblástica</u>	Calcita (Cal)	98			Moscovita (Ms) Cuarzo (Qz)	1 1

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

FOTOGRAFÍA 15
LÁMINA DELGADA DE LA UNIDAD DE MÁRMOL



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.6 Unidad de Anfibolita Granatífera (ag)

Esta unidad aflora en un 10% del total del área, se localiza en la parte central *NW* y se extiende en dirección *SE* camino a la Aldea las Tintas, además otro fragmento aflora en dirección *SW* a inmediaciones de la aldea El Amate. La mejor exposición se observa en el caserío El Capulín, a un costado de la quebrada El

Zapotillo, en un afloramiento de aproximadamente 60 m de alto por 135 m de largo (ver fotografía 16).

Se desarrolla entre las cotas 800 m s.n.m y 1 000 m s.n.m donde esta unidad presenta un contacto relativo inferior de tipo concordante, con la unidad de Gneis Qz-Fsp Moscovita (Pgcfm) de igual tipo con la unidad de Mármol (Mbm) ambas unidades presentan una foliación S1 hacia el Sur, el contacto relativo superior es de tipo fallado con la unidad de Serpentinita (Ks) en dirección SW. La unidad de Aluvión (Qal) se presenta con un contacto discordante en dirección SW.

En afloramiento se observó como una roca masiva y densa de color verde olivo muy oscuro, con incrustaciones de color rojo óxido que sobresalen de la matriz como protuberancias. El tipo de meteorización es leve de grado II. Entre las estructuras que contiene la unidad se puede mencionar grietas de tensión, diaclasas, fallas y foliación.

Fotografía 16 A muestra un afloramiento de Anfibolita Granatífera, en el caserío el Capulín coordenadas UTM 15P 781740, 1649594. Fotografía 16 B se observan los planos de foliación de la unidad de Anfibolita Granatífera a un costado de la carretera que conduce a la Aldea Estancia Grande en las coordenadas UTM 15P 783301, 1648740.

FOTOGRAFÍA 16 AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA GRANATÍFERA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Macroscópicamente en muestra de mano, la unidad tiene una coloración verde olivo muy oscuro, su textura es granoblástica, el tamaño de grano es fino, mineralógicamente se pudo observar la presencia de hornblenda, plagioclasas como minerales esenciales y como minerales accesorios se observa granate de ± 1 cm a ≥ 5 mm y biotita (fotografía 17).

Fotografía 17 A muestra de mano de Anfibolita Granatífera extraída de las coordenadas UTM 15p 781740, 1649594. Fotografía 17 B muestra de mano de Anfibolita Granatífera extraída de las coordenadas UTM 15p 783450, 1648672.

FOTOGRAFÍA 17
MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA
GRANATÍFERA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Para el análisis microscópico en el laboratorio se recolectaron varias muestras, para descripción mineralógica, porcentaje de minerales y textura microscópica, que se detallan en la tabla 6.

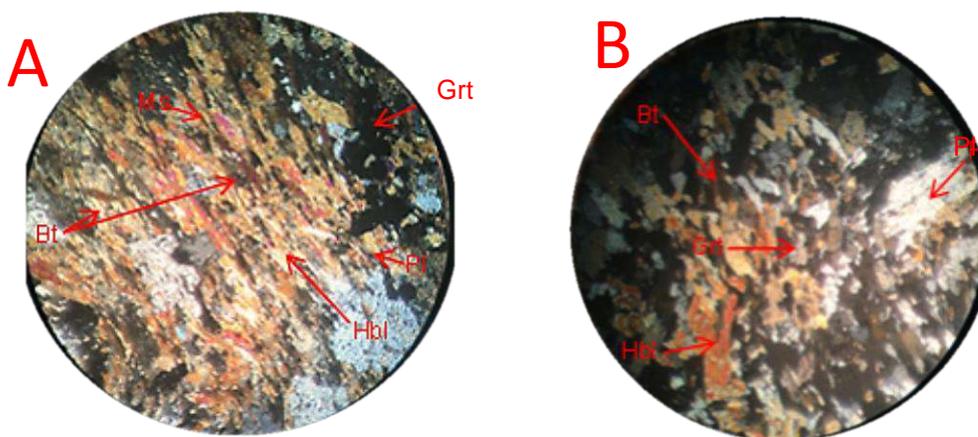
TABLA 6
PORCENTAJE DE MINERALES DE LA UNIDAD
DE ANFIBOLITA GRANATÍFERA

Muestra	Textura	Componentes mayores	%	Componentes Menores	%	Accesorios	%	Opacos
Anfibolita Granatífera	Granolepidoblástica	Hornblenda (Hbl) Plagioclasas (Pl)	45 35	Granates (Grt)	10	Biotita (Bi) Epidota (Ep)	5 5	—
Anfibolita Granatífera	Granoblástica Equigranular	Hornblenda (Hbl) Plagioclasas (Pl)	50 28	Granates (Grt)	14	Piroxenos (Px) Biotita (Bi)	5 2	1

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

Fotografía 18 A unidad de Anfibolita Granatífera extraída de las coordenadas UTM 15P 781740, 1649594. Fotografía 18 B unidad de Anfibolita Granatífera extraída de las coordenadas UTM 15P 782305, 1649389 ambas analizadas al microscopio petrográfico. Ms=moscovita Grt = granate, Hbl = hornblenda, Pl = plagioclasas.

FOTOGRAFÍA 18
LÁMINA DELGADA DE LA UNIDAD DE
ANFIBOLITA GRANATÍFERA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.7 Unidad de Serpentinita (Sp)

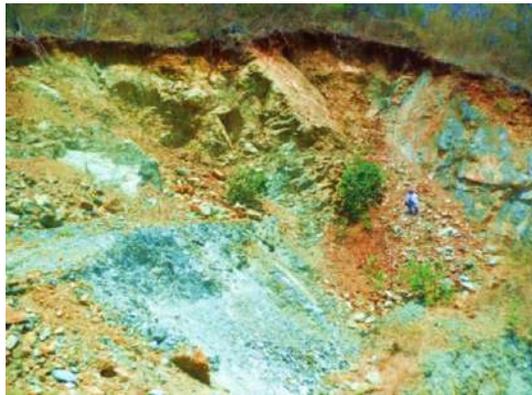
Es la unidad más grande del área de estudio cubre un 38% de la misma, se localiza en la parte central y se extiende tanto al *SW* como al *SE*, donde abarca aproximadamente 3.8 km² (ver mapa geológico). La mejor exposición se encuentra en el trayecto de la carretera que comunica al caserío El Capulín con la aldea Estancia Grande, específicamente en el lugar conocido como “La Balastrea” (fotografía 19), se observan otras exposiciones a un costado de la carretera que comunica Estancia Grande con la aldea El Amate.

Las cotas donde se desarrolla esta unidad están comprendidas entre 720 m s.n.m y 1 100 m s.n.m, donde geomorfológicamente se desarrolla la unidad de Montaña Baja, Ladera Baja y Planicie. Mantiene un contacto relativo inferior de tipo fallado inverso con la unidad de mármol, en dirección *SW* igualmente mantiene un contacto del mismo tipo con la unidad de Anfibolita Granatífera (ag). Por aparte en el área central y en dirección *SE* el tipo de contacto relativo es inferido con las unidades de Anfibolita granatífera (ag) y Gneis Qz-Fsp Moscovita (Pgcfm), en la parte *SW* el contacto relativo es inferido con la unidad de Anfibolita Granatífera (ag) el contacto relativo superior no fue posible establecerlo.

En afloramiento la unidad presenta un color verde claro con un brillo sedoso, la constitución de la roca presenta planos de foliación apizarrada lo cual la hace muy frágil, el tipo de meteorización es leve de grado II. Las estructuras encontradas en la unidad son; fallas, diaclasa, foliaciones, *King Band*, pliegues y crenulaciones.

En la fotografía 19 A se muestra la cantera de Serpentinita observada en las coordenadas UTM 15P 781972, 1649014 mientras en la fotografía 19 B se observa afloramiento de Serpentinita a un costado de la carretera que conduce al caserío El Capulín ubicado en las coordenadas UTM 15P 782484, 1648539.

FOTOGRAFÍA 19 AFLORAMIENTOS DE LA UNIDAD DE SERPENTINITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

En muestra de mano presenta un color verde claro sedoso, su textura es pizarrosa, el tamaño de grano es fino, mineralógicamente se puede observar alto contenido de serpentina y en menor porcentaje olivinos y piroxenos, como mineral accesorio se encuentra el talco como producto de la alteración de la serpentina (fotografía 20). La Muestra de mano de la unidad de Serpentinita fue obtenida en la coordenada UTM 15P 781972, 1649014.

FOTOGRAFÍA 20 MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE SERPENTINITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.8 Unidad de Coluvión (Qcol)

En el área de estudio se identificaron dos coluviones que abarcan aproximadamente un 3% del total de área, uno de estos se encuentra localizado en la parte media alta del cerro Cimarrón, continuo a la quebrada del mismo nombre, y consiste en fragmentos de tamaño variado que van desde gravas hasta bloques de diámetro métrico de rocas de la unidad de Gneis Fsp-Qz y Anfibolita dentro de una matriz de suelo. Este ocupa una extensión espacial aproximada de 375 m² y se localiza en las coordenadas UTM 15P 1650552 780057 (fotografía 21).

El segundo coluvión se presenta en dirección *W* del área, este está formado por fragmentos de Gneis Qz-Fsp y Moscovita de entre 0,30 m a 1.0 m de diámetro, cubre un área de aproximadamente 120 m². Cuyo origen podría ser un movimiento de ladera de gran magnitud.

FOTOGRAFÍA 21 COLUVIÓN DE BLOQUES DE GNEIS FELDESPÁTICO Y CUARZO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.1.9 Unidad de Aluvión (Qal)

Esta unidad no consolidada es la más reciente y pertenece al período cuaternario. Se encuentra localizada a lo largo de la quebrada El Zapotillo que desemboca al río Agua Caliente.

En promedio abarca el 2% del área total, consta de material detrítico con una granulometría variada comprendida en arena, grava, arcilla y limo su composición es de gneis feldespático, gneis cuarzo feldespático, anfíbolita, mármol y serpentina.

4.2 Geología Estructural

En este apartado se describen los distintos rasgos estructurales que se midieron en los alrededores de la aldea Estancia Grande, los cuales incluye: fallas, diaclasas, grietas de tensión, lineación mineral, pliegues, y foliaciones.

4.2.1 Estructuras de Dominio Frágil

Son el tipo de estructuras resultantes, que se dan cuando el macizo rocoso es sometido a esfuerzos y este reacciona fracturándose bruscamente. Cuando en el estudio de las rocas se hace referencia a la deformación frágil, se apunta a la fracturación de los materiales en forma de diaclasas o fallas.

a. Diaclasas

Es un plano de fractura a favor del cual no se produce desplazamiento de los bloques que quedan a ambos lados de esta. Las diversas unidades litológicas aflorantes en los alrededores de la aldea Estancia Grande, se encuentran altamente fracturadas (fotografía 22), el origen de las mismas se debe al resultado del comportamiento frágil de las rocas.

Para determinar la dirección preferencial de las familias de diaclasas, se realizó el diagrama de rosas (figura 5), por medio del cual se identificaron seis familias principales.

Seis importantes patrones son los más dominantes y presentan el siguiente promedio de orientación: 1A) N038, 1B) N008, 1C) N082, 2A) N340, 2B) N315, 2C) N285.

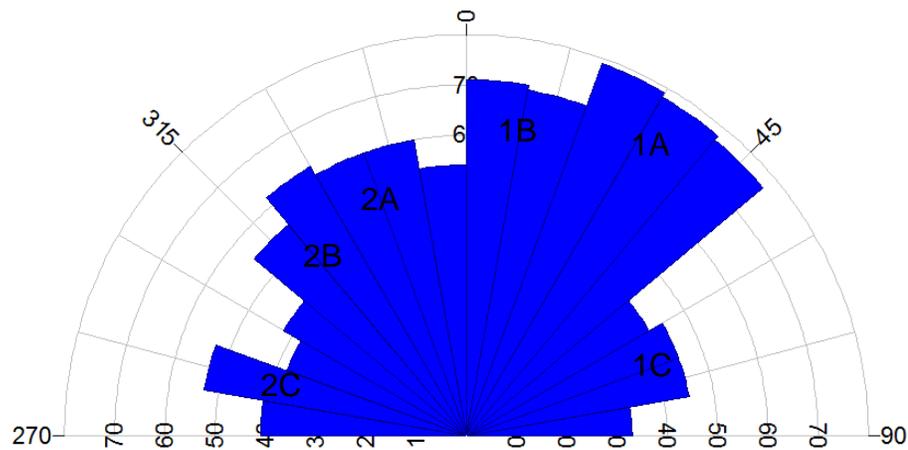
La fotografía 22 muestra el patrón de fracturamiento en la unidad de Gneis Feldespato-Cuarzo y Anfibolita observado en las coordenadas UTM 15P 782838, 1650397.

FOTOGRAFÍA 22 PATRÓN DE FRACTURAMIENTO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

FIGURA 5 DIAGRAMA DE ROSA MOSTRANDO LOS RUMBOS DE LAS DIACLASAS



Fuente: Investigación de campo, 2 015.

b. Grietas de Tensión

Grieta que se forma debido a las fuerzas tensionales que actúan durante la deformación. Normalmente se rellena de cuarzo y rara vez de otros minerales.

Estas estructuras fueron identificadas en campo, principalmente en la unidad de Anfibolita Granatífera ubicada en las coordenadas UTM 15P 782464; 1649415 (fotografía 23).

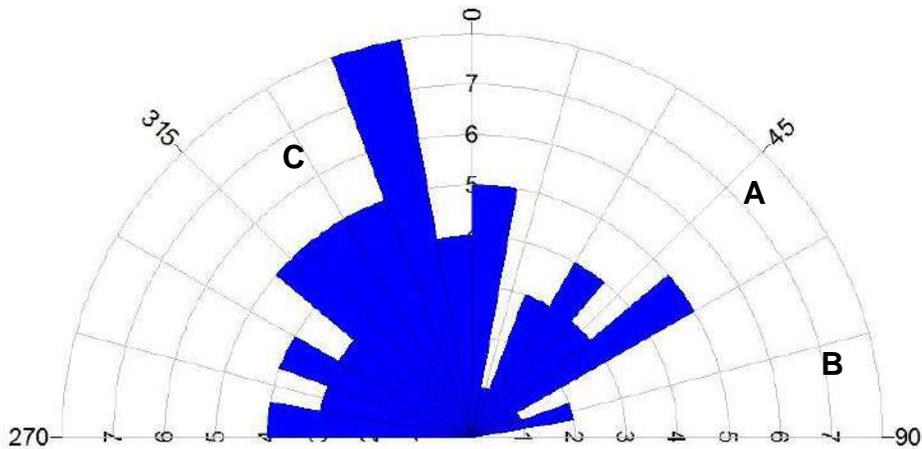
FOTOGRAFÍA 23 GRIETAS DE TENSION



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Para tener una idea más clara de la distribución de los planos y poder determinar la orientación preferencial, se realizó un diagrama de rosas con los datos recolectados en campo (figura 6), lo que demuestra tres familias de grietas, con el siguiente promedio de orientación: A) N048, B) N085, C) N320W.

FIGURA 6
DIAGRAMA DE ROSA
REPRESENTANDO LAS GRIETAS DE TENSION



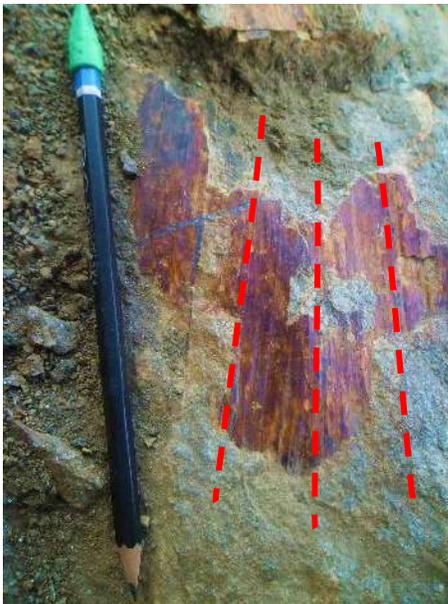
Fuente: Investigación de campo, 2 015.

c. Fallas

Son fracturas en la corteza a lo largo de las cuales ha tenido lugar un desplazamiento apreciable. En los alrededores del área de estudio se identificaron varias fallas de distinto tipo, las cuales se detallan a continuación.

La cinemática de las fallas se caracteriza por la presencia de estrías y escalones que evidenciaban el movimiento producido por los planos de debilidad. Plano de falla normal con estrías como indicador de movimiento observado en las coordenadas UTM 15 P 783555; 1648716 (fotografía 24).

FOTOGRAFÍA 24 FALLA NORMAL CON ESTRÍAS COMO INDICADOR DE MOVIMIENTO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

1. Fallas Normales

El movimiento de este tipo de estructuras se debe a que el bloque techo desciende respecto al bloque piso. En algunos planos de fallas normales se logró identificar estrías y en otros se observó escalones en forma de gradas que evidencian el movimiento normal de la estructura.

En la tabla 7 se muestran los datos de fallas normales identificadas, los cuales se encuentran en el sistema dirección de inclinación (*dip-dir*), se detalla además el indicador utilizado para determinar el movimiento y su ubicación en campo.

TABLA 7
DATOS DE FALLAS NORMALES

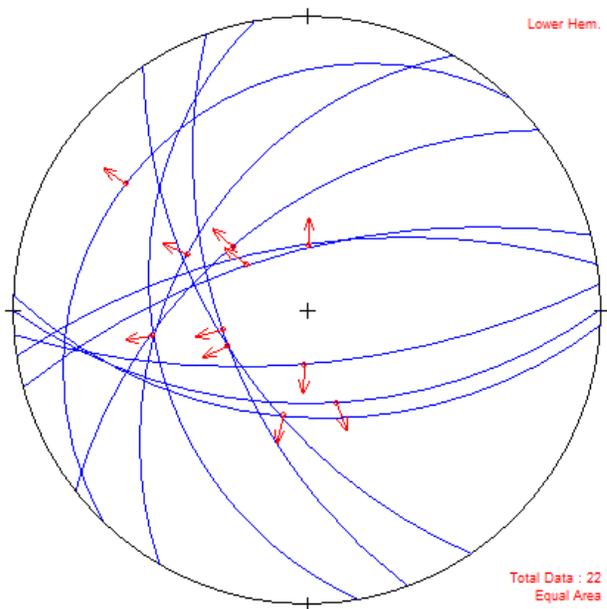
DIP	DIR	PITCH	INDICADOR	COORDENADAS
26	314	82 W	Estrías	783450; 1650712
53	300	87 W	Estrías	783794; 1650810
63	322	85 W	Estrías	782234; 1649408
73	345	77 W	Estrías	782568; 1650495
64	180	82 W	Estrías	783299; 1650847
60	183	85 W	Estrías	783202; 1649953
72	351	87 N	Estrías	783306; 1650624
75	175	88 S	Estrías	781989; 1648957
66	250	87 W	Escalones	781777; 1650617
46	260	89 W	Escalones	789464; 1650624
66	236	86 W	Escalones	783555; 1648716

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

Para determinar la orientación preferencial de rumbos de los planos de fallas normales se introdujeron los datos en una estéreo falsilla (figura 7), en donde únicamente se plotearon rumbos de falla a las que se le pudieron medir *pitch*.

En base al diagrama se determinó la media de todos los planos, dando como resultado tres orientaciones preferenciales en las direcciones A) 54/N320 *pitch* 83W, B) 69/N178 *pitch* 86 C) 67/N237 *pitch* 87.

FIGURA 7 ESTEREOGRAMA QUE MUESTRA LA ORIENTACIÓN DE LAS FALLAS NORMALES



Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

2. Fallas Inversas

El movimiento de este tipo de estructuras se debe a que el bloque techo asciende respecto al bloque piso. En los planos de fallas inversas se logró identificar estrías y escalones en forma de gradas, que evidencian el movimiento.

En la tabla 8 se muestran los datos de fallas inversas identificadas, los cuales se encuentran en el sistema de dirección de inclinación (*dip-dir*), se detalla el indicador utilizado para determinar el movimiento y su ubicación en campo.

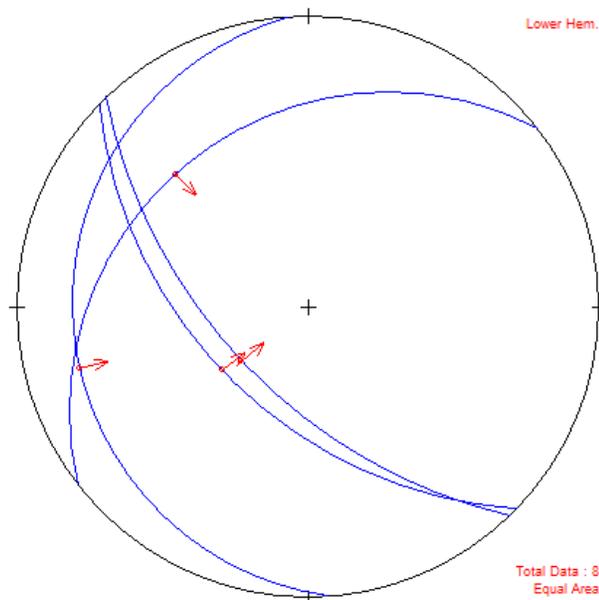
TABLA 8
DATOS DE FALLAS INVERSAS

DIP	DIR	PITCH	INDICADOR	COORDENADAS
66	226	88 W	Escalón	781779; 1649617
60	224	85 W	Escalón	782237; 1649194
20	086	80 E	Estrías	783358; 1649636
36	322	84 S	Estrías	784100; 1648296

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

Para determinar la orientación preferencial de las fallas inversas se introdujeron los datos en un estereograma (figura 8). De acuerdo con la distribución de los planos las orientaciones para fallas inversas son: A) 63/235 *pitch* 86W, B) 20/176 *pitch* 80E, C) 63/322 *pitch* 84S

FIGURA 8
ESTEREOGRAMA QUE MUESTRA LA ORIENTACIÓN DE LAS FALLAS INVERSAS



Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

3. Fallas de Rumbo

Son planos de fractura con desplazamiento en la horizontal paralela a la dirección de la falla.

En los planos de estas fallas fue posible identificar pequeños pliegues de arrastre, así como la presencia de objetos rotados, los cuales confirman este tipo de movimiento.

En la tabla 9 se muestran los datos de fallas laterales, los cuales se encuentran en el sistema de dirección de inclinación (*dip-dir*), se detalla el indicador utilizado para determinar el movimiento y su ubicación en campo.

TABLA 9
DATOS DE FALLAS LATERALES

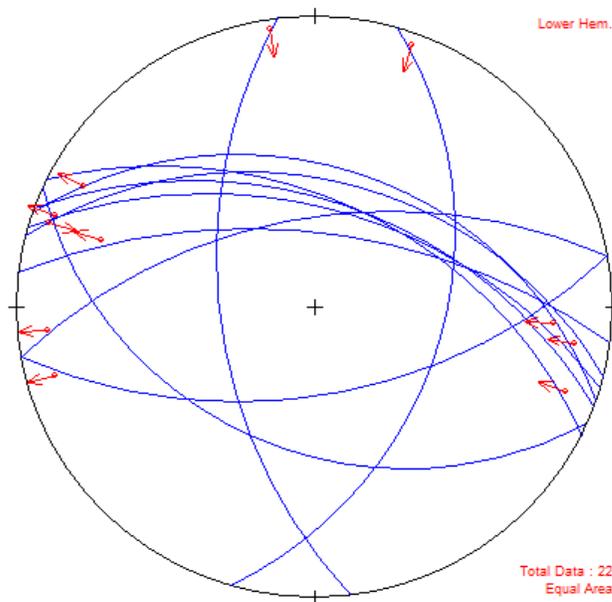
DIP	DIR	PITCH	TIPO	INDICADOR	COORDENADAS
65	180	12 W	Sinestral	Estrías	783844; 1650844
64	263	5 N	Sinestral	Escalón	783370; 1650869
59	197	16 W	Sinestral	Estrías	783351; 1650800
54	306	6 E	Dextral	Estrías	783379; 1650925
49	204	9 W	Dextral	Escalón	783354; 1650611
69	187	28 W	Sinestral	Estrías	782897; 1649968
54	194	10 W	Sinestral	Estrías	783770; 1650800
62	196	24 E	Sinestral	Estrías	783732; 1650787
50	319	17 E	Sinestral	Estrías	783562; 1649955
60	200	15 W	Sinestral	Estrías	783456; 1650014
60	306	14 E	Sinestral	Estrías	782781; 1649984

Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

Para determinar la orientación preferencial de las fallas laterales se introdujeron los datos en un estereograma (Figura 9).

De acuerdo con la distribución de los polos la orientación media de las fallas laterales son: 1A) 65/170 *pitch* 12W, 2A) 54/286 *pitch* 6E, 1B) 59/287 *pitch* 16W, 1C) 49/294 *pitch* 9W, 2C) 64/353 *pitch* 5N.

**FIGURA 9
ESTEREOGRAMA QUE MUESTRA
LA ORIENTACIÓN DE FALLAS LATERALES**



Fuente: Investigación de campo 2 015.

4.2.3 Estructuras del Dominio Dúctil

A continuación se describen las estructuras del dominio dúctil identificadas en los alrededores de la Aldea Estancia Grande.

a. Foliación (S1)

Es una estructura geológica que se da cuando los minerales adquieren una forma laminar, cuando se ven sometidos a grandes presiones. La foliación desarrollada en las rocas que afloran en el área de estudio en su mayoría pertenece a la foliación S1 en algunas unidades se presenta también la foliación S2. En la fotografía 25 se evidencia la foliación S1 buzando al sur en unidad de Gneis Cuarzo Feldespático a inmediaciones del caserío el Capulín en las coordenadas UTM 15P 781753; 1650090

FOTOGRAFÍA 25 FOLIACIÓN S1

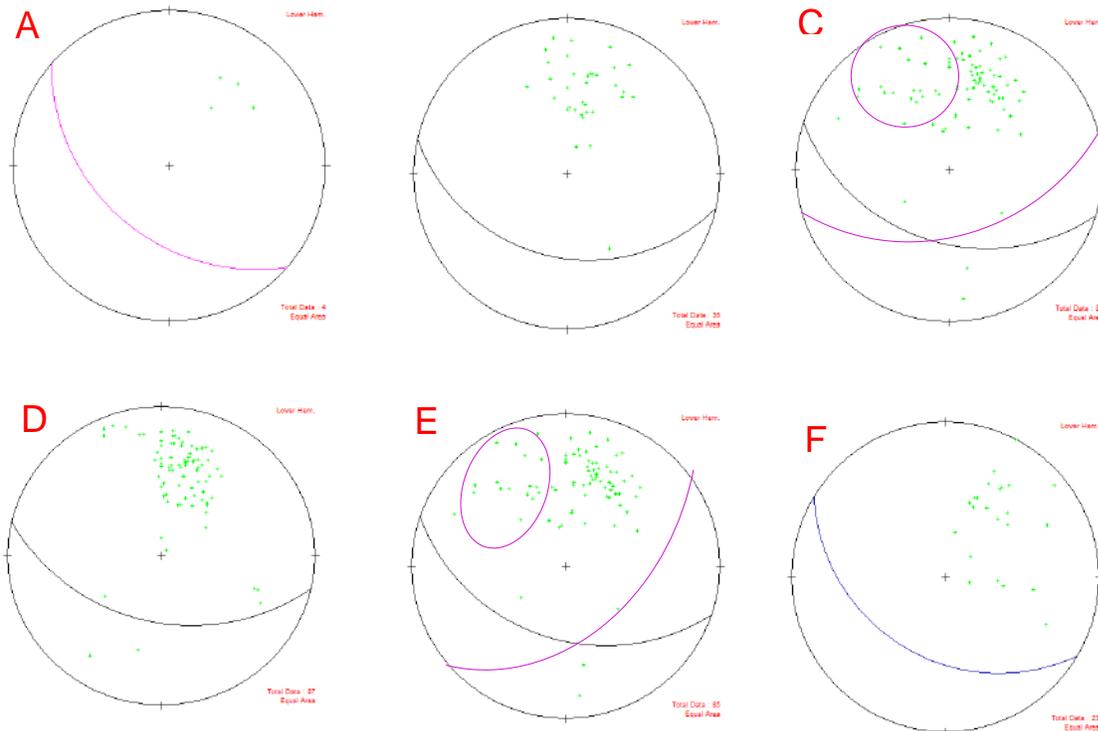


Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Se presentan las estéreos falsillas (figura 10), de las foliaciones obtenidas para las distintas unidades identificadas. La unidad Gneis Feldespático presenta una media de 51/N220 (figura 10 A), mientras que el Gneis feldespático con moscovita y anfibolita con una orientación preferencial de 48/N184 (figura 10 B).

El Gneis Feldespato-Cuarzo y Anfibolita tiene una orientación de foliación (S1) preferencialmente al 51/N197 y una foliación (S2) 55/N145 (figura No. 10 C), el Gneis Cuarzo-Feldespato-Moscovita presenta una media con dirección 53/N192 (figura 10 D), la unidad de Mármol presenta una orientación preferencial de Foliación (S1) hacia el 50/N198 con una foliación (S2) 60/N148 (figura 10 E), la Anfibolita Granatífera tiene un rumbo 47/N210 (figura 10 F). En la figura 10 se representa la segunda foliación (S2) con el color fucsia.

FIGURA 10
ESTEREOGRAMA DE POLOS DE PLANOS DE FOLIACIÓN S1 Y
S2 PARA LAS DIVERSAS UNIDADES AFLORANTÉS
DEL ÁREA



Fuente: investigación de campo, año 2 015.

a. Lineación Mineral

Característica lineal presente o visible penetrativa en un cuerpo rocoso, donde existe un alargamiento de los ejes más largos de los granos minerales.

La lineación de minerales corresponde a la orientación preferencial de los minerales planares (micas) y en feldespatos. Esta estructura principalmente está más desarrollada en la unidad de Gneis Feldespático, se observó en las coordenadas UTM 15P 783791; 1650950 (fotografía 26).

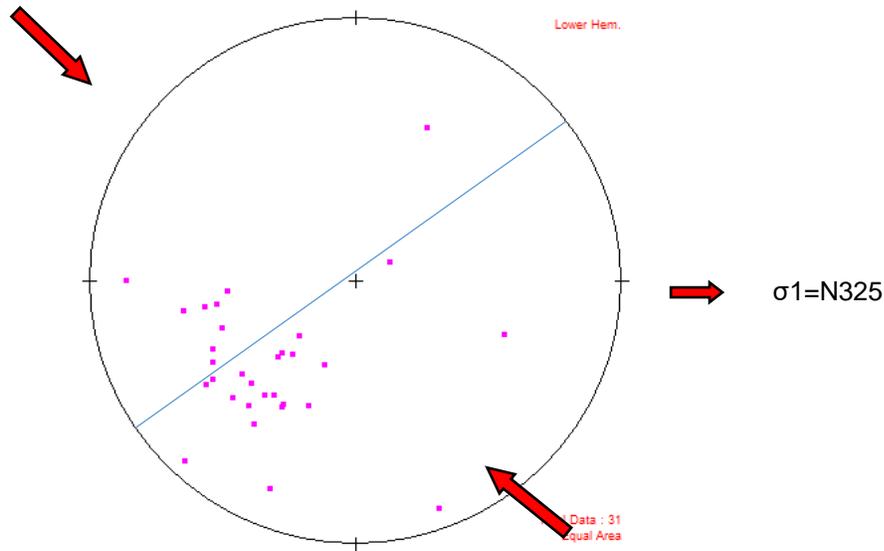
Según la media estadística obtenida de la estéreo falsilla, la dirección de la lineación mineral tiene una orientación N235 con el esfuerzo principal en dirección $\sigma_1=N325$ (figura 11).

FOTOGRAFÍA 26 LINEACIÓN MINERAL EN LA UNIDAD DE GNEIS FELDESPÁTICO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

**FIGURA 11
ESTEREOGRAMA QUE REPRESENTA
LA LINEACIÓN MINERAL**



Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

b. Planos axiales de pliegues

Plano que divide a una estructura geológica simétrica en dos partes iguales (a manera de espejo) y que contiene al eje o rumbo de la estructura.

Se observaron pliegues menores en las unidades de Gneis Feldespático con Moscovita y Anfibolita, Gneis Feldespato-Cuarzo y Anfibolita y en la Serpentinita. Los pliegues encontrados corresponden al tipo Anticlinal, y de tipo M. En la fotografía 27 se observa un pliegue anticlinal tumbado en la unidad de Serpentinita en las coordenadas UTM 15P 781969, 1648989. En color Rojo se indican los flancos y en Amarillo el plano axial.

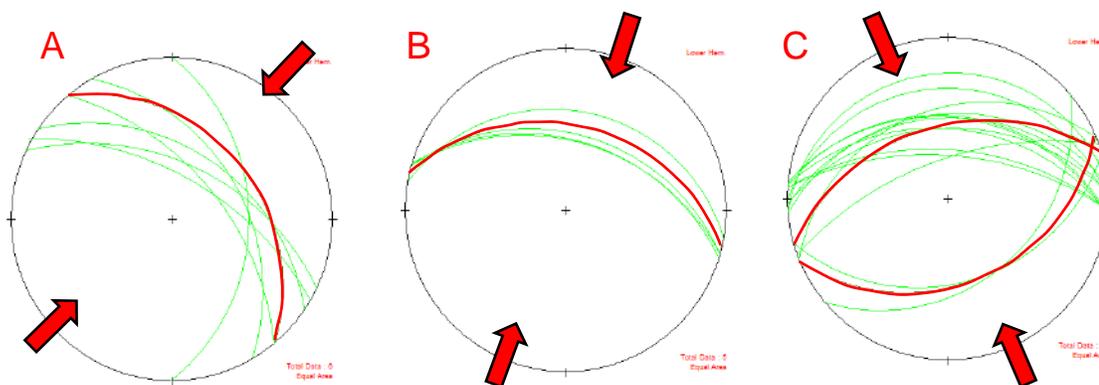
Los datos obtenidos se graficaron en estereogramas, los resultados se clasificaron y se analizaron. A través de las medias estadísticas se pudo obtener las siguientes orientaciones preferenciales: A=52/N130, B=48/N100, C=47/N164 y 50/N136 (figura 12).

FOTOGRAFÍA 27 PLIEGUE ANTICLINAL TUMBADO



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015

FIGURA 12 ESTEREOGRAMAS DE PLANOS AXIALES DE PLIEGUES



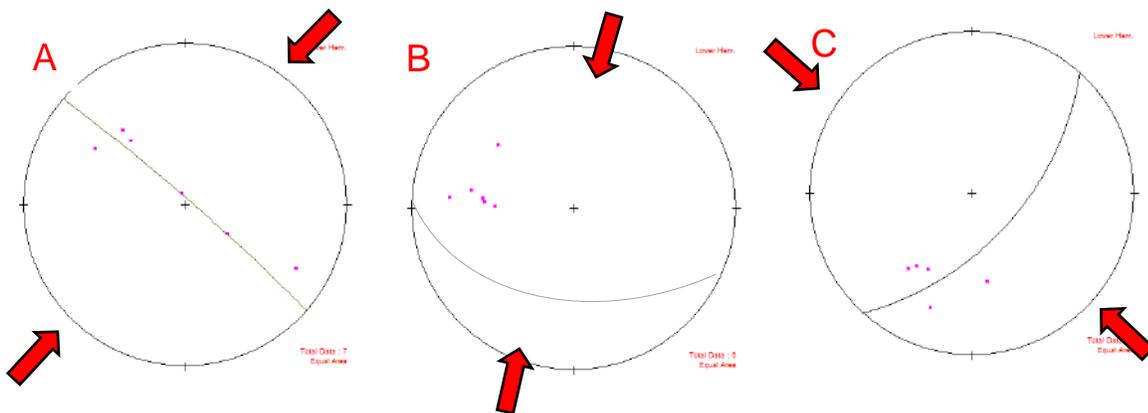
Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

c. Ejes de pliegue

Es la línea central que divide los flancos en un pliegue. Se considera que el eje pasa por la base, siendo paralelo a la charnela.

Los datos fueron clasificados y graficados en estereogramas, a los cuales fue posible calcular una media estadística para obtener la dirección preferencial de los mismos (figura 13), los resultados obtenidos son los siguientes: Orientaciones preferenciales de los ejes de pliegues A=88/N310, B=52/N274, C=60/N222 y la dirección del esfuerzo principal σ_{1A} =N040, σ_{1B} =N004 y σ_{1C} =N312.

FIGURA 13
ESTEREOGRAMAS DE LOS EJES DE PLIEGUE



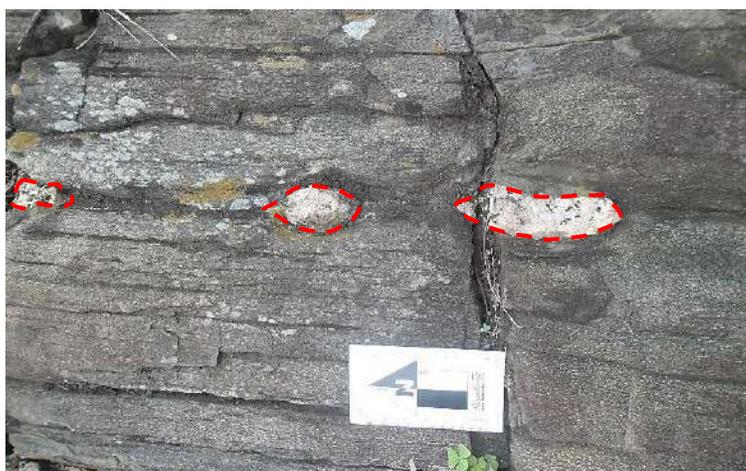
Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

d. *Boudines*

Son estructuras de roca deformada por tensiones tectónicas donde ciertas partes son plegadas y alargadas en forma elíptica.

Los *boudines* se identificaron en su mayoría como lentes de cuarzo, que se observaban dentro de los planos de foliación S1, se han desarrollado perfectamente en la unidad de Gneis Feldespático Cuarzo y Anfibolita ubicados específicamente en las coordenadas UTM 15p 782586, 1650514 (fotografía 28).

FOTOGRAFÍA 28 **BOUDINES DESARROLLADOS EN BANDAS DE ANFIBOLITA**

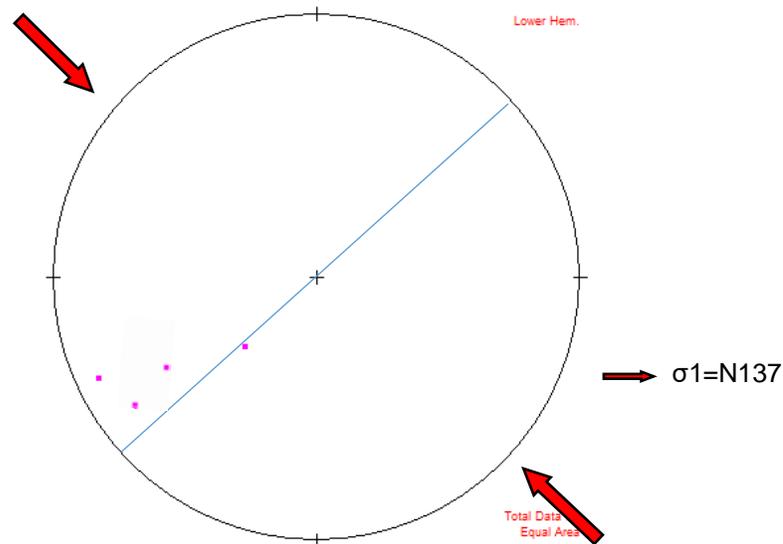


Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

Los ejes encontrados en las bandas de Anfibolita, dentro de la unidad de Gneis Feldespato-Cuarzo y Anfibolita, presentan una orientación de 59/N316. Los datos obtenidos se plotearon en un estereograma (figura 14), donde se obtuvo una orientación

preferencial promedio para los ejes, siendo esta N227 y su dirección de esfuerzo principal $\sigma_1=N137$.

FIGURA 14
ESTEREOGRAMA DE EJES DE *BOUDIN*



Fuente: Investigación de campo, año 2 015.

4.3 Geomorfología local

Para la delimitación de las unidades geomorfológicas se tomó en cuenta el mapa de relieve y pendientes, se complementó con el análisis de ortofotos y fotos estereoscópicas y la información recolectada en campo.

Para realizar la clasificación de las unidades geomorfológicas se utilizó como base el libro Geomorfología tomo I, Componente Biofísico Corporación SUNA HISCA, el cual describe una serie de unidades geomorfológicas y los aspectos a considerar para diferenciarlos.

Para la descripción de las unidades geomorfológicas y su respectivas subunidades, se elaboró el mapa de pendientes (figura 15),

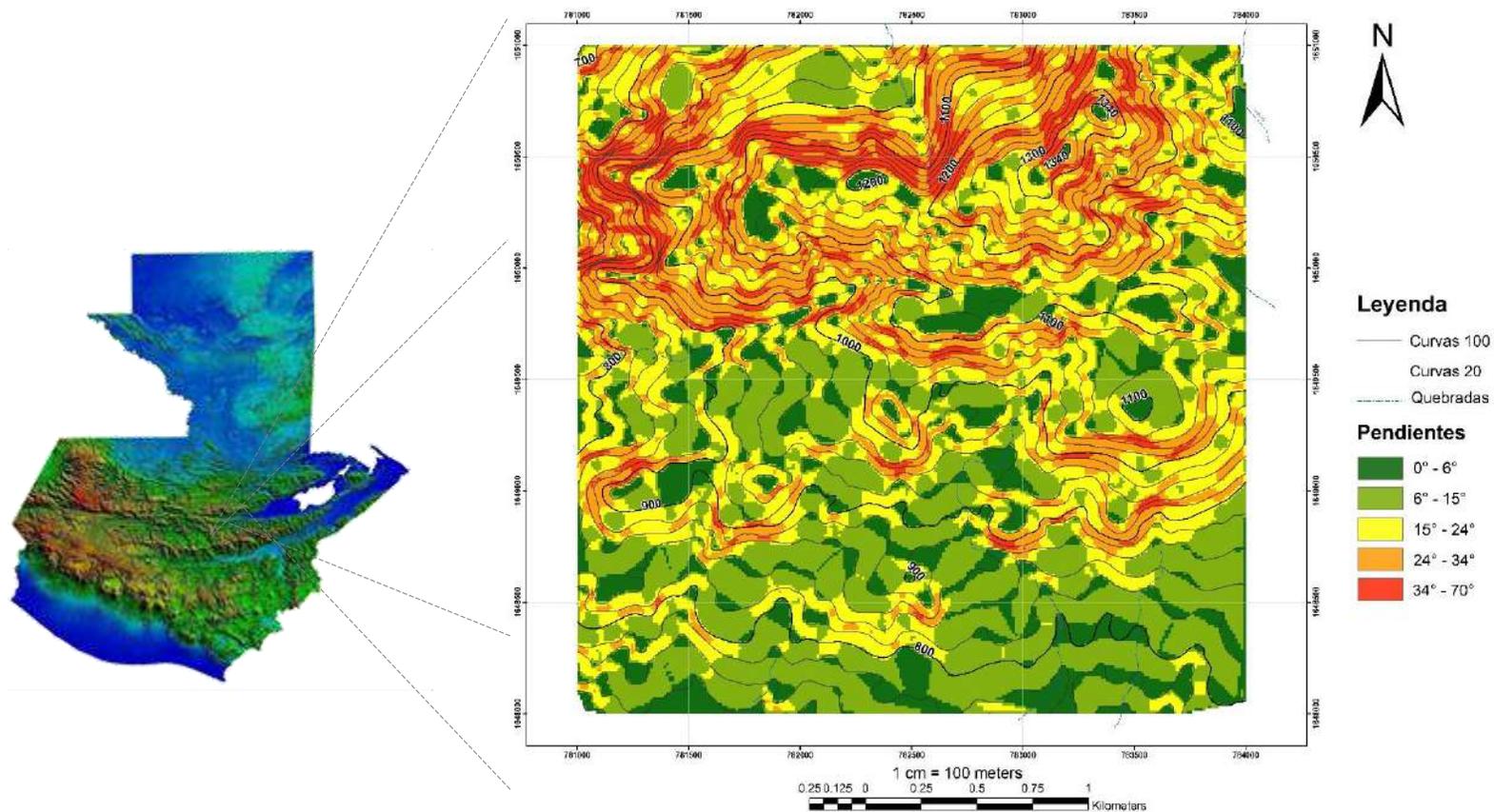
generado a partir de las curvas de nivel 100 y 20. El resultado del mapa de pendientes, se comparó con la tabla 10, que muestra la clasificación por rangos de las pendientes.

TABLA 10
RANGOS DE VALORES DE LAS PENDIENTES EN GRADOS
Y SU CLASIFICACIÓN

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

Fuente: Corporación SUNA HISCA. *Geomorfología, componente biofísico Tomo 1*. Disponible en http://oab2.ambientebogota.gov.co/apcafiles/57c59a889ca266ee6533c26f970cb14a/geomorfologia_parque_ecologico_distrital_montana_entrenubes.pdf. (25 de Octubre de 2 015).

FIGURA 15
MAPA DE PENDIENTES DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Mapa modificado de: Instituto Geográfico Nacional –IGN-. *Hoja topográfica El Chol* Guatemala, IGN. Escala 1:50,000 color. 1 984. Mapa de provincias extraído de: Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación (MAGA). Mapa Fisiográfico y Geomorfológico de la República de Guatemala, SIG MAGA. Guatemala 2 004.

De acuerdo a su origen, se clasificaron en dos unidades geomorfológicas: unidades de origen denudacional y unidades de origen agradacional.

4.3.1 Unidades de Origen Denudacional:

Se desarrollan por la acción de procesos exógenos (meteorización y erosión).

a. Sub unidad de Cresta (Ct)

Esta superficie se encuentra en la cima del Cerro Cimarrón, en la parte norte del área de estudio, se diferencian de las demás geoformas porque está delimita el drenaje de las microcuencas del área, es observada en las coordenadas UTM 15 P 783033, 1650393 (fotografía 29).

FOTOGRAFÍA 29 CRESTA O PARTE AGUAS (CT)



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

b. Sub unidad de Ladera alta (La)

Según la clasificación de las pendientes de la tabla 10; las laderas altas se incluyen entre los rangos de 24° a 70° estas son catalogadas como pendiente a extremadamente pendiente.

Estas geformas se pueden observar en la parte norte del Cerro Cimarrón, en el descenso a través de la carretera principal que comunica la aldea los Paxtes con la comunidad Estancia Grande, específicamente en las coordenadas UTM 15 P 782473, 1650484 (fotografía 30). En estas laderas se observan las unidades litológicas de Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita (Pgfc) como también Mármol (Mbm).

**FOTOGRAFÍA 30
LADERA ALTA (LA)**

Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

c. Sub unidad de Montaña Baja (Mb)

Son montículos aislados que presentan una pendiente media, sobresalen del resto del paisaje por su tamaño y forma, en esta unidad es común encontrar procesos erosivos y de remoción de masa de acuerdo a la pendiente y al tipo de roca, principalmente serpentinita.

Esta geoforma se puede observar en la comunidad Estancia Grande, específicamente a un costado del cruce que comunica a la aldea El Amate y caserío el Capulín específicamente en las coordenadas UTM 15P 782551, 1648526 (foto 31).

FOTOGRAFÍA 31 MONTAÑA BAJA (Mb)



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

d. Sub unidad Cuerpo Alóctono de Anfibolita (Ca)

Se trata de una geoforma especial ya que marca una gran notoriedad en el paisaje, pues se encuentra inmersa entre una topografía suave; se ubica en el caserío el Capulí en las coordenadas UTM 15 P 781731; 1649598, tiene una dimensión aproximada de 125 m de largo por 80 m de alto, está constituida por Anfibolita Granatífera (ag), entre otros rasgos geomorfológicos, en el extremo SW de esta estructura se evidencia un escarpe de aproximadamente 10 m (fotografía 32).

FOTOGRAFÍA 32 CUERPO ALÓCTONO DE ANFIBOLITA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

4.3.2 Unidades Agradacionales

Son las unidades resultantes a la acumulación de sedimentos, a continuación se describen estas sub unidades.

a. Sub unidad de Abanico Aluvial (Aa)

Es una geoforma resultante de la acumulación de sedimentos detríticos continua, ésta sedimentación da como resultado una forma de cono o abanico en una superficie plana o semi plana, en donde la velocidad de corriente es menor y la capacidad de transporte fluvial disminuye, aumentando así la sedimentación.

Ésta geoforma se puede observar claramente al *NE* del área, específicamente a un costado de la quebrada El Zapotillo en las coordenadas UTM 15P 782103; 1649907. Los materiales arrastrados para originar esta corresponden a Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita (Pgcfm) (fotografía 33).

FOTOGRAFÍA 33 ABANICO ALUVIAL



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

b. Sub unidad de Coluvión (Col)

Se trata de una masa incoherente de materiales sueltos y heterogéneos de suelo o fragmentos de roca, depositados por lavado de la lluvia, reptación o deslizamiento por gravedad, los cuales se depositan en la base de las laderas.

Ésta geoforma se puede observar claramente al Norte franco del área donde se desarrolla la Sub unidad de Ladera Alta, específicamente a un costado de la quebrada El Cimarrón en las coordenadas UTM 15 P 782310; 1650545. Los materiales arrastrados para originar esta sub unidad corresponden a bloques de diversas dimensiones de Gneis Feldespato Cuarzo y anfibolita (Pgfc_a) y Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita (Pgcf_m) (fotografía 34).

**FOTOGRAFÍA 34
COLUVIÓN**

Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

c. Sub unidad de Ladera Baja (Lb)

Según la clasificación de las pendientes de la tabla 10, las laderas bajas se incluyen entre los rangos de 6° a 15°, las cuales se clasifican como inclinada a pendiente moderada.

Estas geoformas se pueden observar en tres puntos del área de estudio, en la parte *NW*, *NE* y parte central en las coordenadas UTM 15P 782415; 1649349 (fotografía 35), siendo la geoforma que cubre mayor área (ver figura 16). La litología que forma esta estructura es diversa principalmente se trata de Anfibolita Granatífera y Serpentinita.

FOTOGRAFÍA 35 LADERA BAJA



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

d. Sub unidad de Planicie (Ple)

Se presentan en el rango de cotas desde 700 msnm a 900 msnm y poseen pendientes que van de 0° a 15°, la localización y ubicación se puede apreciar en el mapa de unidades geomorfológicas (figura 16).

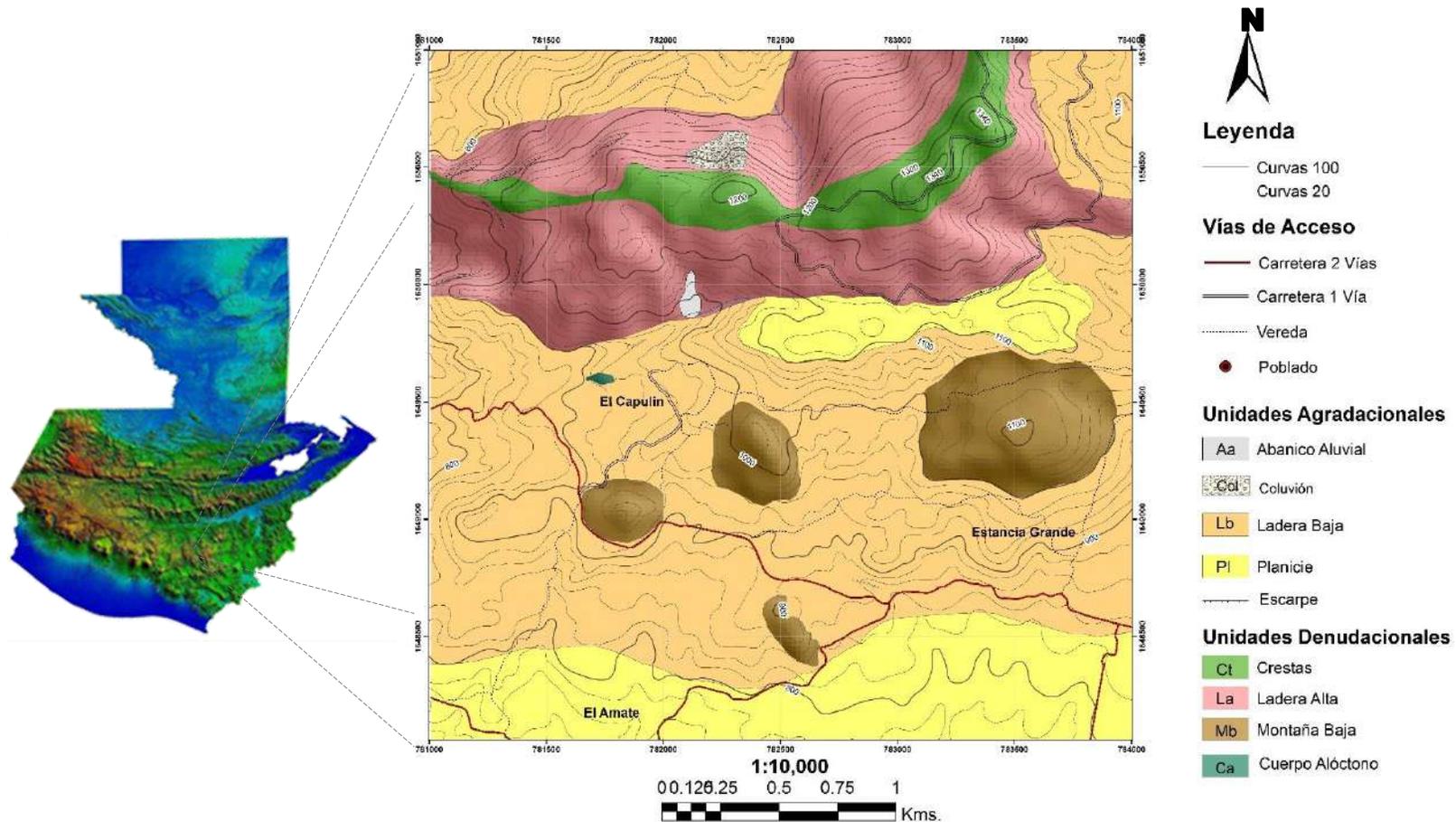
Esta geoforma se desarrolla principalmente en la unidad litológica de serpentinita, sus mejores exposiciones están en la aldea Estancia Grande en las coordenadas UTM 15P 783520, 1848299 (fotografía 36).

FOTOGRAFÍA 36 PLANICIE (Ple)



Tomada por: Carlos Ventura, año 2 015.

FIGURA 16
MAPA GEOMORFOLÓGICO DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Mapa modificado de: Instituto Geográfico Nacional –IGN-. *Hoja topográfica El Chol* Guatemala, IGN. Escala 1:50,000 color. 1 984. Y mapa de provincias extraído de: Ministerio de agricultura Ganadería y alimentación (MAGA). Mapa Fisiográfico y Geomorfológico de la República de Guatemala, SIG MAGA. Guatemala 2 004.

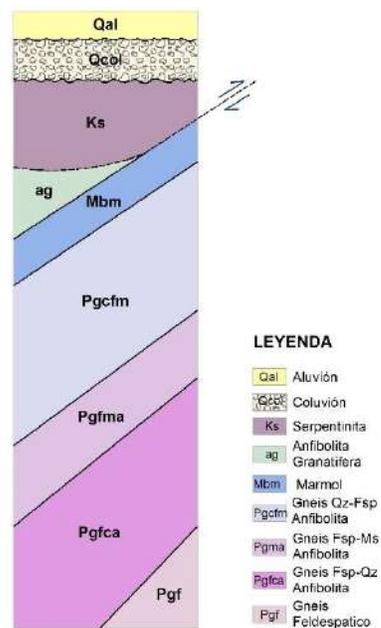
CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Litología

El área de investigación se encuentra jerarquizada en orden relativo de antigüedad por las siguientes unidades litológicas: Gneis Feldespático (Pgf), Gneis Feldespático Moscovita y Anfibolita (Pgfma), Gneis Feldespato Cuarzo y Anfibolita (Pgfca), Gneis Cuarzo Feldespato Moscovita (Pgcfm), Anfibolita Granatífera (ag), Serpentinita (Ks), Coluvión (Qcol) y Aluvión (Qal) como se muestra en la siguiente columna litodémica (figura 17).

FIGURA 17
COLUMNA LITODÉMICA LOCAL



Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

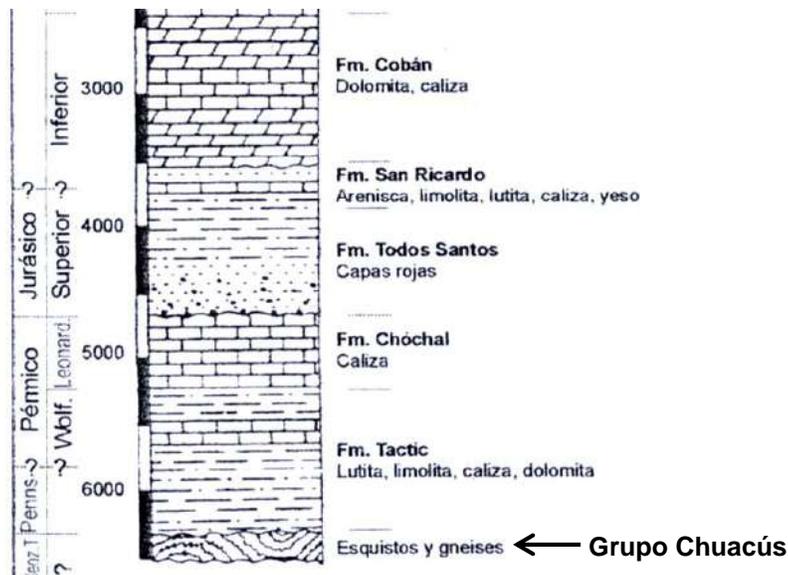
Debido a su localización geográfica que sitúa a las unidades al sur del Bloque Maya, pueden ser correlacionados regionalmente con el Complejo Chuacús.

Poseen características mineralógicas como la presencia de: cuarzo, feldespato, moscovita, biotita, plagioclasas y granate, que los vinculan con este grupo como lo describe *Günter van den Boom* (1972).

Los gneises presentan textura fina y granular a lo largo de toda su extensión, esto puede deberse a episodios deformacionales que han actuado en diferentes edades del tiempo geológico y con diferente intensidad. El origen de los mismos es sedimentario y su protolito puede tratarse de sedimentos pelíticos y areniscas.

Antecedentes más recientes como el trabajo realizado por Sergio D. Morán y colaboradores (2001) llamado "El mapeo geológico de superficie del cuadrángulo Granados escala 1:50 000", de acuerdo a sus características mineralógicas y relaciones de campo pueden corresponder con las unidades identificadas en este trabajo de investigación, ya que ellos proponen una secuencia concordante entre Gneises asociados con anfibolita y Esquistos. La edad que se le asigna a estas unidades esta entre el Paleozoico inferior o más antiguo (Morán et al, 2001).

FIGURA 18 SECCIÓN ESTRATIGRÁFICA QUE MUESTRA LA POSICIÓN DEL GRUPO CHUACÚS



Fuente: S M Millan, (Comp.) *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala. Norte y Centro.* (Guatemala: Usac/Cunor., 1 985, Traducción Libre Mauricio Chiquín Yoj), p 7.

La unidad litológica de Mármol (Mbm) de acuerdo a sus características físicas y texturales, como la relación que guarda entre el contacto inferior relativo con la unidad de Gneis Cuarzo Feldespato y Moscovita; de acuerdo a los antecedentes recientes, esta unidad también se propone que corresponde al grupo Chuacús, lo justifica la investigación realizada en el 2 001 por Sergio D. Morán y colaboradores, del cuadrángulo Granados donde ellos encuentran esta misma secuencia.

A su vez Machorro en 1 993 localiza un cuerpo de mármol al Oeste de Pachalum con las mismas características litológicas, lo cual sugiere que esta unidad puede ser parte de una franja del mármol continuo, orientado EW en la parte central de Guatemala llamado mármol Pucal, por Kesler y otros (1 970).

La unidad de Anfibolita Granatífera (ag), guarda una estrecha relación en campo con la unidad de mármol (Mbm), por lo cual podemos asumir que el protolito que dio origen a la anfibolita fue un sedimento margoso, como dice *Günter van den Boom* (1972).

Por aparte debido a su composición mineralógica y textural como a su ubicación espacial, se puede hacer referencia a la secuencia encontrada en la investigación hecha por Moran et al, 2001. Donde ellos describen una unidad con características similares a esta, que presenta alto contenido de granates y que tiene como contacto inferior la unidad de Mármol, esta unidad ellos le dan el nombre de Esquisto Granatífero. Posiblemente este cambio en el nombre se deba a la escala de mapeo. Por lo anteriormente mencionado, se concluye que la unidad de Anfibolita Granatífera (ag) pertenece al complejo Chuacús.

Unidad de Serpentinita (Ks) por las características texturales y mineralógicas que posee, así como por la ubicación geográfica que la sitúa muy próxima a la traza Motagua, se puede correlacionar con Grupo El Tambor, ya que mantiene una estrecha relación debido a que se extiende a lo largo del valle del Río Motagua, así también se encuentra como cuerpos esparcidos cabalgantes, tanto al Norte como al Sur del Río Motagua.

Mantiene un color verde claro, con brillo sedoso y textura fina, presenta una foliación apizarrada la cual no posee una orientación preferencial. Beccaluva, et al., 1994, describe estos cuerpos ofiolíticos como *boudines* entre estructuras subverticales, de la parte alta del valle del Motagua hacia el Oeste y los litotipos principales son peridotitas altamente serpentinizadas, gabros y anfibolitas, presentando tales anfibolitas una afinidad MORB (*mid oceanic ridge basins*). La edad del emplazamiento de las ofiolitas según Fourcade, et al., 1994, fue en el Maastrichtiano (Moran et al, 2001).

5.2 Análisis Estructural

A continuación se presentan las relaciones geométricas entre las distintas estructuras obtenidas en los alrededores de la aldea Estancia Grande primeramente se hace referencia a las estructuras que corresponden al dominio frágil, posteriormente se muestran los modelos esquematizados del dominio dúctil.

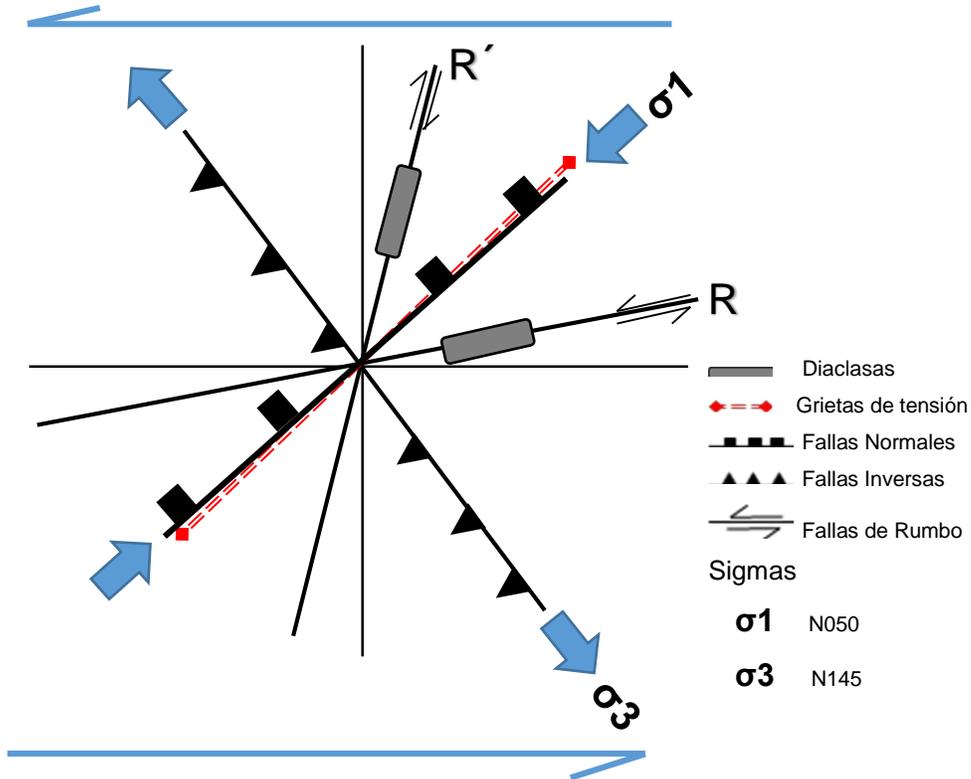
5.2.1 Dominio Frágil

A través de la clasificación y posterior representación gráfica de las diversas estructuras geológicas (fallas, grietas de tensión y diaclasas) observadas en la zona de estudio, se generaron tres modelos estructurales para el dominio frágil.

Para el modelo 1 se incluyó fallas de tipo Normal, con una orientación media de 54/N320 *Pitch* 83W y fallas inversas con *trend* de 63/N235 *Pitch* 86W, de rumbo sinestral a 65/170 *Pitch* 12W y de rumbo dextral a 54/N286 *Pitch* 06E. Grietas de tensión pertenecientes a la familia A con rumbo al N048 (figura 6) y las familias de diaclasas 1 B y 1 C (figura 5).

La geometría de dichas estructuras permitió construir el modelo estructural de la (figura 19), el cual presenta un $\sigma_1 = N050$ y un $\sigma_3 = N145$ que representa un comportamiento cinemático de tipo Sinestral.

FIGURA 19
MODELO ESTRUCTURAL 1
DEL DOMINIO FRÁGIL DE TIPO SINISTRAL



Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

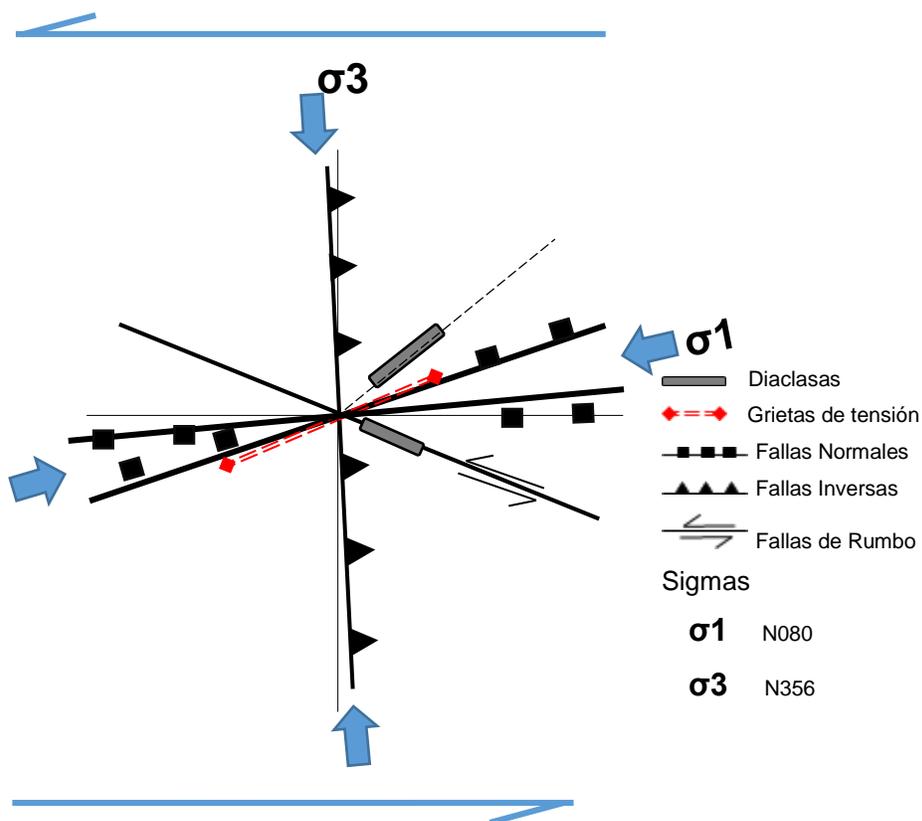
Las relaciones angulares entre la falla normal e inversa es de 95° , las grietas de tensión son casi paralelas a las fallas normales, su relación angular es de 2° , la falla de rumbo R' y las diaclasas de la familia 1 B guardan un ángulo de 51° con la falla inversa, mientras las fallas de rumbo R y las diaclasas de la familia 1 C guardan un ángulo con la falla normal de 32° .

El modelo 2 incluyo fallas de tipo normal con las orientaciones medias $66/N179$ *Pitch* $85W$ y $72/N351$ *Pitch* $87W$ e inversa con *trend* de $20/N086$ *Pitch* $80E$, de Rumbo Sinistral a $59/287$ *Pitch* $16W$,

grietas de Tensión pertenecientes a la familia B= N085 (figura 6) y las familias de diaclasas 2 B y 1 A (figura 5).

La geometría de dichas estructuras permitió construir el modelo estructural (figura 20), el cual presenta un sigma σ_1 = N080 y un σ_3 = N356 que presenta un comportamiento cinemático de tipo Sinistral.

FIGURA 20
MODELO ESTRUCTURAL 2
DEL DOMINIO FRÁGIL DE TIPO SINISTRAL



Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

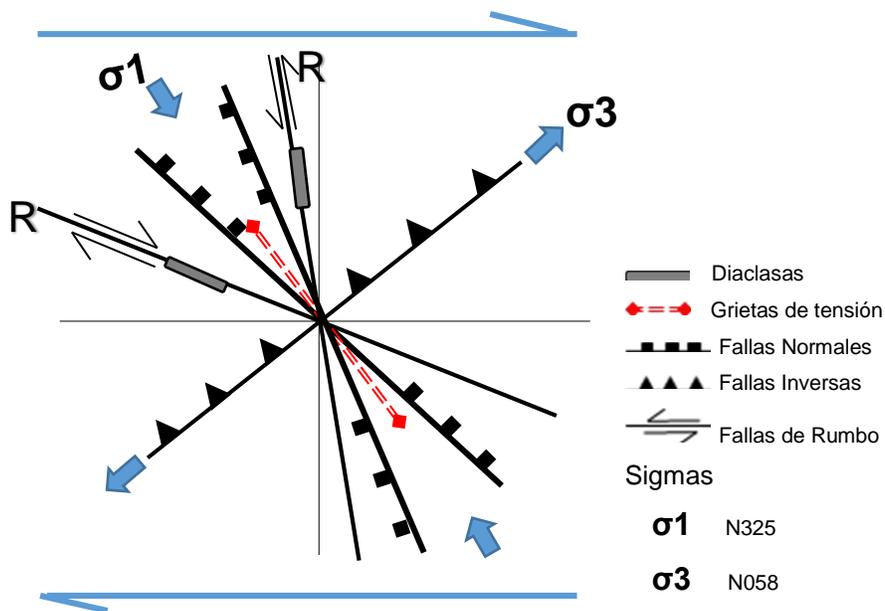
Las relaciones angulares entre las fallas normales e inversa es de 84° , las grietas de tensión respecto a la falla inversa tiene un

ángulo de 83° , la falla de rumbo y las diaclasas de la familia 2 B ambas paralelas guardan un ángulo de 28° con las fallas normales, la familia 1 A de diaclasas mantiene un ángulo de 51° con la falla inversa.

El modelo 3 contiene fallas de tipo normal con *trend* 60/N249 *Pitch* 87W y 74/N046 *Pitch* 88E e inversa con una media 63/N322 *Pitch* 84S, además fallas de rumbo sinestral a 64/353 *Pitch* 05N y rumbo dextral a 49/N294 9W. Grietas de Tensión pertenecientes a la familia C=N322, (figura 6) y las familias de diaclasas 2 A y 2 B (figura 5).

Las relaciones geométricas de dichas estructuras permitieron construir el modelo estructural (figura 21), el cual presenta un $\sigma_1 = N322$ y un $\sigma_3 = N058$ que presenta una cinemática de tipo Dextral.

FIGURA 21
MODELO ESTRUCTURAL 3
DEL DOMINIO FRÁGIL TIPO DEXTRAL



Fuente: Elaboración propia, año 2015.

Las relaciones angulares entre las fallas normales e inversa es de 96° , las grietas de tensión respecto a la falla inversa tiene un ángulo de 88° , la falla de rumbo R y las diaclasas de la familia 2 B ambas paralelas guardan un ángulo de 33° con las fallas normales, la falla de rumbo R' que es paralela a la familia 2 A de diaclasas mantienen un ángulo de 59° con la falla inversa.

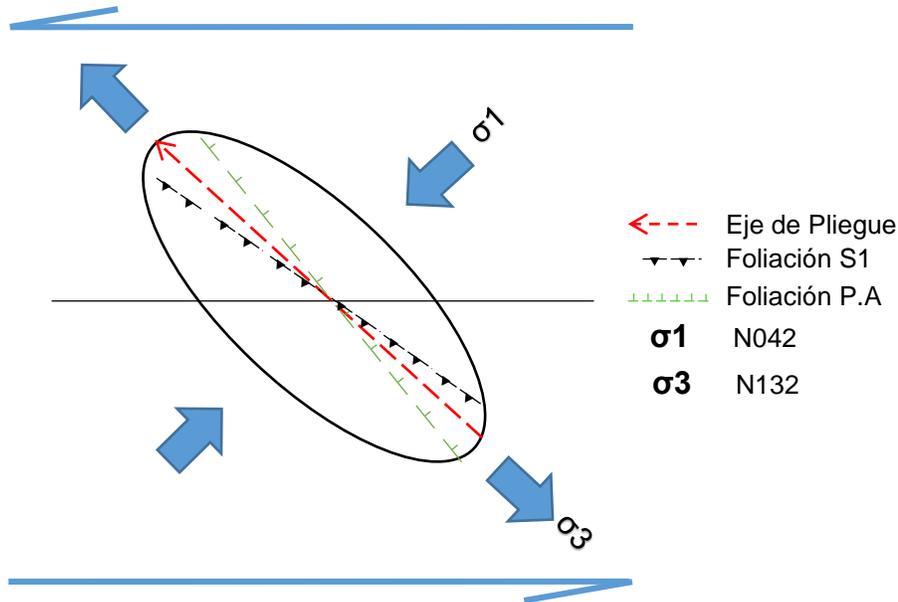
5.2.2 Dominio Dúctil

A través de la clasificación y posterior representación gráfica de las diversas estructuras geológicas (foliación S1, foliación de plano axial, lineación mineral, ejes de pliegue y ejes de *boudines*) observadas en la zona de estudio, se generó tres modelos estructurales para el dominio dúctil.

En el modelo 1 se incluyeron las foliaciones S1 que corresponden a las unidades de Gneis Fsp-Qz Anfibolita y Mármol (figura 10 específicamente C y E) las cuales tienen una orientación media $49/N215$, foliación de plano axial (figura 12 A) con un *trend* $52/N130$ y los ejes de pliegue (figura 13 A) que presentan una orientación media $88/N310$.

La geometría de dichas estructuras permitió construir el modelo de la (figura 22) el cual presenta un σ_1 N042 y σ_3 N132 que representan un comportamiento de tipo Sinistral.

FIGURA 22
MODELO ESTRUCTURAL 1
DEL DOMINIO DÚCTIL DE TIPO SINISTRAL



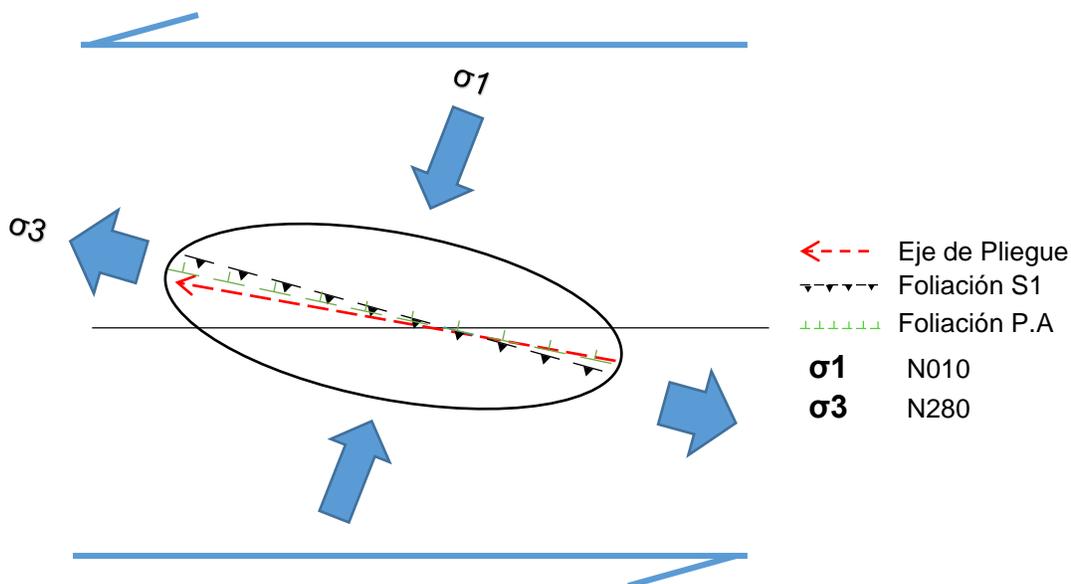
Fuente: Elaboración propia, año 2015.

Las relaciones angulares entre la foliación S1 y la foliación de plano axial es de 15° , el eje de plano con la foliación S1 tiene una relación de 5° .

El modelo 2 incluyó las foliaciones S1 de las unidades litológicas; Gneis Feldespático, Gneis Fsp-Ms Anfibolita, Gneis Qz-Fsp Moscovita (figura 10), que en conjunto presentan una orientación media 50/N195, foliación de plano axial (figura 12 B) con un *trend* 48/N100, también se incluyeron los ejes de pliegue (figura 13 B) con orientación media 52/N274.

La geometría de dichas estructuras permitió construir el modelo estructural 2 (figura 23), el cual presenta un σ_1 N010 y σ_3 N280, que representan un comportamiento de tipo Sinistral.

FIGURA 23
MODELO ESTRUCTURAL 2
DEL DOMINIO DÚCTIL DE TIPO SINISTRAL



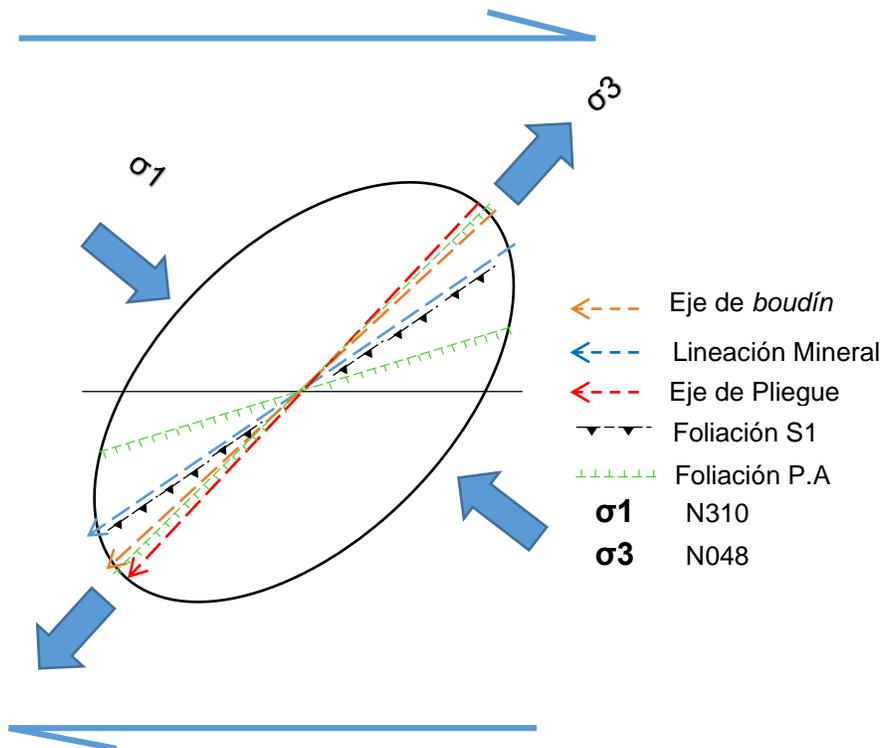
Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

Las relaciones angulares entre la foliación S1 y la foliación de plano axial es de 5° , el eje de pliegue con respecto a la foliación S1 tiene una relación de 6° .

El modelo 3 contiene: lineación mineral (figura 11) con una orientación media (N235), foliación S1 con una media 57/N146 foliación de plano axial (figura 12 C) con una media de 47/N164 y 50/N136, ejes de *boudín* (figura 14) con *trend* N227 y ejes de pliegues (figura 13 C) que presentan una orientación media 60/N222.

Las relaciones geométricas de dichas estructuras permitieron construir el modelo estructural de la (figura 23) el cual presenta un $\sigma_1=N310$ y un $\sigma_3=N048$ que presentan una cinemática de tipo Dextral.

FIGURA 24
MODELO ESTRUCTURAL 3
DEL DOMINIO DÚCTIL DE TIPO DEXTRA



Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

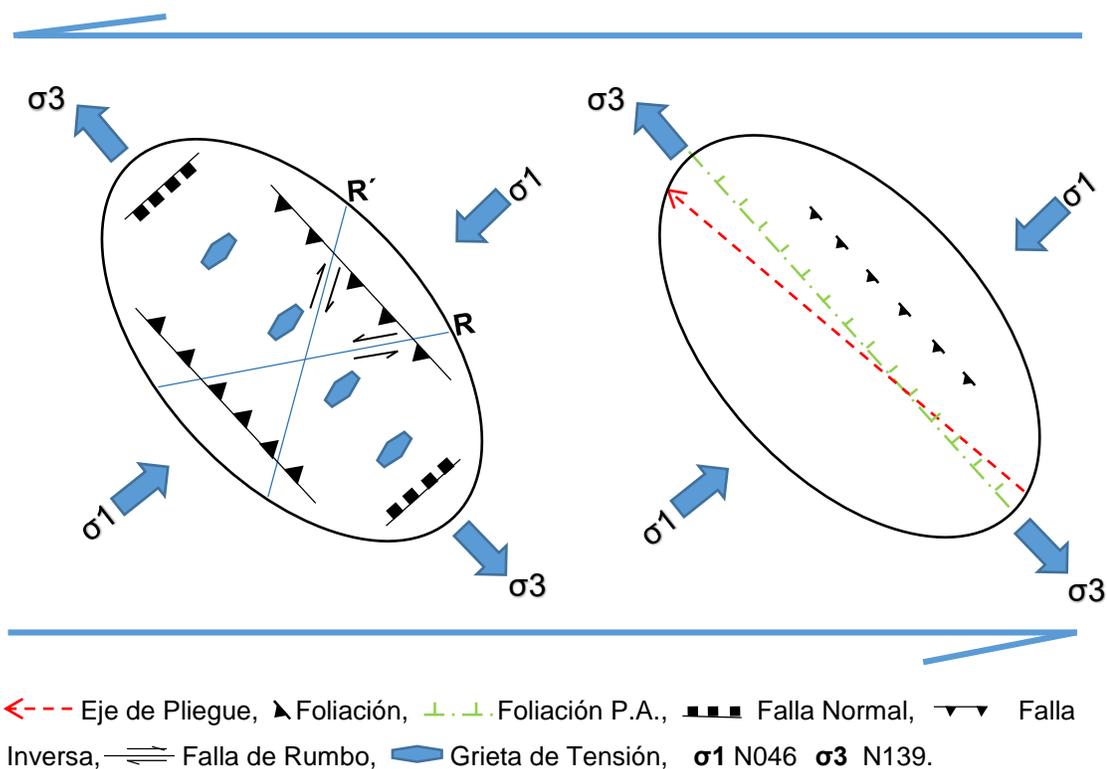
Las relaciones angulares entre los ejes de *boudín* y la foliación de plano axial es de 27° , el eje de pliegue con respecto lineación mineral es de 13° y de los ejes de *boudín* a la lineación mineral guarda una relación de 8° .

5.2.3 Análisis de los Modelos Estructurales

A partir de la obtención de los diferentes modelos estructurales tanto del dominio frágil como del dominio dúctil, se procedió a analizar la relación geométrica y cinemática que guardan entre sí con la finalidad de obtener el modelo de deformación local.

En base a lo anterior se procedió a agrupar el modelo estructural 1 (figura 19) del dominio frágil, que tiene la orientación en $\sigma_1=N050$ y $\sigma_3=N145$, con el modelo estructural 1 (figura 22) del dominio dúctil, que tiene la orientación de $\sigma_1 N042$ y $\sigma_3 N132$. Lo que dio como resultado el modelo de deformación local 1 Frágil - Dúctil (figura 25) con las orientaciones de $\sigma_1=N046$ y $\sigma_3=N139$.

FIGURA 25
MODELO DE DEFORMACIÓN LOCAL 1
FRÁGIL – DÚCTIL DE TIPO SINISTRAL

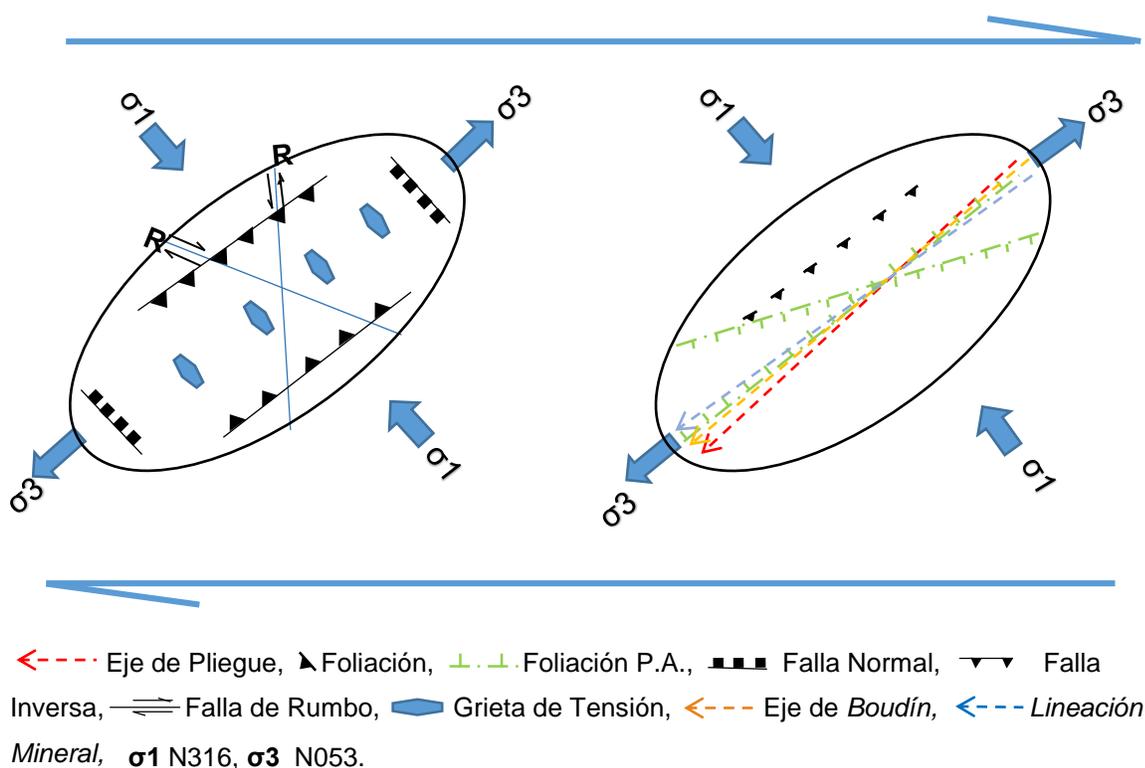


Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

La agrupación de los modelos del dominio frágil y dúctil dio como resultado una elipse de deformación local con los siguientes sigmas: $\sigma_1 N046$ y un $\sigma_3 N139$.

Con el mismo criterio anterior se agrupó el modelo estructural 3 (figura 21) del dominio frágil, que tiene la orientación de $\sigma_1=N322$ y $\sigma_3=N058$, con el modelo estructural 3 (figura 24) del dominio dúctil, quien tiene la orientación de $\sigma_1 N310$ y $\sigma_3 N048$. La combinación de ambos modelos dio como resultado el modelo de deformación local 2 Frágil – Dúctil (figura 26) con las orientaciones de $\sigma_1=N316$ y $\sigma_3=N053$.

FIGURA 26
MODELO DE DEFORMACIÓN LOCAL 2
FRÁGIL – DÚCTIL DE TIPO DEXTRAL



Fuente: Elaboración propia, año 2 015.

El resultado obtenido de la unión de ambos modelos estructurales dio como resultado una elipse de deformación general con los siguientes sigmas: $\sigma_1 N316$ y $\sigma_3 N053$.

Ambas elipses generales de deformación (figura 25 y 26) son producto de dos esfuerzos de deformación distintos, por lo que se agruparon los datos según su orientación. Se puede establecer que el modelo de deformación 1 general (figura 25), se relaciona directamente a la traza de la Zona de Falla Motagua, ya que guardan una estrecha relación en la geometría, cinemática y dinámica de las estructuras.

Debido a la ubicación geográfica en que se encuentra el área de estudio localizándose a pocos kilómetros de la Falla del Motagua, se interpreta que el modelo general de deformación 1, es el modelo principal del área de estudio por mantener una cinemática de tipo Sinestral.

El modelo de deformación 2 general (figura 26), tiene una orientación contraria a pesar de estar conformado por otras estructuras, este modelo puede estar asociado a una falla antitética (R') de la Zona de Falla del Motagua, por lo cual se propone como un modelo secundario.

Cabe mencionar la existencia de dos modelos estructurales (uno frágil y otro dúctil, figuras 20 y 23) que debido a su falta de compatibilidad geométrica, no fue posible relacionarlos. El modelo estructural frágil (figura 20), está conformado por fallas normales con rumbo aproximado *EW* y casi paralelas a la traza principal de la Falla Motagua, las cuales pueden ser el resultado de una distensión producida después del choque entre el Bloque Maya y el Bloque Chortí y que es evidente en la mayoría de Formaciones aflorantes al sur del primero.

El modelo estructural 2 correspondiente al dominio Dúctil (figura 23) conformado por foliación S1 con orientación 50/N195, foliación de plano axial al 50/190 y ejes de pliegue en 52/N274; que en conjunto generan una cinemática de tipo Sinistral, tiene una diferencia angular con el modelo estructural 1 del dominio dúctil (figura 22), en sigma de σ_1 32° y para el σ_3 32° por poseer una diferencia demasiado amplia no fue posible contrastar ambos modelos, aunque comparten una misma cinemática.

CONCLUSIONES

Se obtuvieron dos modelos estructurales locales del dominio frágil, asociados a la Zona de Falla del Motagua con movimiento de tipo sinistral; el primero con sigma $\sigma_1 = N050$ y $\sigma_3 = N145$ y el segundo modelo con orientación de sigmas: $\sigma_1 = N080$ y $\sigma_3 = N356$.

Los rasgos estructurales correspondientes al dominio frágil son: fallas normales e inversas, fallas de rumbo con movimiento de tipo sinistral y dextral, diaclasas, además de grietas de tensión. Otras estructuras observadas y medidas que corresponden al dominio dúctil son: foliación S1, foliación de plano axial (S2), lineación mineral, ejes de pliegue y ejes de budines. Se evaluó la litología en los alrededores de la comunidad Estancia Grande y se delimito y describió las características de las unidades litológicas siguientes: Gneis Feldespático (Pgf), Gneis Feldespático Moscovita y Anfibolita (Pgfma), Gneis Feldespato Cuarzo y Anfibolita (Pgfca), Gneis Cuarzo Feldespato Moscovita (Pgcfm), Anfibolita Granatífera (a) y Serpentinita (Ks).

Se generó un modelo estructural denominado Modelo 1 del dominio frágil, que incluye fallas normales con orientación 54/N320, inversas en 63/N235, de rumbo sinistral en 65/N170 y de rumbo dextral en 54/N286. Grietas de tensión con rumbo de plano al N048 y dos familias de diaclasas que presentan una asociación paralelas a los planos de las fallas de rumbo. Este modelo poseen un sigma $\sigma_1 = N080$ y un $\sigma_3 = N356$ que presenta un comportamiento cinemático de tipo Sinistral. De acuerdo a la geometría y la cinemática, éste se asocia con el modelo estructural 1 del dominio dúctil que está conformado por: foliación S1 con orientación 49/N215, foliación de plano axial en 52/N130 y ejes de pliegues

en 88/N310 quedan como resultado la orientación de σ_1 N042 y σ_3 N132. Contrastando ambos modelos se obtuvo la orientación preferencial de sigma $\sigma_1 =$ N046 y $\sigma_3 =$ N139 que genero el modelo de deformación general 1 de tipo sinestral.

El modelo estructural 2 del dominio frágil presenta un sigma $\sigma_1 =$ N080 y un $\sigma_3 =$ N356, definido por la geometría de fallas normales 66/N179 y 72/N351, inversas en 20/N086, de rumbo sinestral a 59/N287. Grietas de tensión con rumbo N075 y dos familias de diaclasas una de ellas paralela a los planos de falla de rumbo. Este modelo define un comportamiento de tipo sinestral casi paralelo a la traza principal de la Falla Motagua, que puede ser el resultado de una distensión que se produjo posteriormente al choque entre el Bloque Maya y el Bloque Chortí y que es evidente en varias Formaciones aflorantes al Sur del primero.

En la zona de estudio se evidencia un modelo secundario el cual se define como el resultado de una falla antitética (R´) de la Zona de Falla del Motagua, el cual se definió con el modelo estructural 3 del dominio frágil (figura 21) que tiene la orientación de sigma $\sigma_1 =$ N322 y $\sigma_3 =$ N058 conformado por fallas de tipo normal con orientación 69/N237, inversa en 63/N322, rumbo sinestral a 64/N353 y rumbo dextral en 49/N294. Grietas de tensión al N322 y diaclasas paralelas a los planos de falla de rumbo. De acuerdo a su geometría y cinemática se asoció con el modelo estructural 3 del dominio dúctil (figura 24), conformado por lineación mineral con orientación N235, foliación S1 al 57/N146, foliación de plano axial 48/N150 ejes de budín en N227 y ejes de pliegue al 60/N222 que dieron como resultado la orientación de sigma σ_1 N310 y σ_3 N048.

La combinación de ambos modelos (frágil-dúctil) genero el modelo de deformación general 2 de tipo dextral con orientación preferencial de $\sigma_1 =$ N316 y $\sigma_3 =$ N053.

A través del modelo 1 que presenta sigma $\sigma_1 = N050$ y $\sigma_3 = N145$ y el modelo 2 con sigma $\sigma_1 = N080$ y $\sigma_3 = N356$ ambos pertenecientes al dominio frágil y con una cinemática de tipo sinestral, fue posible por medio de la asociación geométrica que guardan entre si determinar la cinemática y dinámica que genero las estructuras del domino frágil obteniendo como resultado un esfuerzo de compresión sigma $\sigma_1 = N065$ y un esfuerzo de distención sigma $\sigma_3 = N160$ que conserva una cinemática de tipo Sinestral.

RECOMENDACIONES

Debido a que actualmente el 70 % del territorio nacional no cuenta con cartografía geológica, se recomienda continuar con la realización de este tipo de estudios en el cuadrángulo el Chol, ya que a medida que conozcamos la geología podremos contribuir al desarrollo científico y económico de nuestro país.

Realizar el cartografiado geológico de superficie escala 1:5 000 de las áreas adyacentes a la Aldea Estancia Grande con la finalidad de determinar más rasgos estructurales y así mismo la continuidad de las unidades litológicas y especificar su extensión superficial regional.

Generar en áreas aledañas otros modelos de deformación local, con el objetivo de recabar información científica que pueda ser utilizada para comprender con mayor claridad y fundamento cómo varía el comportamiento de la falla del Motagua.

Determinar por medio de más estudios estructurales detallados en la zona aledaña qué influencia presenta la falla de Motagua con el fallamiento local, así también cómo puede relacionarse la presencia de fuentes hidrotermales, en la ladera noreste del Cerro Cimarrón.

BIBLIOGRAFÍA

- Cacao Chiquín, Erick Noé *Cartografía Geológica en los alrededores de la comunidad la Canoa municipio de Salamá Baja Verapaz*, Trabajo Final de Campo Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2005
- Centro Universitario del Norte –CUNOR-. *Gira de campo educativa valle de Motagua, The Guatemala Suture Zone*. Carrera de Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2012.
- Chiquín Luis G. y Jaime E. Requena *Mapeo Geológico De Superficie Del Cuadrángulo Granados, Escala 1:50,000 CUNOR-USAC*. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Dirección General de Investigación, 2001.
- Chiquin Yoj, Mauricio. (Comp.) *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala. Norte y Centro*. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 1985.
- Díaz Morales, Juan Ángel *Cartografiado Geológico a los alrededores de las Cañas Salamá Baja Verapaz*. Trabajo Final de Campo. Carrera Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala: Cobán Alta Verapaz Guatemala: Carrera de Geología, 2005.
- Donnelly, Thomas Et. Al. *Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks*. United States of America: The Geological Society of America, 1990.
- Geomorfología*. http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_fisiografia_memoria_2001.pdf (25 de octubre de 2015).

Hidrología. <http://www.insivumeh.gob.gt/hidrologia/rios%20de%20guate.htm>, (18 de octubre del 2015).

Instituto Geográfico Nacional -IGN-. *Hoja topográfica El Chol* (2161 VI). Guatemala: IGN., Escala 1:50 000 color.

Ministerio de Agricultura Ganadería y Alimentación -MAGA-. *Clima y vegetación*. Guatemala: Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo, 2015.

Ortega Gutiérrez Fernando Et Al. *Exsolution-Inclusion petrographic Phenomena In Eclogitic Rocks of the Chuacús Complex, Guatemala Insights into its Burial and Exhumation History*. Universidad Nacional Autónoma. México: Carrera de Ciencias de la Tierra, 2004.

Ortega Obregón, Carlos. *Caracterización estructural, petrológica y geoquímica de la zona de cizalla Baja Verapaz*. Universidad Nacional Autónoma. México: Carrera de Ciencias de la Tierra, 2005.

Requena, Jaime. *Geología del Cuadrángulo de la Hoja Salamá*. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Dirección General de Investigación, 1999.

Secretaria de Planificación Económica de la Presidencia -SEGEPLAN-. *Plan de desarrollo, Salamá Baja Verapaz periodo 2011-2025*. http://www.segeplan.gob.gt/2.0/index.php?option=com_k2&view=itemlist&task=category&id=3:baja-verapaz&Itemid=333 (12 de septiembre de 2015).

Suelos. http://web.maga.gob.gt/wpcontent/blogs.dir/13/files/2013/widget/public/mapa_taxonomica_memoria_tecnica_2000.pdf, visitado 20 de agosto de 2015. Ortega Obregón, Carlos. *Caracterización estructural, petrológica y geoquímica de la zona de cizalla Baja Verapaz*. Universidad Nacional Autónoma. México: Carrera de Ciencias de la Tierra, 2005

Van den Boom, Günter. *Petrofazielle Gliederung des metamorphen Grundgebirges in der Sierra de Chuacús, Guatemala*. Deutschland: snt., 1972.

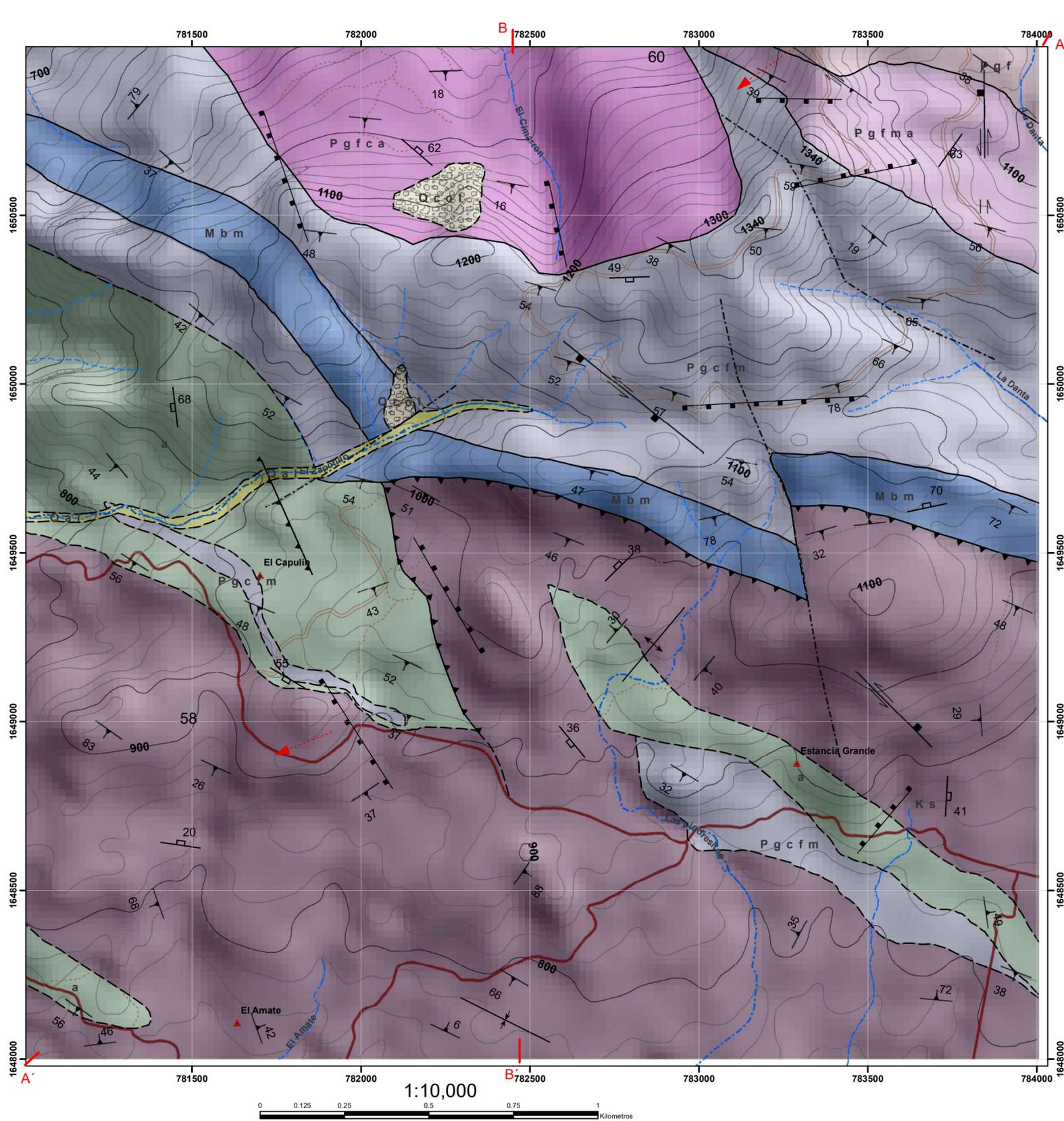


V.ºB.º


Adán García Véliz
 Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
 Bibliotecario

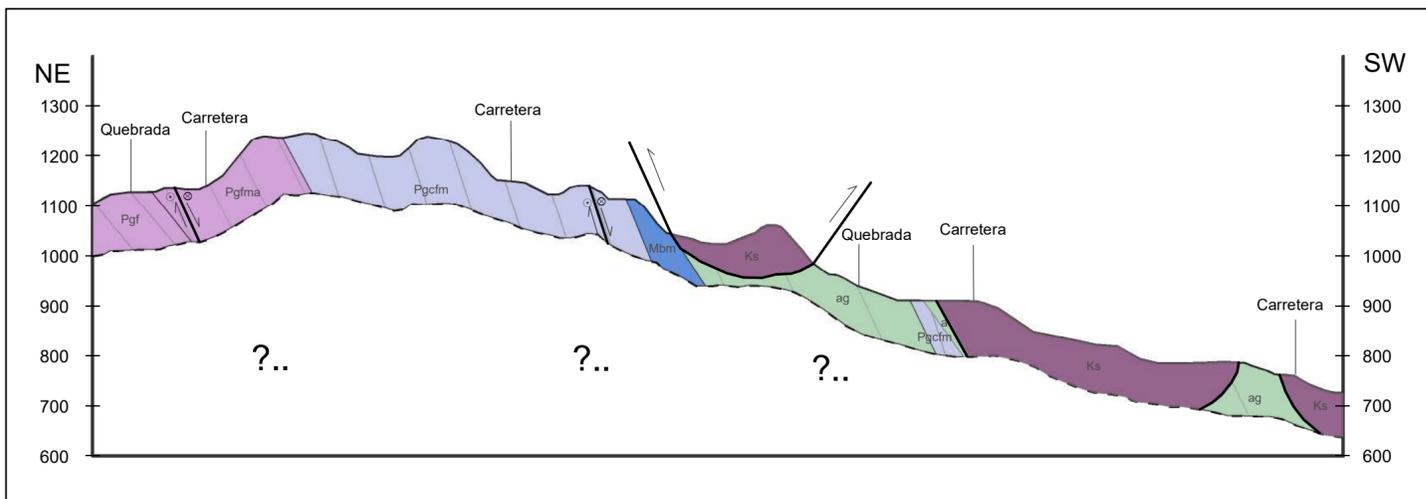
ANEXOS

ESTANCIA GRANDE



LEYENDA

- Qal** Aluvión
- Qcol** Coluvión
- Ks** Serpentina
- ag** Anfibolita Granatífera
- Mbm** Marmol
- Pgcfm** Gneis Qz-Fsp Moscovita
- Pgfma** Gneis Fsp-Ms Anfibolita
- Pgfca** Gneis Fsp-Qz Anfibolita
- Pgf** Gneis Feldespático



ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES		
Cubulco 2061 I	Salamá 2161 III	San Jerónimo 2161 II
Granados 2060 I	El Chól 2160 IV	El Progreso 2160 I
San Juan Sacatepéquez 2060 II	San Pedro Ayampuc 2160 III	Sanarate 2160 II

Simbología

- | Fallas y contactos | | | |
|--------------------|--|--|--|
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |
| | | | |



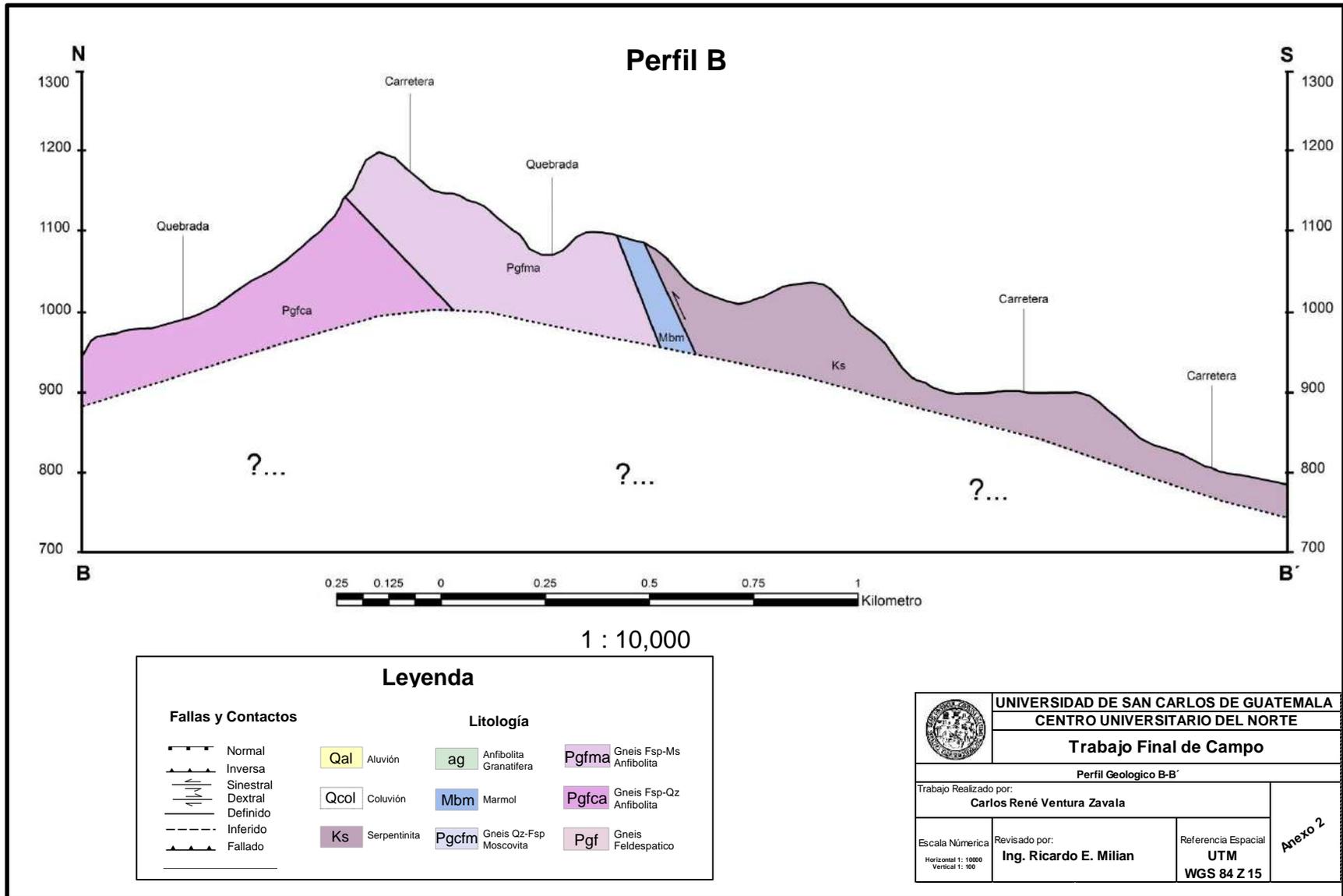
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

ANÁLISIS CINEMÁTICO Y DINÁMICO DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRAGIL EN 9KM2, EN LOS ALREDEDORES DE LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE SALAMÁ BAJA VERAPAZ

Contiene: MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO		
Trabajo realizado por: Carlos René Ventura Zavala		
Escala Numérica	Revisado por:	Referencia Espacial:
Horizontal 1: 10000	Ing. Ricardo Enrique Milian de la Cruz	UTM WGS 84 Z 15
Vertical 1: 100		

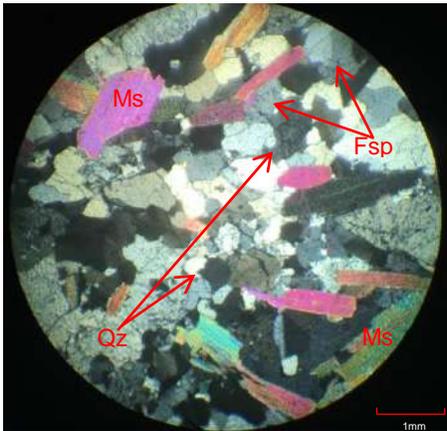
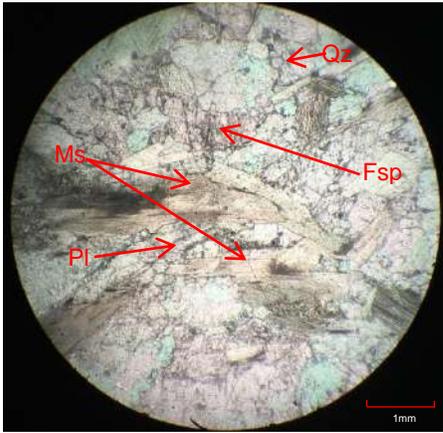
ANEXO 1



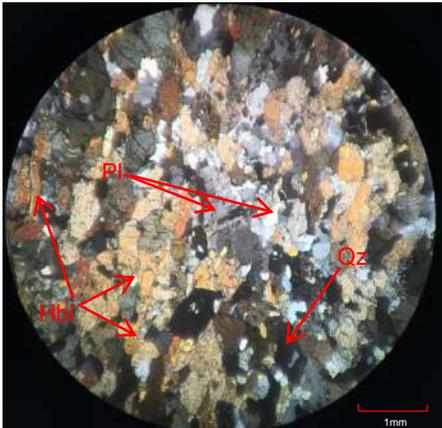
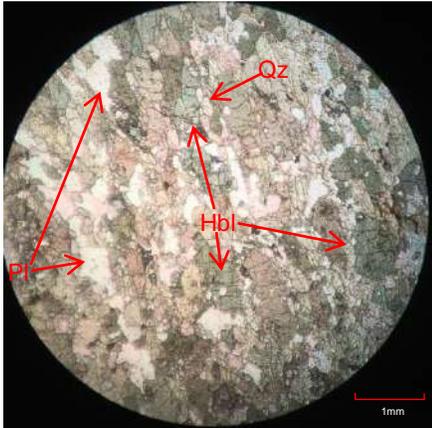
Anexo 3

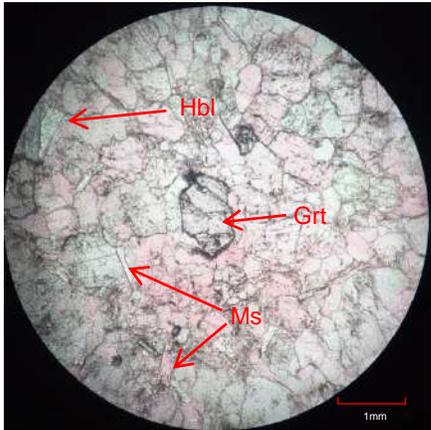
Grado de Meteorización ISRM (1981)

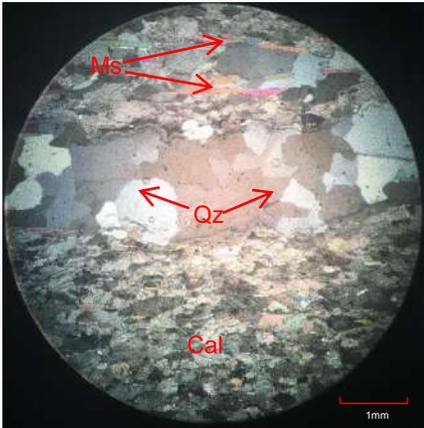
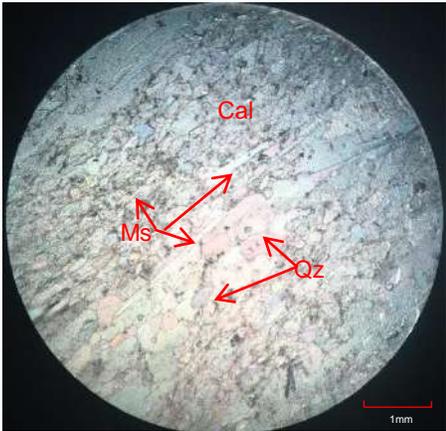
Termino	Descripción	Grado
Roca Fresca	No presenta signos visibles de meteorización en la roca: tal vez una leve decoloración en las superficies de las discontinuidades mayores.	I
Levemente Meteorizada	La decoloración indica meteorización de la roca y en las superficies de las discontinuidades. La roca en su totalidad puede estar decolorada por la meteorización y puede estar externamente algo más débil, que en sus condiciones frescas.	II
Moderadamente Meteorizada	Menos de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como un suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como colpas o testigos discontinuos.	III
Muy meteorizada	Más de la mitad de la roca está descompuesta y/o desintegrada como suelo. La roca fresca o decolorada se puede presentar como capas o testigos discontinuos.	IV
Completamente Meteorizada	Toda la roca está descompuesta y/o desintegrada como suelo. La estructura original del macizo aún se mantiene en gran parte intacta	V
Suelo Residual	Toda la roca está convertida como suelo. La estructura del macizo y la fábrica del material están destruidas. Existe un gran cambio de volumen, sin embargo el suelo no ha sido transportado significativamente.	VI

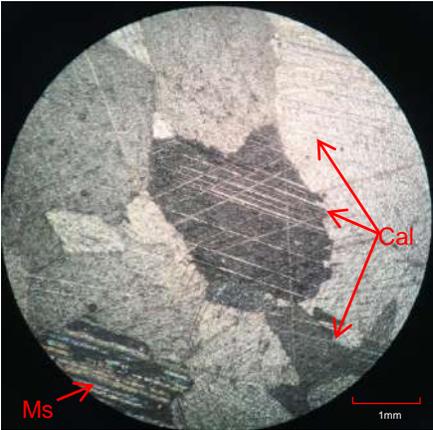
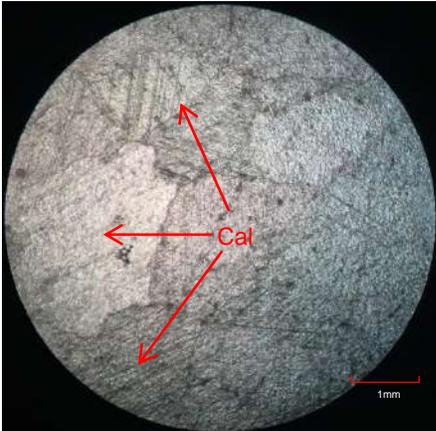
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA Muestra EG-002-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Presenta 1%
Cuarzo Moscovita Feldespatos	45 25 23	Plagioclasas (Oligoclasa, Albita)	5	Calcita	1	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblastica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Objetos Rotados Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita B Cuarzo B Feldespatos B Calcita B Plagioclasas B	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: medio		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Roca original (protolito) Lutita o sedimentos pelíticos		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Feldespático con cuarzo y Moscovita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

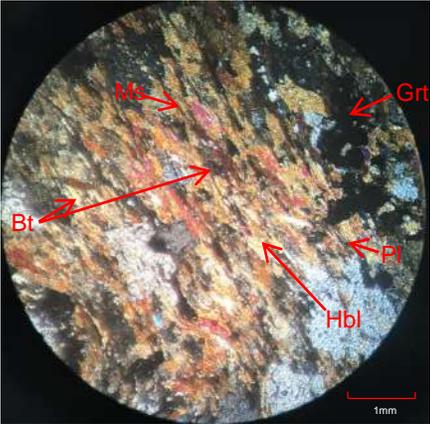
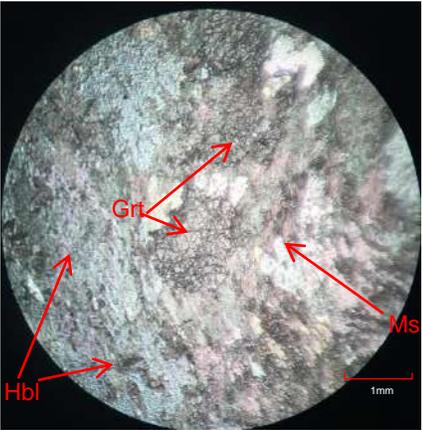
Otras observaciones complementarias:

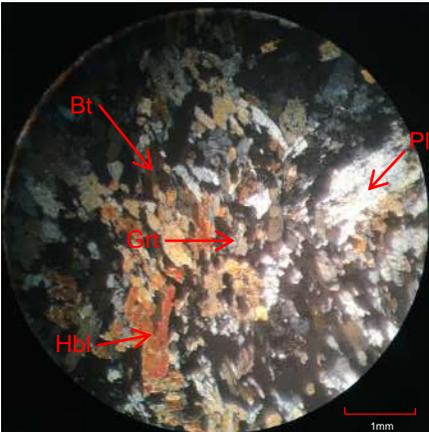
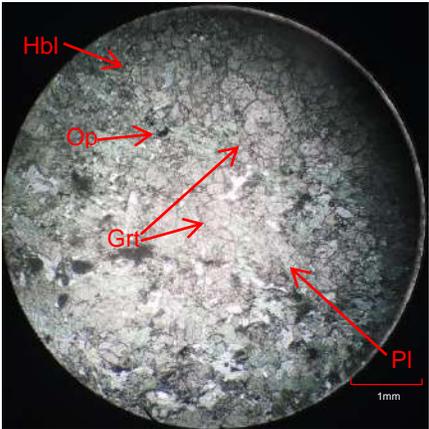
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
Muestra EG-003-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	1%
Horblenda Plagioclasas (Bywtonita)	50 40	Biotita Epidota	4 3	Cuarzo	2	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Microtexturas de deformación: No se observa Microestructuras: No se observa Tipo de Alteración: No se observa				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Horblenda A Epidota A Cuarzo B Biotita B plagioclasas B	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: medio - alto		
Zona Metamórfica: Zona de biotita				Roca original (protolito) Basalto		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

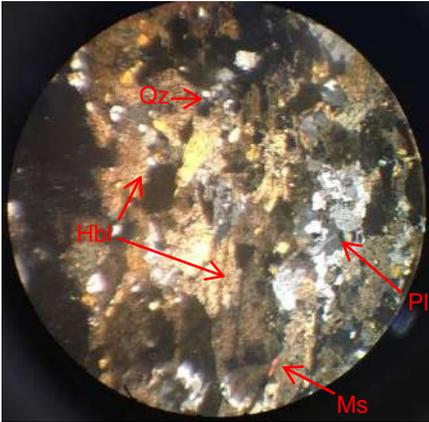
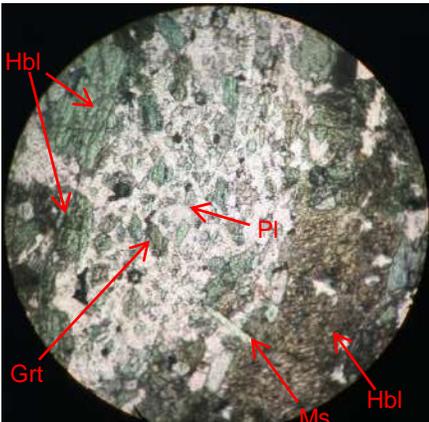
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
Muestra EG-004-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Cuarzo Plagioclasas (Oligoclasa, Bytownita) Feldespato	45 20 15	Moscovita Horblenda	10 6	Granates Epidota Calcita	2 1 1	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Microtexturas de deformación: No se observan Microestructuras: Granates Rotados Tipo de Alteración: No presenta Geometría e indicadores cinemáticos:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Moscovita A Cuarzo B Plagioclasas B Feldespatos A Granate B Horblenda A	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: Medio		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Roca original (protolito) Sedimentos Peliticos		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Cuarzo Feldespático con Moscovita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

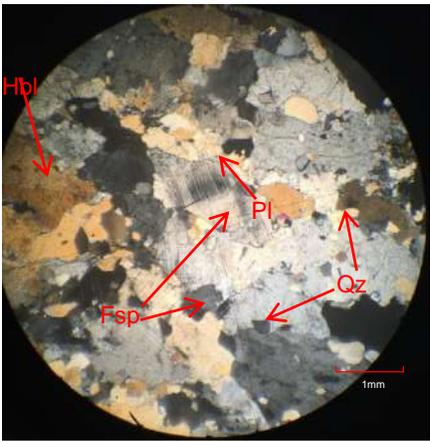
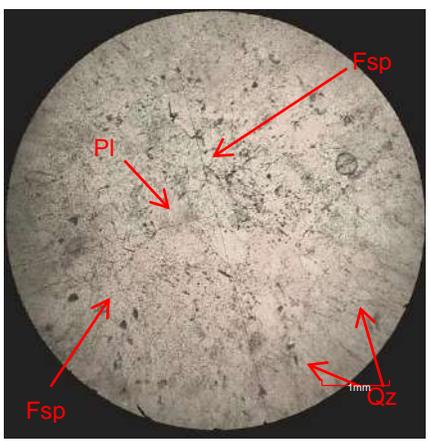
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA Muestra EG-005-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Calcita Moscovita	80 14	Cuarzo	5	Feldespatos	1	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Microtexturas de deformación: No presenta Microestructuras: No presenta Tipo de Alteración: No presenta Geometría e indicadores cinemáticos:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Calcita B Moscovita A Cuarzo B Feldespato C	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo de Contacto				Resultado cinemático:		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Grado de Metamorfismo: medio		
				Roca original (protolito) Caliza		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Mármol						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA						
Muestra EG-006-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Calcita	98	Moscovita Cuarzo	1 1			
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Calcita B Moscovita C Cuarzo B	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo de Contacto				Grado de Metamorfismo: medio		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Roca original (protolito) Caliza		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Mármol						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA Muestra EG-011-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Horblenda Plagioclasas	45 35	Granates	10	Biotita Epidota	5 5	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Horblenda A Epidota A Biotita B Granates C	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: Medio alto		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Roca original Basalto		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita Granatífera						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA Muestra EG-012-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	1%
Horblenda Plagioclasas	50 28	Granate	14	Piroxenos Biotita	5 2	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Equigranular Microtexturas de deformación: Microestructuras: Objetos rotados Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Horblenda B Biotita B Plagioclasas B Granate B	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: Medio Alto		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Roca original (protolito) Basalto		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita Granatífera						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA Muestra EG-014-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	1
Horblenda Plagioclasas (Albita)	42 35	Epidota Granate	6 5	Cuarzo Piroxenos Moscovita	4 4 3	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Horblenda A Epidota B Plagioclasas A Granate B Cuarzo B	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: Medio Alto		
Zona Metamórfica: Zona de Biotita				Roca original (protolito) Basalto		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA Muestra EG-015-CV						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Cuarzo Feldespato	45 27	Plagioclasas (albita) Epidota	14 10	Horblenda Moscovita	2 2	
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Feldespato A Cuarzo B Epidota A Plagioclasas B Moscovita C	Euhedral (C)	
					Subhedral (B)	
					Anhedral (A)	
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Metamorfismo Regional				Grado de Metamorfismo: Medio		
Zona Metamórfica: Zona de biotita				Roca original (protolito) Sedimentos Pelíticos		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Feldespático con cuarzo, epidota y clorita						
MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA XPL				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCION DELGADA PPL		
						

No. 077-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



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

TECNICO EN GEOLOGIA

Al trabajo titulado:

ANALISIS CINEMATICO Y DINAMICO DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRAGIL, EN 9KM², EN LOS ALREDEDORES DE LA COMUNIDAD ESTANCIA GRANDE, SALAMA, BAJA VERAPAZ

Presentado por el (la) estudiante:

CARLOS RENÉ VENTURA ZAVALA

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 03 de Mayo de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

