

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: “ANÁLISIS
ESTRUCTURAL Y GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE LAS
ALDEAS VAINILLAS, POZO DE AGUA Y EL CAMOTE, SALAMÁ”**

ALBERTINA YAXCAL CAAL

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: “ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS VAINILLAS, POZO DE AGUA Y EL CAMOTE, SALAMÁ”.

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

ALBERTINA YAXCAL CAAL
CARNÉ 200940037

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE TÉCNICO EN
GEOLOGÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

PRESIDENTE:	Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
SECRETARIA:	Lcda. T.S. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE DOCENTES:	Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE EGRESADOS:	Lic. Admón. Fredy Fernando Lemus Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES:	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. Cesar Oswaldo Bol Cú

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJO DE GRADUACION

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

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Msc. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler

REVISORA DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Claudia Patricia Muñoz Castro

ASESOR

Ing. Cesar Fernando Monterroso Rey.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-258/2016
08 de septiembre de 201

**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, de la estudiante **ALBERTINA YAXCAL CAAL**, carné n.º **200940037**, titulado: **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS VAINILLAS, POZO DE AGUA Y EL CAMOTE, SALAMÁ”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geól. César Fernando Monterroso Rey
Docente Asesor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-307/2016
07 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 **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **ALBERTINA YAXCAL CAAL**, carné n.º **200940037**, titulado: **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS VAINILLAS, POZO DE AGUA Y EL CAMOTE, SALAMÁ”**, 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-312/2016
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 Miembros
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

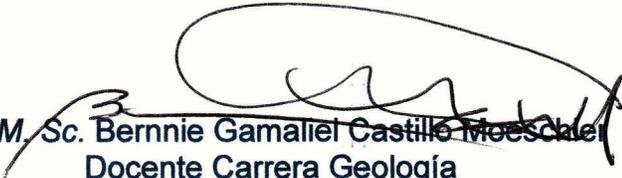
Respetables Señores:

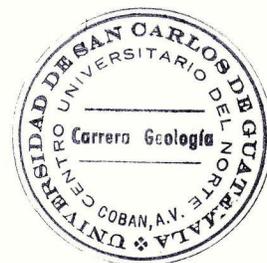
Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y GEOLOGÍA EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS VAINILLAS, POZO DE AGUA Y EL CAMOTE, SALAMÁ”**, de la estudiante **ALBERTINA YAXCAL CAAL**, carné n.º **200940037**, el cual ya fue revisado como miembro de la Comisión de Redacción y Estilo de la Carrera de Geología, quien considera llena los requisitos establecidos para su aprobación.

Atentamente,

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Comisión de Redacción y Estilo
Carrera Geología

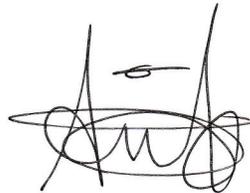

Ing. M. Sc. Bernie Gamaliel Castillo Muescher
Docente Carrera Geología
CUNOR



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: Trabajo Final de Campo, GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá. Como requisito previo a optar al título profesional de Técnico en Geología.

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'Albertina Yaxcal Caal', with a horizontal line drawn through the middle of the signature.

Albertina Yaxcal Caal
Carné: 200940037.

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, sub-inciso 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de julio del año 2012.

DEDICATORIA

A Dios por brindarme salud, sabiduría, paciencia, fortaleza y la oportunidad de poder alcanzar mis metas en la vida.

A mis padres Ernesto Yaxcal y Juana Caal por ser mis fuentes de inspiración y los pilares de mi vida.

A mi familia por formar parte de mi vida y por el apoyo incondicional que me brinda.

AGRADECIMIENTO

A:

DIOS

Por la vida y por permitirme este día.

MI FAMILIA

Por su amor, cariño y apoyo.

**Municipalidad y COCODES DE Vainillas, Pozo de Agua, y El Camote, Salamá,
Baja Verapaz.**

**A las familias Milian Paz y García García, por el apoyo, la amistad y la
hospitalidad brindada durante mi estancia en el lugar.**

TRICENTENARIA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

Al Centro Universitario del Norte y la Carrera de Geología por los recursos y la
colaboración brindada durante toda mi etapa de formación profesional.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema	3
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 General	4
1.3.2 Específicos	4
1.4 Hipótesis	5
1.5 Variables	5

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización geográfica	7
2.2 Vías de acceso	8
2.3 Geología regional	10
2.3.1 Litoestratigrafía	10
a. Complejo Chuacús	10
1) Chuacús Este	10
b. Serpentina y rocas Serpentinizada (Cretácico)	11
2.3.2 Tectónica	12
a. Zona de subducción	12
b. Cuilco – Chixoy – Polochic	12
2.3.3 Geomorfología	15
a. Hidrología	15
b. Clima y vegetación	16
c. Suelos	17
d. Relieve	20

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Marco metodológico	21
3.1.1	Etapa de recopilación y análisis bibliográfico	21
3.1.2	Etapa de planificación	22
3.1.3	Etapa de ejecución	22
	a. Fase de campo	22
	b. Fase de laboratorio	25
3.1.4	Etapa de análisis de resultados	26

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Estratigrafía local	29
4.1.1	Unidades litológicas	29
	a. Unidad de Gneis Biotítico (Mgb)	29
	1) Descripción macroscópica	31
	2) Descripción microscópica	32
	b. Unidad de Gneis de dos Micas (Mcg)	33
	1) Descripción macroscópica	35
	2) Descripción microscópica	36
	c. Unidad de Cuarcita (Mc)	36
	1) Descripción macroscópica	38
	2) Descripción microscópica	39
	d. Unidad de Esquisto Granatífero (Mg)	40
	1) Descripción macroscópica	42
	2) Descripción microscópica	43
	e. Unidad de Mármol (Mbm)	44
	1) Descripción macroscópica	46
	2) Descripción microscópica	47
	f. Unidad de Anfíbolita (A)	47
	1) Descripción macroscópica	49
	2) Descripción microscópica	49
	g. Unidad de Serpentinita (Sp)	50
	1) Descripción macroscópica	52
	2) Descripción microscópica	53
4.1.2	Unidades superficiales	54
	a. Unidad de Coluvión (Qcol)	54
	b. Unidad de Aluvión (Qal)	56

4.2	Geología estructural	57
4.2.1	Lineamientos estructurales	57
4.2.2	Planos de fracturación	59
4.2.3	Grietas de tensión	62
4.2.4	Pliegues	63
4.2.5	Fallas geológicas	66
	a. Fallas normales	66
	b. Fallas inversas	69
4.2.6	Foliaciones	71
4.2.7	Ejes de crenulación	74
4.2.8	<i>Boudines</i>	77
4.3	Geomorfología local	78
4.3.1	Relieve	79
4.3.2	Hidrografía	79
4.3.3	Erosión	82
	a. Erosión en surcos	82
	b. Erosión en cárcavas	83
4.3.4	Suelos	84
4.3.5	Unidades geomorfológicas	86
	a. Unidades de origen denudacional	86
	1) Subunidad de laderas	86
	2) Subunidad de crestas	87
	3) Subunidad de cimas	88
	4) Subunidad de surcos	89
	5) Subunidad de cárcavas	90
	6) Subunidad de movimientos masales	91
	b. Unidad de origen agradacional	92
	1) Subunidad de depósitos aluviales (terrazas)	93
	2) Subunidad de coluviones	93

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis e interpretación geológica	95
5.2	Análisis e interpretación estructural	97
5.2.1	Interpretación del dominio frágil	98
	a. Fallas estructurales	98
	1) Modelo estructural del dominio frágil	99
5.2.2	Interpretación del dominio dúctil	100
	a. Pliegues	100

1) Modelo estructural del dominio dúctil	103
5.2.3 Modelo estructural	104

CONCLUSIONES	107
RECOMENDACIONES	109

BIBLIOGRAFÍA Y ANEXOS

Bibliografía	111
ANEXO I Mapas y perfiles geológicos	113
ANEXO III Tablas de descripción de muestras	120

ÍNDICE DE CUADROS

1	Coordenadas <i>UTM WGS-84</i> del área de estudio	7
2	Resumen de las direcciones preferenciales de los planos de fracturación	61
3	Elementos principales de pliegues	64
4	Diagramas estereográficos representando los pliegues definidos	65
5	Datos de fallas normales utilizados para el análisis estructural	67
6	Datos estructurales de fallas inversas	69
7	Diagramas estereográficos de densidades, polos y esfuerzos compresivos	73
8	Estereogramas utilizados para la determinación de esfuerzos principales, utilizando elementos de pliegues	101
9	Esfuerzos principales de las estructuras del dominio frágil y dúctil encontradas en el campo	105

ÍNDICE DE MAPAS

1	Ubicación y principales vías de acceso del área de investigación	9
2	Clasificación de suelos a nivel regional	19
3	Elevación del área en estudio, relación sobre el nivel del mar	20
4	Mapa de lineamientos estructurales	58
5	Elevación digital del terreno	79
6	Red hidrográfica	81

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Elipse de deformación para movimiento sinestral (modelo teórico falla Chixoy – Polochic)	14
2	Elipse de deformación para movimiento sinestral (modelo teórico falla Motagua)	14
3	Diagrama de rosa para lineamientos estructurales	59
4	Diagramas de rosa de planos de fracturación correspondientes a las unidades litológicas	60
5	Diagrama de densidad de polos correspondientes a planos de grietas de tensión	63
6	Diagrama de rosa de los planos de falla de tipo normal	68
7	Diagrama estereográfico de fallas de tipo normal	68
8	Diagrama de rosa de fallas inversas	70
9	Diagrama estereográfico de fallas inversas	70
10	Bloque diagrama y estereograma de foliaciones vs. los esfuerzos generadores	72
11	Transposición de la foliación S1 para producir foliación S2	74

12	Estereograma de polos correspondientes a ejes de crenulación	75
13	Roseta de ejes de crenulación	76
14	Diagrama estereográfico de ejes de boudines	78
15	Columna litoestratigráfica local	96
16	Diagrama de esfuerzos para fallas	98
17	Elipses de deformación del dominio frágil	99
18	Estereograma de los ejes de pliegue del área	102
19	Modelo estructural del dominio dúctil	104

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Afloramiento de Gneis Biotítico (Gb). Coordenadas X: 795 221; Y: 1 652 111	30
2	Afloramiento y muestra de mano de unidad de Gneis Biotítico	32
3	Microfotografía de muestra de la unidad de Gneis Biotítico	33
4	Afloramiento de Gneis de dos micas (Gmcb) ubicado en el centro del área de estudio. Coordenadas X: 794 171; Y: 1 652 505	34
5	Afloramiento y muestra de mano de la unidad de Gneis de dos micas	35
6	Microfotografía de la muestra correspondiente a la unidad de Gneis de dos micas	36
7	Afloramiento de cuarcita en la cima del Cerro Mirador, aldea Las Vainillas. Coordenadas X: 794 059; Y: 1 653 593	37
8	Muestra de mano correspondiente a la unidad de Cuarcita	39
9	Microfotografía de sección delgada correspondiente a la unidad de Cuarcita	40
10	Afloramiento de Esquisto Granatífero (Esq) al oeste del área de estudio. Coordenadas X: 793 741; Y: 1 652 790	41
11	Afloramiento y muestra de mano de la unidad de Esquisto Granatífero	43
12	Microfotografía de sección delgada correspondientes a la unidad de Esquisto Granatífero	44
13	Afloramiento de mármol en las proximidades de la aldea El Camote. Coordenadas X: 795 379; Y: 1 651 575	45
14	Muestra M6-AYC-2014 corresponde a la unidad de Mármol	46
15	Microfotografía de sección delgada correspondiente a la unidad de Mármol	47
16	Afloramiento de la unidad de Anfibolita en las laderas del Cerro Peña Negra. Coordenadas X: 794 256; Y: 1 651 175	48
17	Afloramiento y muestra M4-AYC-2014 correspondiente a la unidad de Anfibolita	49
18	Microfotografía de sección delgada de muestras correspondientes a la unidad de Anfibolita	50
19	Afloramiento de Serpentinita a orillas del río El Camote.	51

Coordenadas X: 795 672: Y: 1 651 621

20	Afloramiento y muestra M7-AYC-2014 de la unidad de Serpentina	52
21	Microfotografía de sección delgada, muestra de Serpentinita	53
22	Unidad de Coluvión depositado sobre la unidad de Cuarzita	55
23	Unidad de Aluvión en las orillas y lecho del río El camote	56
24	Micro fractura de muestra correspondiente a la unidad de Esquisto Granatífero	62
25	Plegamiento observado en la unidad de Mármol	64
26	Indicadores cinemáticos de fallas geológicas	66
27	Micro fotografía y esquema teórico de crenulación	77
28	Erosión en surco en afloramiento de Gneis de dos micas	83
29	Perfiles de suelo ubicadas dentro del área de estudio	85
30	Sub unidad de laderas medias	87
31	Crestas en la unidad de serpentina	88
32	Sub unidad de cimbras en Anfibolita y Serpentina	89
33	Surco generado por la circulación de agua en la zona	90
34	Cárcava en parte inicial de su desarrollo	91
35	Deslizamiento de tipo translacional ubicado en la parte este del área	92
36	Masa coluvional con flujo hacia la quebrada Vainillas	94

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

A:	Anfibolita
Bt:	Biotita
Chl:	Clorita
Eg:	Esquisto Granatífero
Gb:	Gneis Biotítico
Gmcb:	Gneis de dos micas
Grt:	Granate
Gt:	Grietas de tensión
Hbl:	Hornblenda
Km:	Kilómetro
Ms:	Moscovita
N,S,E,W:	Norte, sur, este, oeste
Ppl:	Luz polarizada plana
Qal:	Aluvión
Qc:	Coluvión
Qtz:	Cuarzo
S1, S2, So:	Planos de foliación 1, foliación 2... foliación n
St:	Estaurolita
Um:	Unidad de Mármol
Uq:	Unidad de Cuarcita
Xpl:	Luz polarizada cruzada

RESUMEN

El proyecto de investigación denominado GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá; tiene como objetivo, el reconocimiento y descripción de los rasgos estructurales del área, para determinar la dirección de los esfuerzos principales que han producido la estructuras del dominio frágil.

Se ha planteado la hipótesis de que las estructuras del dominio frágil, encontradas en las unidades litológicas del área, son producto del arreglo de esfuerzos que sugiere un modelo estructural con cinemática sinistral, debido a su cercanía con el sistema de fallas del Motagua.

Como resultado del trabajo de campo y del análisis de laboratorio de las rocas, se identificaron nueve unidades litológicas que afloran en el área; estas son de la más antigua a la más reciente, Gneis Biotítico (Gb), Gneis de dos Micas (Gmcb), Cuarcita (Uq), Esquistos Granatíferos (Eg), Mármol (Um), Anfibolitas (A), Serpentinita (Sp), Coluvión (Qc) y Aluvión (Qal).

En el tema estructural se identificaron y midieron foliaciones, fracturas, fallas, plegamientos, grietas de tensión, crenulaciones, lineación mineral, entre otras. El análisis mediante promedios de direcciones utilizando estereofalsillas y diagramas de roseta, determino la existencia de dos direcciones para el esfuerzo principal σ_1 , el más sobresaliente se encuentra orientado en dirección *NE – SW* guardando una relación con el modelo de la falla Motagua; la otra dirección del esfuerzo menos notable posee una tendencia *N – S*.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

Las investigaciones que se han llevado a cabo en la zona son de carácter regional, abarcando zonas aledañas al área de estudio, estos contienen información tanto de unidades litológicas como estructuras variadas. También se cuenta con informes que describen la geología regional y estructural de los bloques Maya y Chortí (Donnelly et al 1990), donde se clasifican las rocas por formaciones, grupos o complejos, así mismo se describe en este, el marco tectónico regional, lo cual sugiere que el área propuesta para este estudio es próxima a la zona de sutura del Motagua.

Sin embargo, los estudios a escalas locales son muy escasos, por lo que no se cuenta con un mapa geológico detallado, solamente está disponible el mapa geológico de la República de Guatemala a escala 1:1,000 000 del Instituto Geográfico Nacional IGN (2001).

Debido a que la información con que se cuenta es a nivel regional, se trata de establecer una investigación a escala 1:10 000, donde se contemple el análisis de la geología estructural y la delimitación de unidades litológicas que afloran en un área que se constituye de 9 km² al *NE* de la hoja topográfica El Chol (2160 IV), en las aldeas de Las Vainillas, El Camote y Pozo de Agua del municipio de Salamá, Baja Verapaz.

Así mismo existen evidencias de campo de estructuras con diversas orientaciones en las cuales se encuentran los ejes de pliegue, crenulaciones, foliaciones (s1 y s2), entre otras. Por tal motivo se lleva a cabo el análisis estructural del área, tomando como base el siguiente problema.

1.2 Planteamiento del problema

¿Cuál es la dirección del esfuerzo principal, deducido a partir de la cinemática que presentan las estructuras en el dominio frágil, que se encuentran en las unidades litológicas que afloran en el área de estudio?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Analizar la geología estructural del área de estudio, con el fin de determinar las direcciones de los esfuerzos que generan las estructuras frágiles presentes.

1.3.2 Específicos

- a) Describir los rasgos estructurales de las diferentes unidades que afloran en el área de estudio.
- b) Definir la dirección del esfuerzo principal de las estructuras identificadas, según el análisis de los indicadores cinemáticos y estructuras del dominio frágil.
- c) Explicar la cinemática por medio del modelo estructural local generado a partir de la orientación de los esfuerzos obtenidos.

1.4 Hipótesis

Las estructuras pertenecientes al dominio frágil presentes en las unidades litológicas aflorantes en el área, son producto del arreglo de esfuerzos, que sugiere un modelo estructural teórico sinistral.

1.5 Variables

Independiente: Estructuras.

Dependiente: Modelo estructural local.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización geográfica

El trabajo de investigación geológica se llevó a cabo en un área al este de la hoja topográfica de El Chol (2160 IV), en la región central de Guatemala; el área se encuentra entre los límites de los departamentos de El Progreso y Baja Verapaz.

El polígono tiene una extensión de 9 km², dentro del cual se ubican las aldeas de Las Vainillas, Pozo de Agua y El Camote pertenecientes al municipio de Salamá, Baja Verapaz.

La ubicación geográfica de dicho polígono se encuentra en las coordenadas del sistema *UTM WGS84*, que se muestran en el cuadro 1 y se representan en el mapa 1 de ubicación y accesos.

CUADRO 1
COORDENADAS *UTM WGS-84* DEL ÁREA DE ESTUDIO.

Vértices	Coordenadas Norte (Y)	Coordenadas Este (X)
A	1 654 000	793 000
B	1 654 000	796 000
C	1 651 000	793 000
D	1 651 000	796 000

Fuente: Investigación de campo, 2014. Mapa topográfico del IGN, hoja El Chol, a escala 1:50000, año 1999.

2.2 Vías de acceso

El acceso al área de estudio se encuentra a 109 km desde la ciudad de Cobán, Alta Verapaz, por la ruta asfaltada CA-14 hasta el cruce de El Mojón ubicado en Morazán El Progreso, en esta ubicación existe una vía que conduce a las aldeas de Las Vainillas, Pozo de Agua, El Nance y El Chahuite.

Desde la Ciudad Capital, dicho acceso se encuentra a 116 km sobre la ruta CA-9 hasta El Rancho y luego sobre la ruta asfaltada CA-14, hasta el cruce de el Mojón.

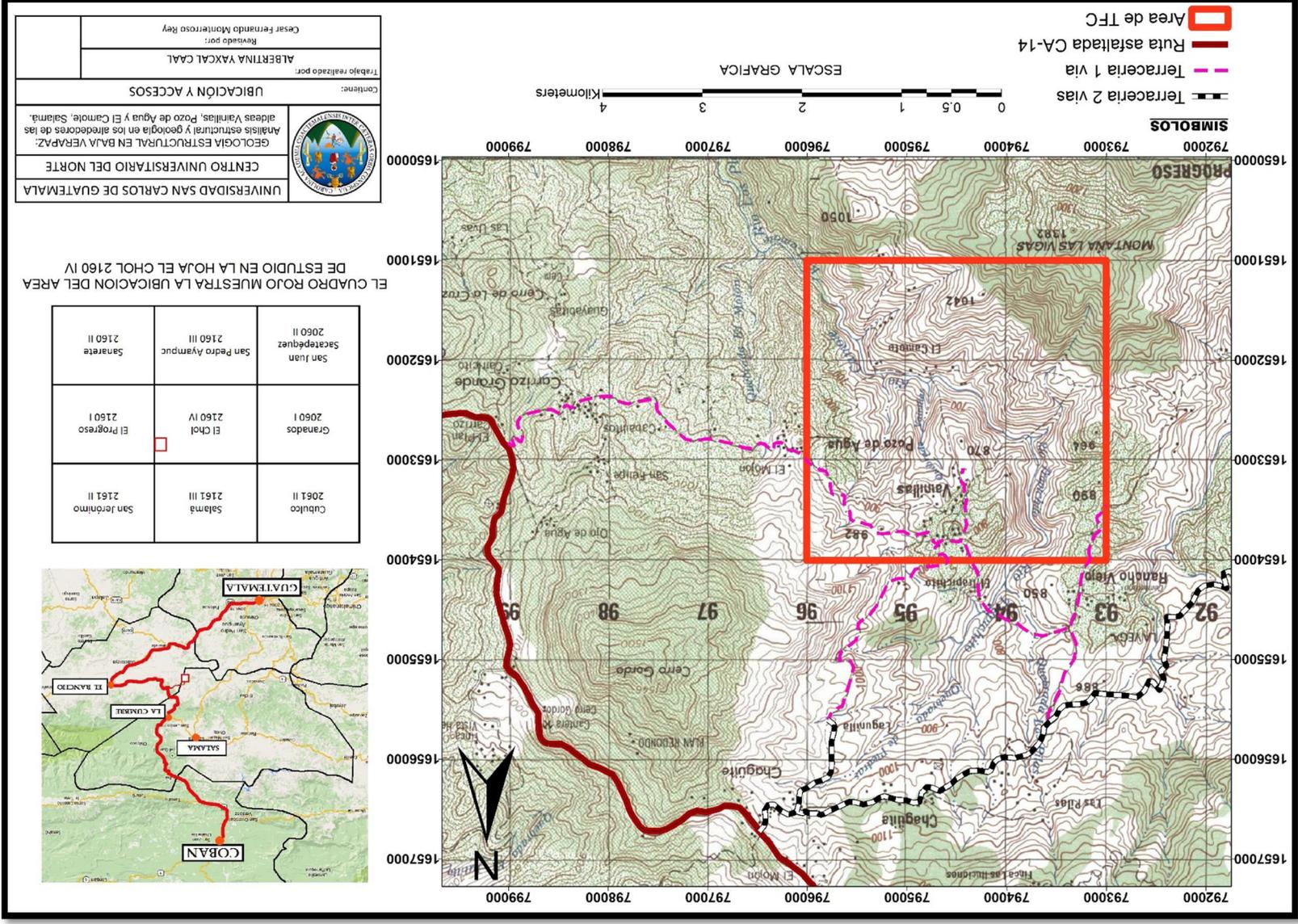
En el Cruce de El Mojón se encuentra una vía de terracería que conduce hacia la aldea Las Vainillas que consta de 5.5 km de los cuales 2.3 km poseen dos vías y 3.2 km, los cuales son de una sola vía.

El tiempo estimado para llegar al área de investigación a partir de la ciudad de Cobán es de dos horas, de los cuales hora y media se viaja por carretera asfaltada y media hora por terracería.

Para llegar al área de investigación desde la ciudad de Guatemala se toma un tiempo aproximado de tres horas, de las cuales por carretera asfaltada se viaja durante dos horas y media, luego se recorre media hora por carretera de terracería hasta llegar a la aldea Las Vainillas.

Las vías de acceso mencionadas anteriormente se ilustran en el mapa 1, en el cual se tiene una mejor visualización de estas.

MAPA 1 UBICACIÓN Y PRINCIPALES VÍAS DE ACCESO AL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



2.3 Geología Regional

2.3.1 Litoestratigrafía

a. Complejo Chuacús

Las rocas metamórficas más antiguas del bloque Maya afloran a lo largo del margen sur del bloque y como basamento en varios pozos en el norte de Guatemala, la Península de Yucatán de México y Belice norte. Estas constituyen el Grupo Chuacús, que forma una faja casi continua al norte de la zona de sutura Motagua por una distancia de casi 350 km¹.

1) Chuacús Este

La Serie Chuacús original de McBirney incluía Anfibolitas, muchas de las cuales son ahora atribuidas a la alóctona Formación El Tambor, que es una Ofiolita Cretácica. El resto del Chuacús es predominantemente Esquisto Micáceo y Gneis, y unidades menores posibles de mapear de Mármol y capas delgadas de Cuarzita y Metavolcánicas.

Van den Boom resumió la Serie Chuacús en el área de Salamá, incluyendo dentro de éste, algunas rocas aquí incluidas con el Grupo Santa Rosa del Paleozoico tardío. Él concluyó que estas rocas representan una serie barroviense de rocas con metamorfismo creciente, graduando de Esquisto Clorítico a una roca granitizada. La idea actual es que su "Esquisto Clorítico" es una Lutita del Pensilvaniano - Pérmico ligeramente metamorfoseada de la Formación Tactic, la roca granitizada es el Granito Rabinal.²

¹ T.W. Donnelly, G.S. Horne, y Otros. *Northern Central America; The Maya And Chortis Blocks.* 1990, p.4

² *Ibidem*, p.5

En el área este (San Agustín a Los Amates) el Grupo Chuacús está menos metamorfoseado que en el área Salamá, donde originalmente lo describió McBirney. Aquí existen dos unidades ampliamente reconocibles y fácilmente separables, la Formación San Agustín y la Formación Jones.

Newcomb sugirió que el Grupo Chuacús de McBirney y las formaciones San Agustín, Jones, y San Lorenzo podrían no ser completamente correlativos. El mayor grado de metamorfismo en el área de McBirney, alrededor de Salamá y el extenso fallamiento inverso del Cretácico Tardío del cinturón metamórfico hicieron tales relaciones tenues, aunque las litologías son similares.

b. Serpentina y rocas serpentizadas (Cretácico)

La unidad está constituida por rocas ultrabásicas con diferentes grados de serpentización. Los protolitos predominantes son Harzburgitas, Iherzolitas y Piroxenitas, con Cromita, Esfena y Jadeita como accesorios (Bosc, 1971). La coloración de la roca sana es de verde oscuro a negro, alteradas pueden formar suelos de poco espesor, color café rojizos. Esta unidad metamórfica aflora en o cerca de las zonas de falla, principalmente en el norte de la zona de falla del Motagua, en la provincia "Sierra de las Minas".

La edad del emplazamiento de las Peridotitas y de la serpentización no está claramente definida, inicialmente fue considerada como Post-pérmico a Prejurásico (McBirney, 1963). Fourcade, et.al. (1994) realizaron una investigación respecto a las Ofiolitas de la zona del Motagua y en dicho trabajo le asignaron una edad Cretácica a las rocas de esta unidad. Las relaciones estratigráficas de las Serpentinias y las rocas serpentizadas son discordantes, en la parte inferior con la unidad de rocas del Paleozoico Superior y en la parte superior con la unidad capas rojas de Jurásico-Cretácico. El espesor es variable y no se les ha denominado de manera formal.³

³ *Ibíd.*

2.3.2 Tectónica

a. Zona de subducción

La placa de Cocos al subducirse bajo la placa del Caribe en la fosa mesoamericana, induce la formación de la cordillera volcánica del área centroamericana, y Guatemala es donde tiene su máximo grado de desarrollo, porque afloran los más elevados conos y depresiones caldéricas, con vulcanismo ácido, representado por Riolitas, Ignimbritas y Piroclásticos incluyendo Pómez. Estos materiales sirven de sustrato para el asiento del valle de Guatemala.⁴

b. Cuilco – Chixoy – Polochic

La ubicación de este sistema de fallas es descrita en el informe que lleva como título *Evaluación de la Amenaza Sísmica en Centroamérica*, en el cual Enrique Molina menciona lo siguiente:

La falla Chixoy – Polochic, también conocida como Cuilco – Chixoy – Polochic, es una de las principales fallas de zona en el suroeste de Guatemala y México. Se ejecuta en un arco en la costa este de Guatemala a Chiapas, a raíz de los profundos valles del Río Polochic, Río Chixoy y del Río Cuilco.”⁵

Citando otras fuentes bibliográficas, se describe nuevamente la ubicación y extensión de este sistema de fallas de la siguiente manera:

⁴ Enrique Molina. *Evaluación de la Amenaza Sísmica en Centroamérica; PROYECTO RESIS II*. Guatemala, abril 2008.

⁵ Fernando Gutierrez et. Al. *EL ÚLTIMO DIARIO*. Citado de Ortega.

La falla Chixoy Polochic en gran parte corre paralela al Motagua, falla situada a unos 80 km hacia el sur. Ambas fallas son extensiones de las zonas terrestres de las profundidades, o Fosa del Caimán del Mar Caribe, que marca el límite tectónico entre la placa del Caribe y la placa Norteamericana.⁶

“La zona de falla fue especialmente activa durante la orogenia Laramide que se produjo durante el Terciario temprano.”⁷ Mientras que la actividad sísmica reciente es más prominente en la falla del Motagua, algunos estudios sugieren que el sistema de falla Chixoy – Polochic todavía es capaz de producir terremotos de gran magnitud, como el terremoto de Guatemala en el año 1816, con una magnitud estimada de 7.5 grados en la escala de Richter.

Este sistema de falla se formó a lo largo de una zona de sutura hace 70 millones de años a 65 millones de años. Antes de esta sutura (desde 120 millones de años, en el Cretácico medio) se piensa que constituía un límite de subducción.

Poco se conoce sobre el desplazamiento de la falla de Motagua, sin embargo, el desplazamiento de depósitos sedimentarios recientes sugiere un desplazamiento entre 6 mm y 10 mm por año. (Burkart, 1978)⁸

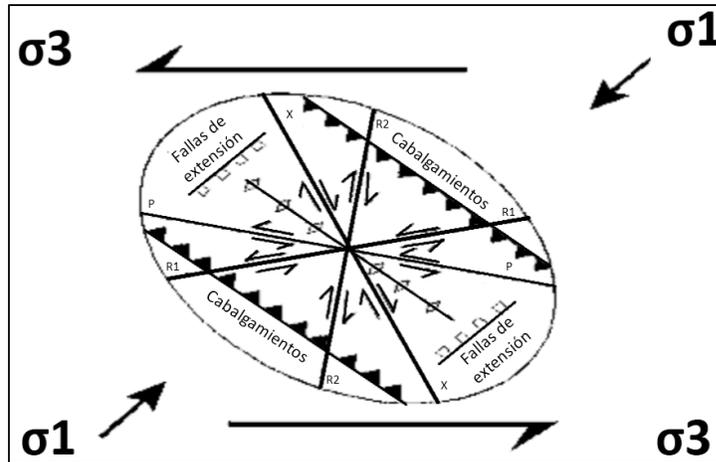
En cuanto a las relaciones estructurales en la figura 1 se muestra la elipse de deformación correspondiente al sistema teórico de fallas Chixoy-Polochic

⁶INTERNATIONAL GEOLOGY REVIEW. *The Maya – Chortís Boundary: A Tectonostratigraphic Approach*. Tema 11, volume 49, año 2007.

⁷William George, McGill Queens. *A HISTORICAL GEOGRAPHY OF THE CUCHUMATN HIGHLANDS*. Universidad de Montreal Kingston, año 2005.

⁸Mark Buchanan Gordon. *TECTÓNICA RECIENTE DEL BLOQUE CHORTIS*. Copia digital 2005. <http://www.ig.utexas.edu/research/projects/honduras/Gordonchtp3.htm> (02 de febrero 2013).

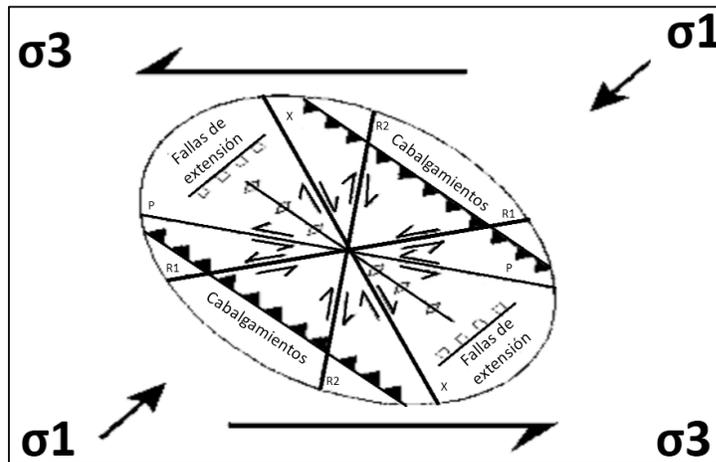
FIGURA 1
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO SINISTRAL
(MODELO TEÓRICO FALLA CHIXOY – POLOCHIC)



Fuente: Tiu Castro, Juan Ricardo. *Cartografía Geológica en los alrededores de la Finca Las Camelias en el límite sur de San Miguel Tucurú A.V. y norte de Purulhá B.V.* Trabajo Final de Campo, Técnico en geología, Universidad de San Carlos de Guatemala, Centro Universitario del Norte, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, año 2007.

También se debe tomar en cuenta al sistema de fallas correspondientes a la falla Motagua, por lo que en la figura 2 se muestra la elipse de deformación correspondiente a este sistema.

FIGURA 2
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO SINISTRAL
(MODELO TEÓRICO FALLA MOTAGUA)



Fuente: McClay Ken. *The mapping of geological structures: Elipse de deformación sinistral.* Universidad de Londres, Departamento de geología.

2.3.3 Geomorfología

A continuación se presentan la información correspondiente a los aspectos que influyen en la geomorfología del terreno en el área de investigación. Estos se dividieron según aspectos hidrológicos, suelos, el relieve del terreno, clima y vegetación, los cuales se describen a continuación.

a. Hidrología

“Guatemala es un país rico en recursos hídricos, dependiendo de la desembocadura de los afluentes, estas se han dividido en 3 grandes vertientes, que son del Pacífico, Atlántico y Golfo de México.

El área del departamento de Salamá pertenece a la vertiente del Atlántico, los ríos que se encuentran dentro de esta vertiente desembocan en el golfo de Honduras, estos son extensos y profundos. Dentro de los ríos más importantes están el Motagua o Río Grande y el Río Dulce, este último siendo el desagüe natural del Lago Izabal.

Dentro de los límites del área de investigación que comprende 9 km², se encuentran algunos ríos y quebradas siendo estos los ríos El Trapichito, El Camote y la quebrada Vainillas.

Los ríos, quebradas y riachuelos que se encuentran dentro del área en estudio, pertenecen a la cuenca del Motagua, que abarca 11 departamentos, 81 municipios y tiene un área de 12.670 km² aproximadamente; esta cuenca drena hacia la parte noreste del país desembocando en el océano Atlántico.”⁹

⁹ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, INFORME AMBIENTAL DEL ESTADO, Guatemala 2011. p. 31

En cuanto a la configuración del drenaje que forman los ríos y quebradas presentes en el área, se puede definir un patrón de drenaje sub-dendrítico, ya que se tiene un río tributario mayor bien definido, con mayor cantidad de caudal, donde llegan una serie de afluentes pequeños.

b. Clima y vegetación

“El municipio de Salamá se encuentra a una altura de 940 metros sobre el nivel del mar, su clima tiende a ser variado, en el norte es frío debido a las altas montañas y en el sur oscila entre templado y cálido; por lo que se considera un clima semicálido. La temperatura máxima asciende a los 31°C y la mínima se encuentra alrededor de los 21°C.

Los vientos predominantes son del este y su velocidad media es de 7.00 km/hora. Según registros meteorológicos la precipitación anual promedio es de 875 mm, y el promedio de días de lluvia es de 140 días al año; la humedad relativa media es del 75%, con una intensidad de lluvia de 101.50 mm/h.

Dichos datos se obtuvieron de la estación meteorológica San Jerónimo, la cual es de tipo limnigráfica y permite analizar la cuenca Chixoy afectada por la vertiente del Golfo de México.”¹⁰

¹⁰ Erick Omar Batres Pivaral, DISEÑO DE PUENTE VEHICULAR, SALAMA BAJA VERAPAZ, tesis de grado, Facultad de Ingeniería Civil, USAC., 2007. p. 7

c. Suelos

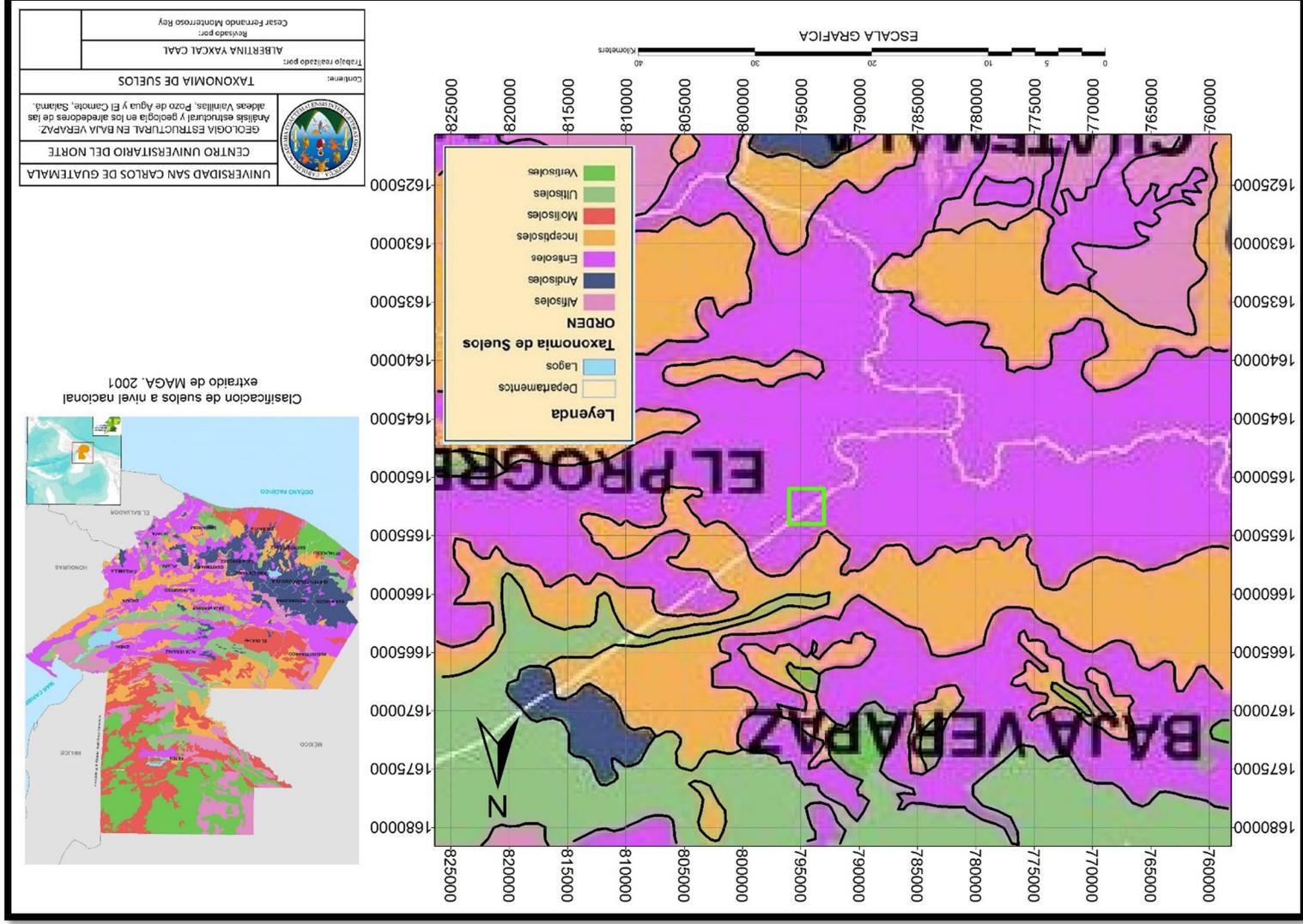
Guatemala posee una gran variedad de suelos por su clasificación, basado en características distintivas como la formación geológica, el clima entre otros, la taxonomía de la *USDA* reconoce 12 tipos de suelo, de los cuales Guatemala tiene 7 bien identificados, los cuales son:¹¹

- 1) Suelos Entisoles: son suelos minerales derivados tanto de materiales aluviónicos como residuales, de textura moderadamente gruesa a fina.
- 2) Suelos Mollisoles: se forman en área semiáridas a semihúmedas, típicamente bajo una cobertura de pasturas.
- 3) Suelos Inceptisoles: suelos de rápida formación, son procesos de translocación de materiales o meteorización extrema.
- 4) Suelos Vertisoles: suelos donde hay un alto contenido de arcilla expansiva que forma profundas grietas en las estaciones secas o en años.
- 5) Suelos Alfisoles: son suelos usualmente húmedos que se encuentran bajo la influencia de un clima tropical húmedo.
- 6) Suelos Andisoles: el material original lo constituyen, fundamentalmente, cenizas volcánicas.
- 7) Suelos Ultisoles: formados bajo condiciones de clima tropical húmedo; son de color rojizo oscuro y no muestran evidencias de saturación hídrica.

¹¹ Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, INFORME AMBIENTAL DEL ESTADO, Guatemala 2011. p. 21

Tomando en cuenta la información anteriormente descrita, la zona de estudio se encuentra ubicada sobre la unidad de Entisoles. Esto se logra apreciar en el mapa de taxonomía de suelos de la República de Guatemala, el polígono verde es el límite del área de estudio (mapa 2).

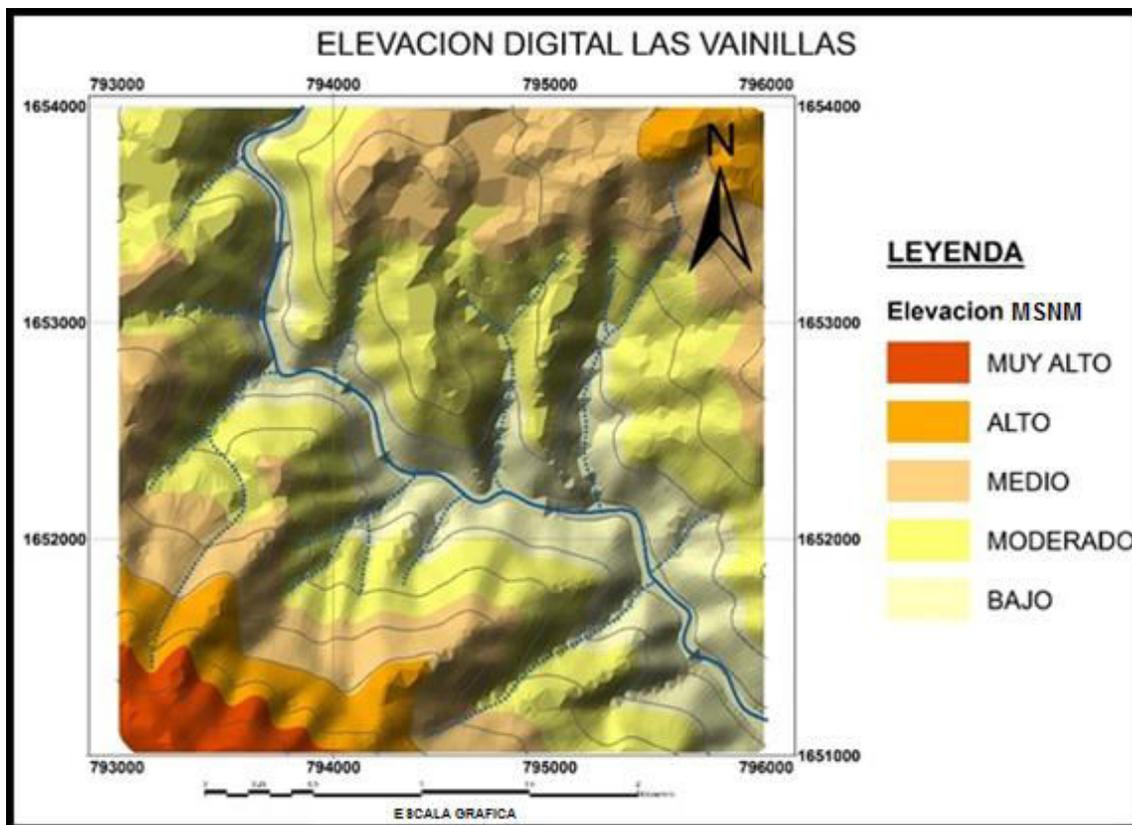
**MAPA 2
CLASIFICACIÓN DE SUELOS A NIVEL REGIONAL**



d. Relieve

En el área de estudio se logra observar un relieve que varía en las distintas localidades, para hacer referencia a esto a continuación se presenta el mapa 3 de elevación digital correspondiente al área en estudio, donde se observa que al norte y sur se encuentran las mayores elevaciones y disminuyen conforme se aproxima al centro del área por la presencia de los ríos El Trapichito y El Camote.

MAPA 3 ELEVACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO, RELACIÓN ALTURAS SOBRE EL NIVEL DEL MAR



Fuente: Investigación de campo, 2014. Obtenido de ArcGis 9.3.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

El proyecto de investigación desde el inicio ha sido planificado de una manera sistemática, esta planificación se dividió en cuatro etapas o fases que obedecen un orden consecutivo para su ejecución, las cuales se describen a continuación.

3.1 Marco metodológico

La metodología seguida, constó de cuatro etapas importantes, las cuales son definidas de una manera sistemática para el desarrollo de la investigación. Siendo estas etapas: recopilación bibliográfica, planificación, ejecución y análisis de los resultados obtenidos.

3.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

Esta etapa consistió en la recolección, consulta, y extracción de información de fuentes bibliográficas que fueron de utilidad para el desarrollo de la investigación. La información estuvo referida a antecedentes litológicos, estructurales, topográficos, geomorfológicos y sociales del área de estudio. Como se mencionó, durante esta etapa se recolectó toda la información concerniente a la problemática propuesta.

3.1.2 Etapa de planificación

Esta etapa tuvo una duración aproximada de seis meses, la cual se llevó a cabo a través del curso propedéutico correspondiente al Trabajo Final de Campo (TFC). Durante este tiempo se realizó la selección del área a estudiar, así como también el diagnóstico de la situación social y geología general de dicha área.

Por medio de las observaciones previas y datos obtenidos en este proceso, se identificó la problemática a tratar. Posteriormente a esto, se realizó una recopilación previa de información general concerniente al problema planteado, con esto se dio inicio a la elaboración del anteproyecto.

3.1.3 Etapa de ejecución

Esta etapa se dividió en dos fases para el desarrollo de la investigación, las cuales consistieron en la fase de campo y recolección de muestras para posteriormente ser analizadas en la fase de laboratorio. A continuación se describen de manera detallada las actividades que se desarrollaron en cada una de estas fases.

a. Fase de campo

Esta etapa dio inicio el día 26 de junio 2014 y finalizó el día 24 de agosto del mismo año. Durante este período se realizaron continuas visitas de campo, efectuando los recorridos y descripciones de los distintos afloramientos donde se observaron rasgos litológicos y estructurales, los cuales se ubicaron geográficamente por medio de un mapa

base y utilizando un sistema de posicionamiento global (*GPS*).

Para las descripciones litológicas y estructurales se aplicaron las guías de observación estructuradas ya establecidas durante el curso propedéutico, las cuales indican que datos estructurales, litológicos y geomorfológicos deben tomarse y la manera correcta para hacerlo.

Durante esta fase, se procedió a la extracción de muestras representativas de las unidades litológicas que se ubican dentro del área de investigación, estas para su posterior análisis macroscópico y microscópico. Para llevar un control y referencia de las muestras, estas fueron codificadas de la siguiente manera: #de muestra – AYC – 2014, ej. (M1-AYC-2014).

Los estudios realizados durante esta fase se clasificaron según los aspectos que engloba cada uno de ellos, esto se realizó de la siguiente manera:

- Topográficos: mediante la utilización del Sistema de Posicionamiento Global (*GPS*), se localizaron los puntos de observación en el mapa base y se trazaron los datos obtenidos en cada una de las estaciones ubicadas. Esto se realizó con las referencias espaciales en *UTM datum WGS 1984*.
- Geológicos: se realizó una descripción geológica general del área, recolectando datos a lo largo de cortes en caminos, veredas, quebradas y cerros, donde se identificaron contactos litológicos, elementos

geomorfológicos, elementos estructurales y rasgos tectónicos propios de la geología del lugar.

Al mismo tiempo los datos recolectados se plasmaron en el mapa base del área, se utilizó una libreta de campo donde se llevó un registro de las características macroscópicas de las diferentes rocas y las relaciones geométricas de estas. Las descripciones realizadas, se basaron en las guías de observación elaboradas para los aspectos lito-estratigráficos, geológicos estructurales y geomorfológicos.

La fase de campo se realizó siguiendo los pasos del procedimiento descrito a continuación:

- Levantamiento geológico mediante la técnica de afloramientos a escala 1:5 000, trazando las rutas y estaciones en el mapa base utilizando el *GPS*.
- Se recolectaron datos tanto estructurales como litológicos conforme a las guías de observación definidas.
- La medición de los datos estructurales se llevó a cabo con brújula tipo silva tomando la orientación de cada una de las estructuras ubicadas, para esto se utilizó la notación Dip-Dir. Los datos recolectados fueron anotados en la libreta de campo y el mapa base.
- Se graficaron y ubicaron en el mapa base las unidades litológicas encontradas y las estructuras geológicas presentes.

- Se muestrearon las diferentes unidades litológicas y se elaboró el análisis macroscópico identificando, mineralogía y texturas presentes en la roca.

b. Fase de laboratorio

Esta fase se realizó en un periodo aproximado de un mes, el cual inició después de la fase de campo. Durante este tiempo se elaboraron secciones delgadas de las muestras recolectadas en la fase campo, esto para el análisis petrográfico.

Por medio del análisis petrográfico se identificaron los minerales que componen a cada una de las rocas correspondientes a las unidades litológicas, esto fue posible determinando los porcentajes de abundancia que tiene cada mineral en las muestras. También se describen las estructuras microscópicas de las rocas como texturas, sombras de presión entre otras. Estas descripciones se obtuvieron de la guía de observación de laboratorio y fueron realizadas en el laboratorio del Centro Universitario del Norte.

La secuencia del procedimiento de esta fase se describe de la siguiente manera:

- Se analizó la mineralogía por medio de la utilización de microscopio petrográfico.
- Descripción y análisis de las secciones delgadas de las muestras orientadas.
- Utilización de lupa para análisis de muestra de mano.

- Identificación del contenido mineralógico de las unidades presentes
- Descripción de micro estructuras que se puedan utilizar como indicadores de la cinemática de las estructuras que presenta la roca.

3.1.4 Etapa de análisis de resultados

Esta etapa se inició posterior a la etapa de laboratorio con una duración aproximada de 3 meses. Durante este tiempo se tabularon y analizaron los datos obtenidos en campo y en la fase de laboratorio, se elaboraron el mapa geológico, cortes geológicos, análisis de resultados de laboratorio; elaboración de estéreo falsillas y rosetas con los datos estructurales, para su análisis y realización de la elipse de deformación local.

Se interpretaron los datos litológicos, estructurales y elementos geomorfológicos para la elaboración del mapa geomorfológico. Por último, con los resultados obtenidos se elaboró el informe final, donde se contrasta la información de esta investigación con las investigaciones anteriores para determinar su coincidencia.

El mapa geológico se trabajó a una escala de 1:10 000, con curvas de nivel equidistantes a 20m con su respectiva leyenda (Estratigrafía) y simbología.

Se elaboraron dos perfiles a escala 1:10 000 y se correlacionaron las unidades lito-estratigráficas, basándose en sus edades relativas y su disposición en campo.

Para el análisis de la información se realizaron las siguientes actividades

- A partir del mapa geológico generado, según datos estructurales y litológicos se elaboraron perfiles geológicos del área
- Se elaboró el modelo estructural local, construido en base a la orientación del esfuerzo principal que es revelado mediante los resultados estructurales obtenidos.
- Realización de análisis estadísticos por medio del método estereográfico, para determinar la orientación de los esfuerzos y así determinar la cinemática local.
- Se organizaron los elementos geomorfológicos presentes en el área, en base a las observaciones en campo.
- Se identificaron lineamientos estructurales mediante el análisis de fotografías aéreas.

CAPITULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Estratigrafía local

Las rocas que se encontraron en el campo se clasificaron en base a sus características texturales y contenido mineral, luego del análisis macro y microscópico. Por medio de este análisis se definieron unidades litológicas de naturaleza informal. No se determinaron edades absolutas y la cronología de las unidades se dibuja a partir de las relaciones geométricas entre unidades.

4.1.1 Unidades litológicas

Durante la fase de campo se identificaron siete unidades de roca y dos unidades deposicionales que a continuación se describen en el orden de edad relativa que muestra cada una de ellas según sus relaciones geométricas en campo.

a. Unidad de Gneis Biotítico (Mgb)

La unidad de Gneis Biotítico se encuentra situada en la parte sur central del área, formando una especie de faja que se prolonga desde la parte central hacia la parte este del área, abarcando un espacio de 1.98 km² aproximadamente.

Esta unidad se encuentra sub-yaciendo a la unidad de Gneis de dos Micas y sobre-yaciendo a la unidad de Esquisto Granatífero. En la parte norte está en contacto gradual con la unidad de Gneis dos Micas y en la parte sur en contacto fallado con la unidad de Serpentinita, donde el relieve es montañoso con laderas que poseen pendientes mayores a los 30 grados como se muestra en el mapa geológico (Anexo 1) y en el mapa de pendientes (Anexo 2)

Los afloramientos de Gneis Biotítico son más visibles en las orillas del río El Camote, estando mejor expuesta en el lugar de donde se extrajo la muestra M2-AYC-2014 para análisis petrográfico. Un claro ejemplo de estos afloramientos se muestra en la fotografía 1.

FOTOGRAFÍA 1
AFLORAMIENTO DE GNEIS BIOTÍTICO (MGB). E: 795221,
N: 1652111



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

En las rocas observadas en los distintos afloramientos se puede encontrar variaciones en el contenido de biotita, ya que en la parte este se aprecia, mayor concentración del mineral, mientras que en la parte oeste central el contenido de biotita es menor y se aprecia una mínima presencia de moscovita.

A continuación se muestra un resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas que se realizaron a las rocas de esta unidad, las guías del análisis completo se encuentran en el anexo 3.

1) Descripción macroscópica

En los afloramientos de la unidad de Gneis Biotítico se observó que la roca tiene un color gris oscuro con bandas blancas, presentando una meteorización moderada de grado III, con decoloración y descomposición ligera.

Con las muestras de mano se determinó que esta unidad está compuesta por cuarzo y biotita principalmente. Presenta textura gnéisica bandeada, fracturas, fallas y plegamiento.

Para una visualización clara, la fotografía 2 muestra una vista del afloramiento como también de la muestra de mano, en el cual se observa lo descrito anteriormente.

FOTOGRAFÍA 2
AFLORAMIENTO Y MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE
GNEIS BIOTÍTICO. E: 795221, N: 1652111



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

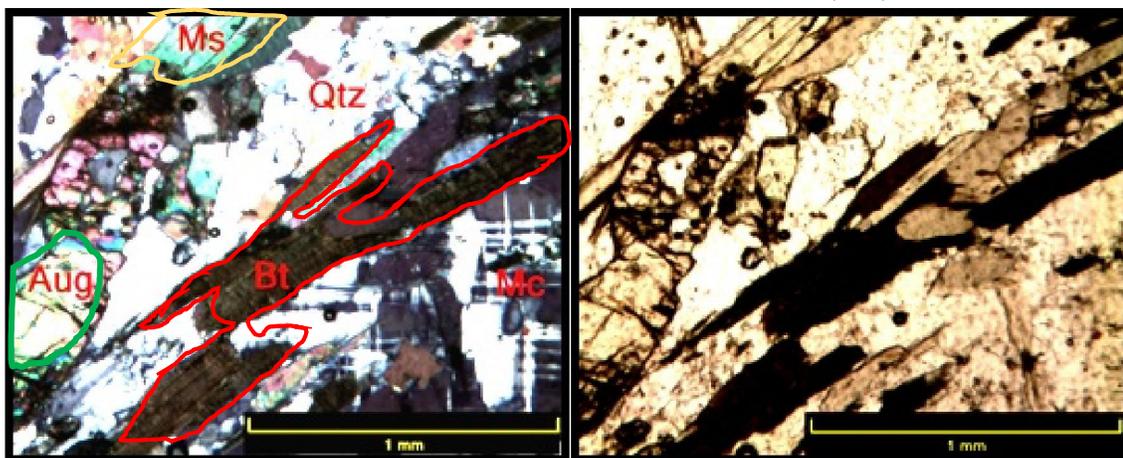
Referencias: a) Toma cercana del afloramiento de Gneis Biotítico; b) Muestra M2-AYC-2014 recolectada para análisis petrográfico.

2) Descripción Microscópica

El contenido mineralógico de esta roca consiste en minerales de cuarzo, biotita, moscovita, microclina, augita y como posible mineral opaco magnetita.

Por el alto porcentaje de biotita, a esta unidad se le asignó el nombre de Gneis Biotítico, muestra de esto se logra observar en la fotografía 3. En esta roca se presentan micro texturas granonematoblástica como también microestructuras como alineación de minerales y fracturamiento.

FOTOGRAFÍA 3
MICROFOTOGRAFÍAS DE MUESTRA M2-AYC-2014 DE LA
UNIDAD DE GNEIS BIOTÍTICO. E: 795221; N, 1652111



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Microfotografía de sección delgada de la muestra de Gneis Biotítico con XPL; b) Microfotografía de sección delgada con PPL. Las fotografías con aumento de 40X, en la sección los minerales esenciales muestran Moscovita (Ms), Biotita (Bt), Cuarzo (Qz). Otros son la Microclina y la Augita.

b. Unidad de Gneis de dos micas (Mcg)

Esta unidad se localiza en la parte central y se extiende al noreste, abarca una superficie aproximada de 3.65 km², es la unidad con mayor extensión.

Debido a que esta unidad es muy extensa, su relieve es muy variado, se observan relieves montañosos abruptos al noreste con pendientes mayores a 30° y algunas partes como las simas de algunas montañas con pendientes de 5° a 15° (Anexo 2).

Se encuentra en contacto con la mayoría de las unidades litológicas del área. Sobre-yace a la unidad de Gneis Biotítico e infra-yace la unidad de Cuarcita. Al noreste, el contacto con el Mármol se encuentra oculto y el contacto con el Coluvión es discordante, al suroeste se encuentra limitado

con el Gneis Biotítico por una estructura fallada, esta unidad también está siendo cabalgada por la Serpentinita en la parte suroeste (Anexo 1).

La unidad pertenece a la variedad de Gneis Micáceo, en algunas partes al sur el porcentaje de Biotita es mayor a diferencia de la parte norte donde el porcentaje de moscovita es mayor. Las mejores exposiciones de la unidad se encuentran a orillas del río El Camote, en esta parte se tomó la muestra M3-AYC-2014 para la descripción petrográfica (Anexo 3).

Muestra de uno de los afloramientos de esta unidad litológica se puede observar en la fotografía 4.

FOTOGRAFÍA 4
AFLORAMIENTO DE GNEIS DE DOS MICAS (MCG) UBICADO
EN EL CENTRO DEL ÁREA DE ESTUDIO. E: 794171, N: 1652505



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

A continuación se muestra un resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas que se realizaron a la muestra M3-AYC-2014, las guías del análisis completo se encuentran en el Anexo 3.

1) Descripción macroscópica

En afloramiento y muestra de mano de esta unidad, presenta una coloración gris claro a marrón, presentando una meteorización de grado IV, originada por agentes mecánicos y químicos ya que esta unidad se concentra más en el área de viviendas y cultivos. Mineralógicamente se aprecia el cuarzo, la moscovita como mica principal y biotita. Esta unidad se encuentra foliada, fracturada, plegada y crenulada.

Muestra de esto se observa en la fotografía 5.

FOTOGRAFÍA 5 AFLORAMIENTO Y MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE GNEIS DE DOS MICAS. E: 794171, N: 1652505



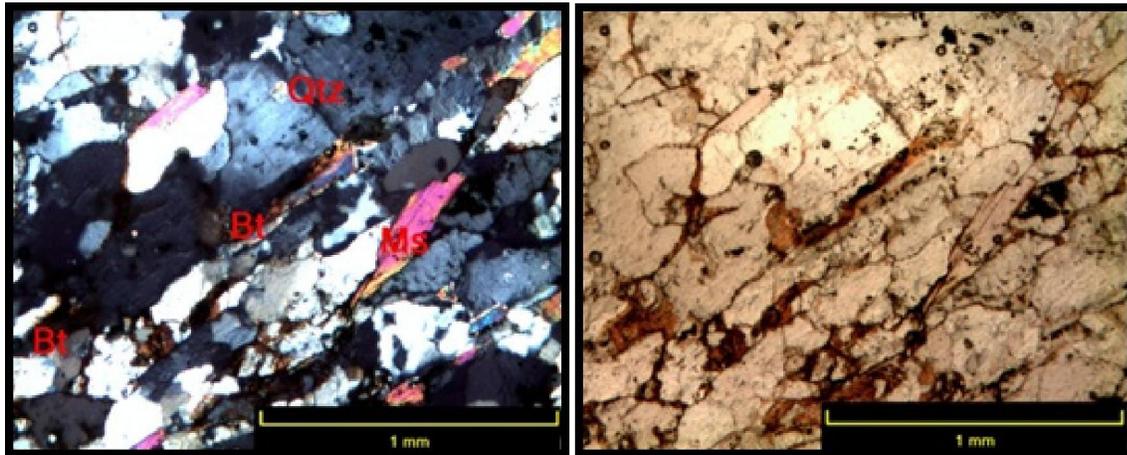
Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Toma cercana del afloramiento; b) Toma de la muestra M3-AYC-2014, recolectada para el análisis petrográfico.

2) Descripción microscópica

Esta unidad está compuesta mineralógicamente por cuarzo, moscovita, biotita, feldespato (microclina) y como mineral opaco se tiene la magnetita. La roca presenta micro texturas granoblásticas y lepidoblástica; microestructuras de foliación y fracturamiento (fotografía 6).

FOTOGRAFÍA 6 MICROFOTOGRAFÍA DE LA MUESTRA CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE GNEIS DE DOS MICAS. E: 794171, N: 1652505



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Sección delgada de la muestra de Gneis de dos Micas con vista en XPL; b) Sección delgada de la muestra de Gneis de dos Micas con vista en PPL. Ambas fotografías con aumento de 40X, en la sección los minerales esenciales muestran Moscovita (Ms), Biotita (Bt) y Cuarzo (Qtz).

c. Unidad de Cuarcita (Mc)

Esta unidad se ubica al noroeste del área, dispuesta en un lente que se extiende 0.16 km² aproximadamente. El relieve de esta unidad es abrupto, ya que se encuentra en la cima de una montaña que tiene una ladera con pendiente mayor a los 50° (Anexo 2).

La unidad de Cuarcita sobre-yace a la unidad de Esquisto Granatífero y a la unidad de Gneis de dos micas. También se presenta en contacto fallado con la unidad de Esquisto Granatífero y en contacto gradual con la unidad de Gneis de dos Micas.

La mejor exposición de esta unidad se ubica en el cerro Medidor al noreste del área, es un afloramiento de roca sana que se observa en la cresta del cerro, además es posible apreciar que en la ladera oeste del cerro Medidor se encuentran bloques de Cuarcita formando un coluvión, esto se puede visualizar en la fotografía 7.

FOTOGRAFÍA 7
AFLORAMIENTO DE CUARCITA EN LA CIMA DEL CERRO
MEDIDOR, ALDEA LAS VAINILLAS. E: 794059, N: 1653593



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

En los afloramientos se logra observar una variación en el contenido de granates, ya que de la cima del cerro hacia las laderas ocurre un incremento en el contenido de este mineral.

A continuación se muestra un resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas que se realizaron a las rocas de esta unidad, las guías del análisis completo se encuentran en el anexo 3.

1) Descripción macroscópica

Los afloramientos de esta unidad de roca tienen una coloración blanca con franjas delgadas de color café, con meteorización moderada de grado III.

Los minerales principales visibles en muestra de mano son: cuarzo, moscovita y granate. Presenta una textura equigranular y granates porfídicos, la roca se encuentra foliada, fracturada y fallada.

Muestra de lo descrito anteriormente se logra observar en la fotografía 8, en donde se presenta la muestra de mano extraída para su posterior análisis.

FOTOGRAFÍA 8
MUESTRAS DE MANO CORRESPONDIENTES A LA UNIDAD DE
CUARCITA. E: 794059, N: 1653593



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Vista de planta; b) Vista de perfil.

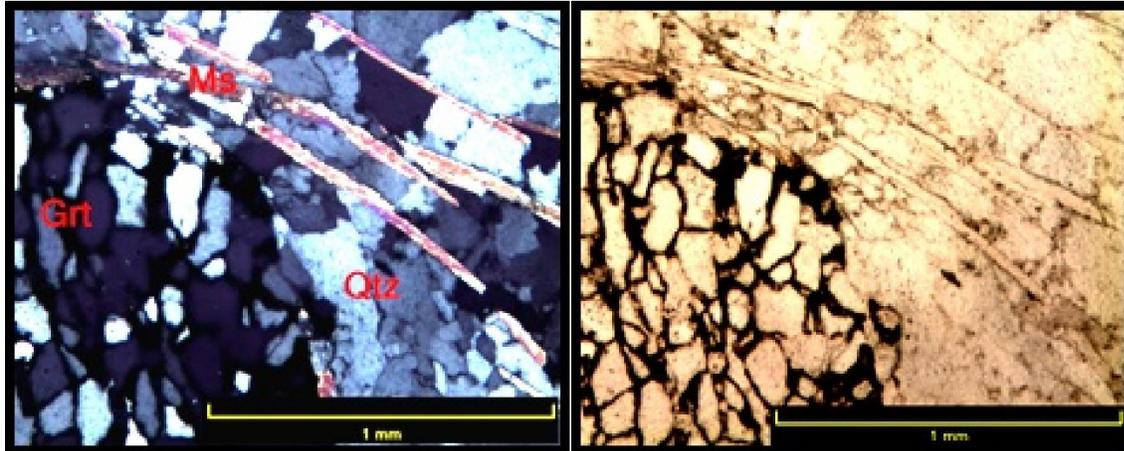
2) Descripción microscópica

Mediante análisis de sección delgada se determinó que es una Cuarcita debido a su contenido mineral abundante en cuarzo con 85%, moscovita con 10% y granate con 3%, también se presentan algunos minerales opacos con un 2%.

La sección delgada muestra una microtextura granolepidoblástica y como microestructura se tiene el granate rotado e inclusiones de cuarzo post-tectónico en el mismo.

Para una mejor visualización, en la fotografía 9 se muestra la composición de la sección delgada.

FOTOGRAFÍA 9
MICRO FOTOGRAFÍAS DE SECCIÓN DELGADA
CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE CUARCITA. E: 794059,
N: 1653593



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Sección delgada de muestra de Cuarcita vista en XPL; b) Sección delgada de muestra de Cuarcita vista en PPL. Analizada con un aumento de 40X, los minerales esenciales que se observan son moscovita (Ms), Cuarzo (Qtz) y como accesorios el Granate (Grt) que esta sustituido por inclusiones de Cuarzo.

d. Unidad de Esquisto Granatífero (Mg)

Esta unidad se localiza en la parte noroeste del área de estudio, abarcando una extensión superficial aproximada de 1.25 Km². Aflorando en una zona geomorfológica con relieve accidentado debido a la alta pendiente de las laderas montañosas.

La Unidad de Esquisto Granatífero está en contacto con la unidad de Gneis de dos Micas, delimitadas por una quebrada con orientación noreste. Así mismo al norte se encuentra en contacto fallado con un lente de Cuarcita, este delimitado por una estructura cizallada. (Anexo 1).

La unidad de Esquisto Granatífero tiene una variación en el contenido de granates, encontrando un

mayor porcentaje en la parte oeste, a diferencia de la parte norte que presenta un menor porcentaje de este mineral. También se puede observar que la meteorización al oeste es menor que en la parte norte, siendo clasificada de grado II y de grado IV, ya que en la última en mención, la roca presenta mayor decoloración y descomposición.

La presencia de granate en esta unidad y la asociación mineralógica con clorita indican que esta unidad tiene un metamorfismo retrógrado.

La mejor exposición en superficie de esta unidad se puede observar al oeste del área, como se muestra en la fotografía 10, lugar del cual se extrajo la muestra número M1-AYC-2014 que se utilizó para el análisis macroscópico y microscópico.

FOTOGRAFÍA 10
AFLORAMIENTO DE ESQUISTO GRANATÍFERO (MG) A
ORILLA DEL RIO TRAPICHITO. E: 793741, N: 1652790



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

A continuación se muestra el resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas que se realizaron a las muestras de esta unidad, las guías del análisis completo se encuentran en el Anexo 3.

1) Descripción macroscópica

La roca presenta un color verde con tonalidades grisáceas, se encuentra con una meteorización alta de grado IV, esto se define debido a la alta descomposición y decoloración que presenta la roca.

Los minerales esenciales que se observan son el cuarzo, moscovita, biotita, los accesorios son la clorita y granate, eventualmente se aprecian algunos minerales metálicos.

En toda la unidad de Esquisto Granatífero, el granate se aprecia en diferentes tamaños desde 1 mm hasta 5 mm aproximadamente. La textura que presenta esta unidad de roca es esquistosa-porfídica. A nivel estructural se observa la foliación, crenulaciones y lineación mineral.

La fotografía 11 se observa una vista del afloramiento de donde se extrajo la muestra.

FOTOGRAFÍA 11
AFLORAMIENTO Y MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE
ESQUISTO GRANATÍFERO. E: 793741, N: 1652790



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Toma cercana del afloramiento; b) Muestra M1-AYC-2014, recolectada para análisis petrográfico.

2) Descripción microscópica

Durante el análisis de sección delgada se establecieron los porcentajes del contenido mineralógico de esta roca, observando la presencia de moscovita, biotita, clorita, cuarzo, como minerales esenciales representando el 70%.

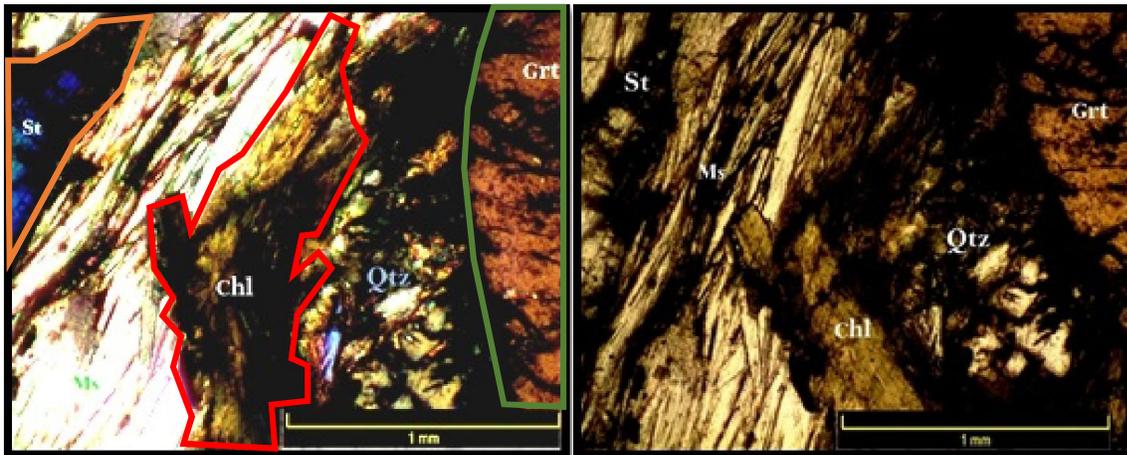
Como minerales accesorios se observó granate, estaurolita, distena, representando el 30%, también se observa pirita, por lo que se asignó el nombre de la unidad como Esquisto Granatífero.

Las microtexturas presentes en la sección son la granolepidoblástica y porfidoblástica. Se identificaron

microestructuras como crenulación, foliación, granates rotados y sombras de presión.

Para una mejor apreciación de estas descripciones, se presenta la fotografía 12.

FOTOGRAFÍA 12
MICRO FOTOGRAFÍA DE SECCIÓN DELGADA
CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE ESQUISTO
GRANATÍFERO. E: 793741, N: 1652790



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: Sección delgada de muestra correspondiente a la unidad de Esquisto Granatífero a) vista XPL y b) vista PPL. Con aumento de 40X los minerales típicos son Granate (Grt), Moscovita (Ms), Cuarzo (Qtz), Clorita (Chl) y Estauroлита (St).

e. Unidad de Mármol (Mbm)

La unidad de Mármol se encuentra en contacto con varias unidades, en la mayoría, los contactos se encuentran ocultos pero es posible determinar en algunas su posición relativa; por lo que sobre-yace la unidad de Esquisto Granatífero ubicado al noroeste.

De igual forma sobre-yace la unidad de Gneis Biotítico ubicado al sureste y presenta un plegamiento de tipo antiformal con una dimensión aproximada de

0.11 km². Al noreste en otro afloramiento se presenta como un cuerpo rocoso foliado que sobre-yace la unidad de Gneis de dos Micas.

El relieve de cada afloramiento es similar, ya que los 3 se encuentran en las laderas de las montañas medias. La mejor exposición de esta unidad se localiza al sur, como se observa en la fotografía 13, en el afloramiento sobre el Camote, en dicha ubicación es posible encontrar roca sana.

FOTOGRAFÍA 13
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD MÁRMOL EN LAS
PROXIMIDADES DE LA ALDEA EL CAMOTE. E: 795379,
N: 1651575



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

A continuación se muestra un resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas que se realizaron a las rocas de esta unidad, las guías del análisis completo se encuentran en el anexo 3.

1) Descripción macroscópica

Las rocas de esta unidad presentan una coloración de gris oscuro con bandas blancas en los afloramientos, con una meteorización débil de grado II. El mineral más abundante es la calcita, ya que contiene un 95% y la cantidad de cuarzo es un 3%. Esta unidad de roca se encuentra foliada con una textura granular.

Muestra de ello se presenta en la fotografía 14.

FOTOGRAFÍA 14 MUESTRA M6-AYC-2104 CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE MÁRMOL. E: 795379; N, 1651575

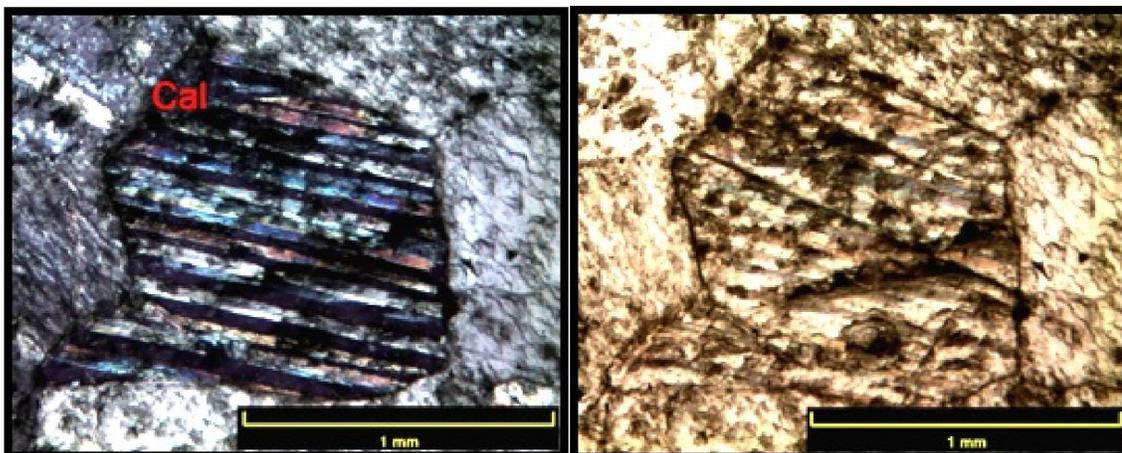


Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

2) Descripción microscópica

En el análisis de la sección delgada correspondiente a esta unidad, se determinó que el mayor porcentaje de mineral que contiene es de calcita con un 95% y en menor porcentaje el cuarzo con un 3% y minerales metálicos con un 2%, como se observa en la fotografía 15. Presenta microtextura equigranular y granoblástica.

FOTOGRAFÍA 15 MICRO FOTOGRAFÍAS DE SECCIÓN DELGADA CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE MÁRMOL. E: 795379, N: 1651575



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Sección delgada con vista en XPL; b) Sección delgada con vista en PPL. Con un aumento de 40X, en la sección el mineral esencial que se muestra es la Calcita.

f. Unidad de Anfibolita (A)

Esta unidad litológica se localiza en la parte sur del área y abarca aproximadamente 0.16km². Se encuentra aflorando en un relieve abrupto, ya que presenta varios escarpes de dimensiones mayores a la decena de metros.

Se encuentra sobre-yacida por la unidad de Serpentinita y sub-yacida por la unidad de Gneis Biotítico. Esta unidad está limitada al norte con un contacto gradual con el Gneis Biotítico y al sur se encuentra en contacto fallado de tipo inverso (cabalgamiento) con la unidad de Serpentinita.

La unidad no es muy extensa superficialmente, por lo que el mejor afloramiento que se observó se localiza al sur (fotografía 16), en la parte alta del cerro Peña Negra, de donde se obtuvo la muestra M4-AYC-2014 para realizar las descripciones microscópicas y macroscópicas.

FOTOGRAFÍA 16
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA EN LAS
LADERAS EL CERRO PEÑA NEGRA. E: 794256, N: 1651175



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

A continuación se muestra un resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas que se realizaron a las rocas correspondientes a esta unidad, las guías del análisis completo se encuentran en el anexo 3.

1) Descripción macroscópica

Esta unidad de roca presenta una coloración verde oscura con meteorización débil de grado II. Los minerales que se le observa en muestra de mano (fotografía 17) son, anfíbol, cuarzo y posibles metales ya que la roca es densa. Esta roca tiene textura equigranular y se encuentra foliada y fracturada.

FOTOGRAFÍA 17
AFLORAMIENTO Y MUESTRA M4-AYC-2014
CORRESPONDIENTES A LA UNIDAD DE ANFIBOLITA.
E: 794256, N: 1 651175



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Afloramiento de la unidad de Anfíbolita; b) Muestra M4-AYC-2014.

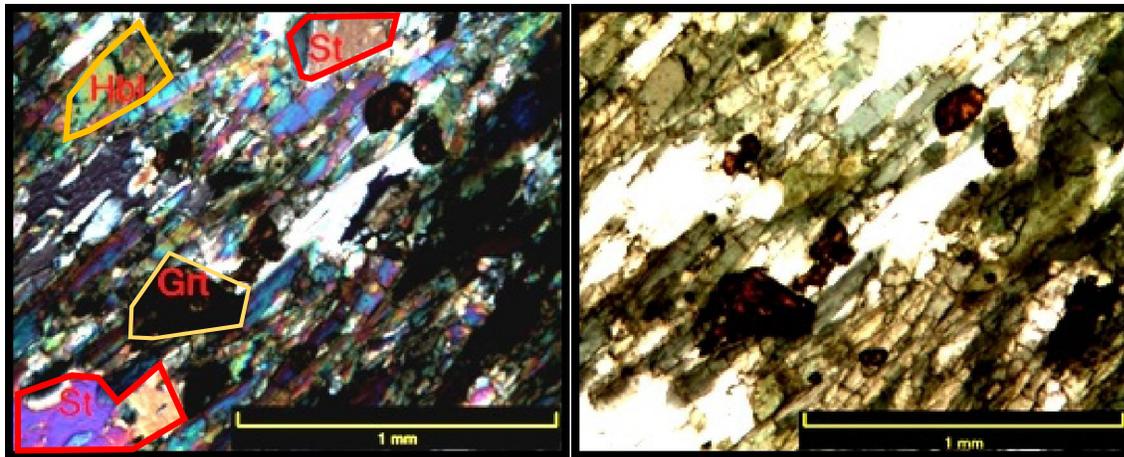
2) Descripción microscópica

En el análisis de sección delgada se identificaron minerales de anfíbol (hornblenda),

estauroлита, granate, cuarzo y rutilo. Por el contenido alto de anfíbol se le asigna el nombre de anfíbolita. Tiene microtexturas granoblástica y lepidoblástica.

En la fotografía 18, se observan los minerales ya mencionados.

FOTOGRAFÍA 18
MICRO FOTOGRAFÍAS DE SECCIÓN DELGADA DE MUESTRAS
DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA. E: 794256, N: 1651175



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Sección delgada con vista en XPL; b) Sección delgada con vista en PPL. Con un aumento de 40X, en la sección delgada los minerales que se observan son: Hornblenda (Hbl), Estauroлита (St). Se observa Granate (Grt) como mineral accesorio.

g. Unidad de Serpentinita (Sp)

Esta unidad está localizada en la parte sur de la zona estudiada, abarca un área aproximada de 0.96 km². Es parte de una serie alóctona que está emplazada sobre las unidades de Gneis.

El relieve de esta unidad es abrupto ya, que se encuentra sobre una serie de cerros alineados al este con pendientes mayores a los 30° y en una parte del Río El Camote.

La unidad se encuentra cabalgando sobre las unidades de Gneis Biotítico, Gneis de dos Micas y Anfibolita, mediante un movimiento inverso con un plano de falla inclinado hacia al sur.

El afloramiento que se aprecia mejor se encuentra en la parte sureste del área, fotografía 19, ubicado en una ladera a un costado del río El Camote, de donde se extrajo la muestra M7-AYC-2014 para las descripciones macroscópicas y microscópicas.

FOTOGRAFÍA 19
AFLORAMIENTO DE SERPENTINITA A ORILLAS DEL RÍO EL
CAMOTE. E: 795672, N: 1651621



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

La roca de esta unidad se encuentra foliada y fracturada. Entre las características de la Serpentinita es posible observar que la meteorización varía, en la parte sur es moderada de grado III presentando ligera decoloración. En algunas partes en los alrededores del

Río El camote la meteorización es alta de grado IV, ya que se observa mayor decoloración y descomposición del material.

Seguidamente se muestra un resumen de las descripciones macroscópicas y microscópicas.

1) Descripción macroscópica

Los afloramientos de esta roca presentan una coloración de verdosa clara, con una meteorización media de grado III, con un contenido mineral a nivel de muestra de mano de serpentinita y talco. Tiene textura sedosa y milonítica, a la vez se encuentra foliada y fracturada.

Muestra de lo anterior descrito se puede observar en la fotografía 20.

FOTOGRAFÍA 20 AFLORAMIENTO Y MUESTRA M7-AYC-2014 DE LA UNIDAD DE SERPENTINITA. E: 795672, N: 1651621



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

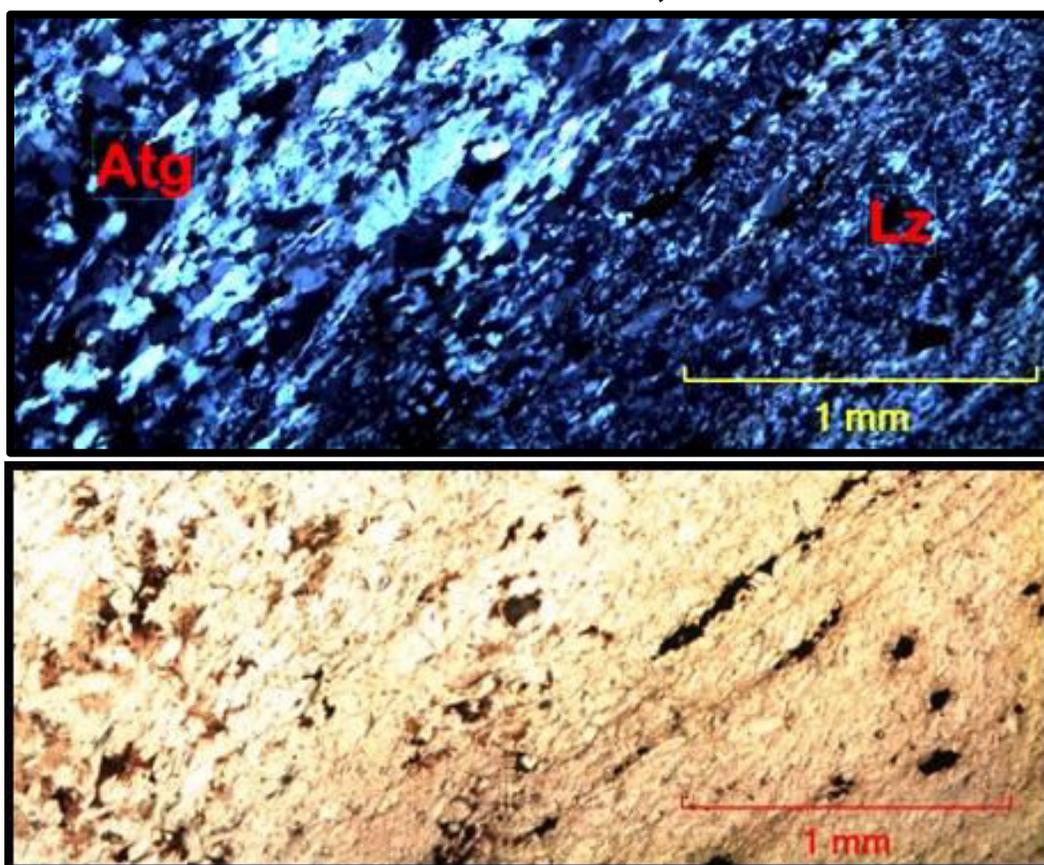
Referencias: a) Afloramiento de Serpentinita; b) Muestra de mano para análisis petrográfico.

2) Descripción microscópica

En base al análisis de sección delgada, fue posible describir los minerales de serpentina como la lizardita con un hábito fibroso y la antigorita con un hábito tabular. Como minerales opacos se tienen la magnetita y hematita (color rojizo).

Presenta microtextura lepidoblástica y microestructura de milonitización. Estos rasgos pueden observarse en la fotografía 21.

FOTOGRAFÍA 21 MICROFOTOGRAFÍA DE SECCIÓN DELGADA, MUESTRA DE SERPENTINITA. E: 795672, N: 1651621



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Sección delgada con vista en XPL; b) Sección delgada con vista en PPL. Con un aumento de 40X, los minerales esenciales son Antigorita (Atg) y Lizardita (Lz).

4.1.2 Unidades superficiales

Estas unidades consisten en depósitos de materiales, que son producto de la desintegración y transporte de fragmentos rocosos, a zonas de deposición debido a la acción hídrica o a procesos gravitacionales.

En el área se encuentran masas de tipo coluvión depositadas sobre las unidades de Cuarzita, Mármol, y Gneises, así mismo a orillas del río se observan pequeñas terrazas aluviales, estos aspectos se describen de una manera detallada a continuación.

a. Unidad de Coluvión (Qcol)

Esta unidad de roca, se encuentra dispuesta en varias partes del área de investigación.

Consiste en depósitos de fragmentos de varios tipos de roca, donde se pueden observar Peridotitas, Anfibolitas, Eclogitas, Filitas, Mármol y Cuarzo; esto varía dependiendo de la zona donde se encuentren.

En la parte noroeste en el Cerro Medidor se encuentra un coluvión sobre la unidad de Cuarzita y Esquisto Granatífero, que consiste en fragmentos mezclados de Esquisto y Cuarzo. El Coluvión situado en el cerro la Peña Negra se encuentra sobre la unidad de Anfibolita y Serpentinita. El coluvión ubicado sobre el camino hacia el Camote esta sobre la Unidad de Mármol.

Así mismo existe un coluvión al noreste del área, este en las cercanías a la aldea Pozo de Agua, que está sobre la unidad de Gneis de dos Micas y Mármol. Las masas

coluviales en conjunto cubren una extensión aproximada de 0.313 km². Muestra de una de las zonas de coluvión se puede apreciar en la fotografía 22.

FOTOGRAFÍA 22
UNIDAD DE COLUVIÓN DEPOSITADO SOBRE LA UNIDAD
DE CUARCITA. E: 793984, N: 1653642



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

El relieve donde se ubican los coluviones es accidentado, ya que se encuentran en las laderas que favorecen al flujo de los bloques del material que lo componen. En las zonas de mayor inclinación, se sitúan con más frecuencia eventos que conllevan al transporte de fragmentos que al depositarse forman las masas coluvionales.

b. Unidad Aluvial (Qal)

Esta unidad consiste en depósitos aluviales, los cuales están conformados por pequeñas porciones de material detrítico ubicados en la superficie y a orillas de los ríos. Estos depósitos son construidos por los sedimentos que se transportan por la acción hídrica y que se depositan a los lados del cauce del río en los lugares en los que la pendiente disminuye, con lo que su capacidad de arrastre también se hace menor. Las zonas donde se produce la deposición abarcan extensiones de superficie alrededor de cientos de metros.

Es posible apreciar los depósitos aluviales en el río el Camote, próximo a donde se une la quebrada Vainillas, como se observa en la fotografía 23.

FOTOGRAFÍA 23
UNIDAD DE ALUVIÓN EN LAS ORILLAS Y LECHO DEL RÍO
EL CAMOTE. E: 795580, N: 1651715



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Las formas que se producen en las terrazas tienen un parecido a medias lunas de sedimentos que contiene arena fina y gruesa que posee clastos sub-redondeados y están pobremente clasificados.

Los materiales que generan los sedimentos son fragmentos de Cuarzo, Esquisto, Mármol, Peridotita y otros fragmentos líticos.

4.2 Geología estructural

En el siguiente apartado se describen los distintos rasgos estructurales que se encontraron en los afloramientos del área de estudio.

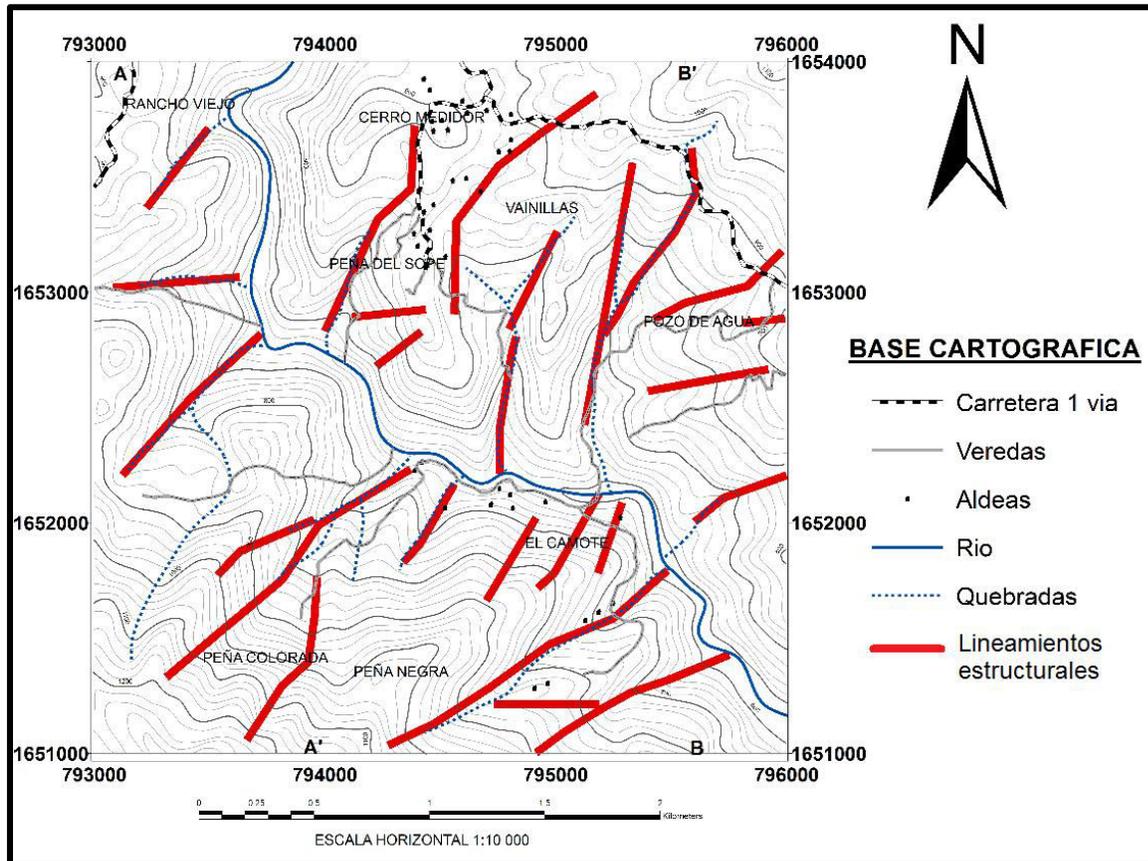
Dentro del área de investigación se encuentra marcado un régimen frágil que está siendo evidenciado por las estructuras como: fracturas, grietas de tensión y fallas. Además de estas estructuras se identificaron otras pertenecientes al dominio dúctil como lo son la foliación, pliegues, crenulaciones, *boudines*, zonas de cizalla; estas al oeste y centro del área.

Enseguida se incluye una descripción detallada de las principales características geométricas de las estructuras encontradas dentro del área de investigación.

4.2.1 Lineamientos estructurales

Los lineamientos estructurales se determinaron a través del análisis de fotografías aéreas y del modelo de elevación digital (*DEM*), estos se pueden observar en el mapa 4.

MAPA 4 MAPA DE LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES

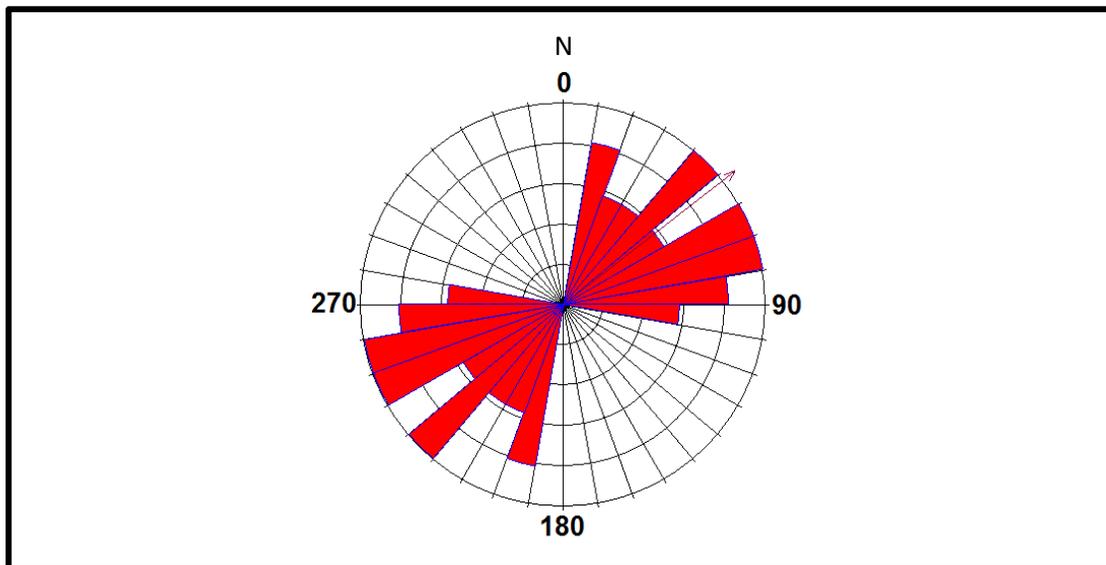


Fuente: Investigación de campo, 2014. Obtenido de *ArcGis* 9.3.

El mapa de lineamientos estructurales se realizó con el fin de tener un panorama general de la orientación de las posibles estructuras mayores ubicadas dentro del área, como contactos litológicos entre unidades, dirección de fallas, o cualquier estructura que fuera difícil de determinar en el campo por sus dimensiones.

Aparte se generó un diagrama de rosa para determinar los patrones de direcciones preferenciales de los lineamientos, los datos utilizados para este diagrama fueron las direcciones medidas de forma azimutal de los lineamientos detectados mediante fotografías aéreas, esto se representa en la figura 3.

FIGURA 3
DIAGRAMA DE ROSA PARA LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES



Fuente: Investigación de campo, 2014.

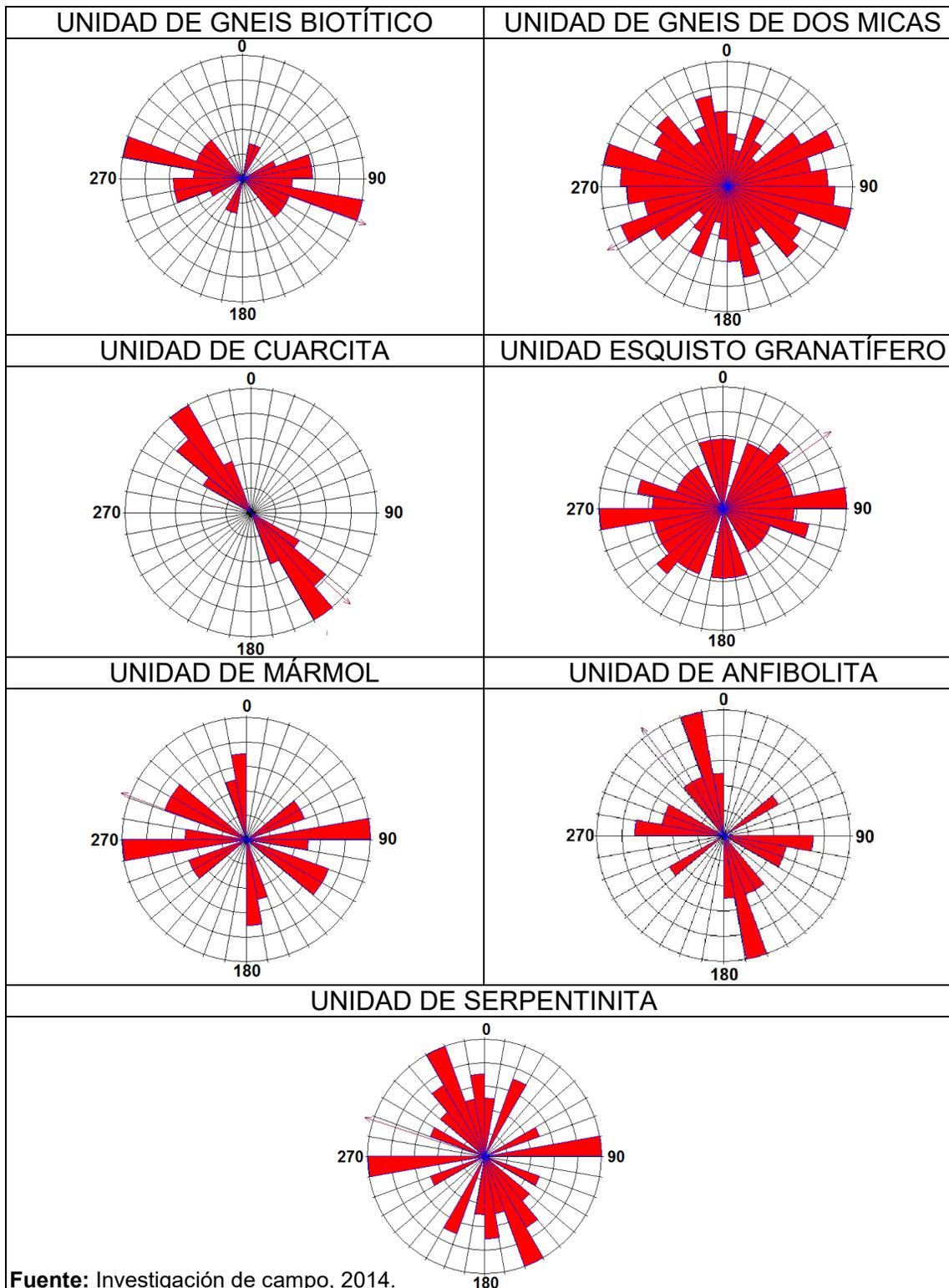
En el diagrama anterior (Figura 3) se pueden definir dos direcciones preferenciales de los lineamientos estructurales, siendo estos y según su predominancia: 1) $N080^\circ$; y 2) $N045^\circ$.

4.2.2 Planos de fracturación

En el área se observó que las rocas se encuentran afectadas por fuerte fracturación, se deduce por el ambiente metamórfico que el origen de las fracturas es tectónico. Se realizó un análisis estadístico de las direcciones preferenciales para cada unidad litológica, usando como base las medidas registradas en el campo.

Para el análisis estadístico se comenzó con los planos de fractura, para tener una idea de cuál es la tendencia de fracturación en las rocas. En este caso se analizaron los planos de fractura por cada unidad litológica descrita, los diagramas de rosa resultantes se pueden observar en la figura 4.

FIGURA 4
DIAGRAMAS DE ROSA DE PLANOS DE FRACTURACIÓN
CORRESPONDIENTES A LAS UNIDADES LITOLÓGICAS



Fuente: Investigación de campo, 2014.

Para una mejor visualización de los datos correspondientes a las fracturas encontradas en el área, se presenta el cuadro 2.

CUADRO 2
RESUMEN DE LAS DIRECCIONES PREFERENCIALES DE LOS PLANOS DE FRACTURACIÓN

UNIDAD LITOLÓGICA	POBLACIÓN DE DATOS	PATRÓN 1	PATRÓN 2	PATRÓN 3
Gneis Biotítico	175	N290°	N080°	N020°
Gneis de dos micas	150	N015°	N110°	-
Cuarcita	23	N325°	-	-
Esquisto Granatífero	98	N090°	N055°	N350°
Mármol	40	N095°	N355°	N120°
Anfibolita	30	N340°	N070°	N310°
Serpentinita	50	N150°	N260°	N350°

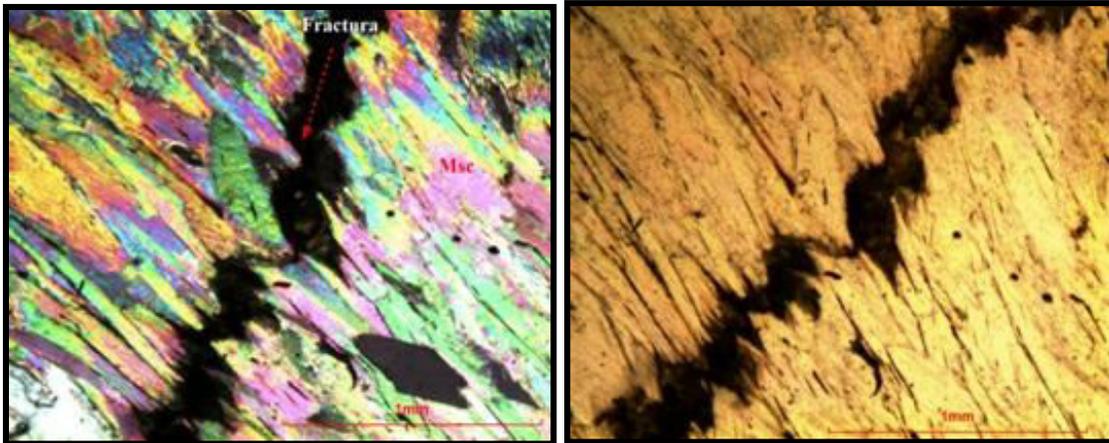
Fuente: Investigación de campo, 2014.

Así como las fracturas son observables en afloramientos, de igual manera se presentan en el análisis microscópico de las rocas.

La muestra de Esquisto Granatífero mostrada en la fotografía 24, se encuentra orientada al 74°/N182°, el plano de fractura se encuentra con el rumbo paralelo a la dirección de buzamiento, es por ello que se puede notar que corta perpendicularmente la lineación de la moscovita que se encuentra paralela al rumbo de la foliación.

FOTOGRAFÍA 24

MICRO FRACTURA DE MUESTRA CORRESPONDIENTE A LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Presenta ilustración de micro fractura vista en XPL; b) Presenta la misma imagen en vista con PPL. El aumento utilizado para la fotografía fue de 40X.

4.2.3 Grietas de tensión

Se forman debido a las fuerzas tensionales que actúan durante la deformación. Normalmente se rellena minerales como el cuarzo y en raras veces de otro tipo. Estas formas se orientan perpendicularmente a los esfuerzos distensivos.

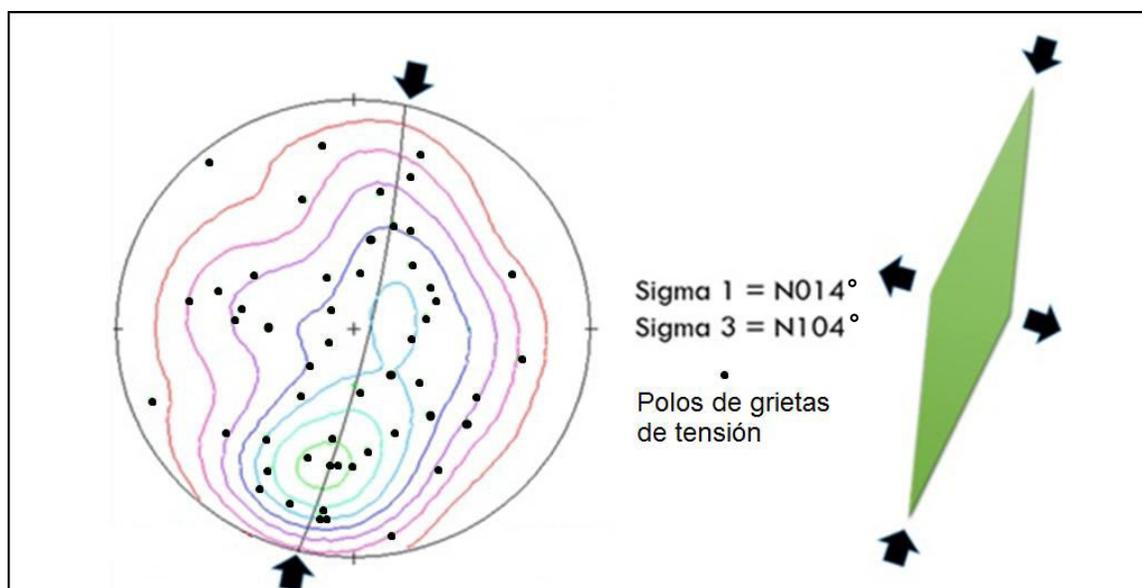
A lo largo del área de investigación es posible encontrar grietas en todas las unidades litológicas, las dimensiones de estas estructuras van desde poco centímetros (30 cm aproximadamente) a algunos metros de longitud y las aperturas son de algunos milímetros hasta unos pocos centímetros.

La información que aportan estas grietas para los fines de esta investigación, es conocer los ejes de tensión y distensión que actúan sobre la roca deformada.

A continuación en la figura 5, se presenta un diagrama de densidades de polos correspondientes a planos de grietas de

tensión, que muestran un plano medio paralelo al eje en el que se ejerce la fuerza de compresión, por lo que las grietas de tensión tienen una apertura perpendicular al plano medio.

FIGURA 5
DIAGRAMA DE DENSIDAD DE POLOS CORRESPONDIENTES A PLANOS DE GRIETAS DE TENSIÓN



Fuente: Investigación de campo, 2014.

4.2.4 Pliegues

Se identificaron seis estructuras de tipo pliegue, estos definidos en base a los planos de foliación de las unidades de Gneis y Mármol, ya que dichos planos se encuentran buzando en dirección opuesta. A cada uno de los pliegues encontrados, se les midió los elementos que lo componen; como lo son el eje, flancos y planos axiales.

En la fotografía 25 se muestra un afloramiento correspondiente a la unidad de Mármol, el cual se encuentra afectado por el plegamiento.

FOTOGRAFÍA 25
PLEGAMIENTO OBSERVADO EN LA UNIDAD DE MÁRMOL.
E: 794783, N: 1651763



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

A continuación se presenta el cuadro 3, en donde se muestran de manera resumida los principales elementos de cada uno de los pliegues encontrados.

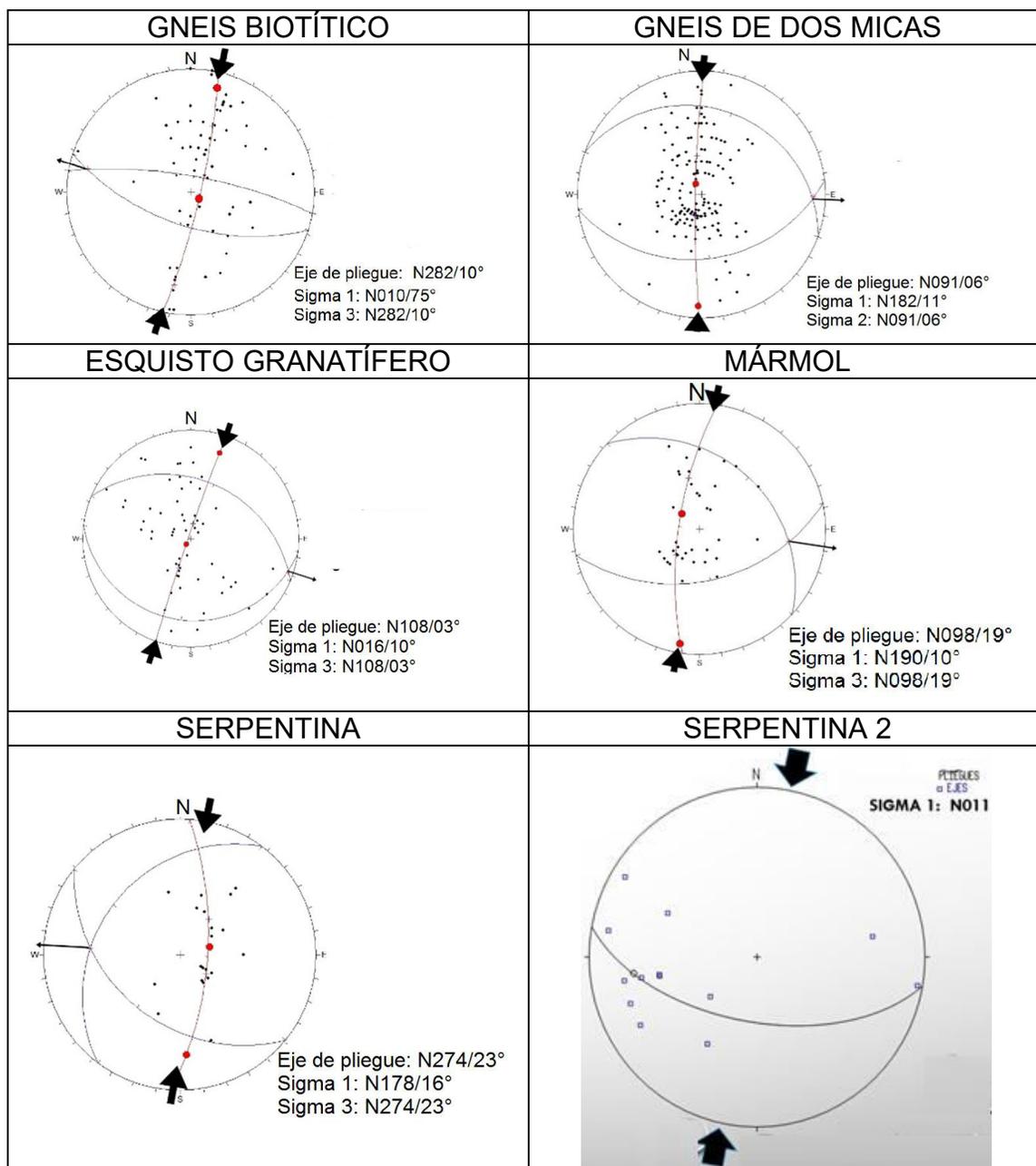
CUADRO 3
ELEMENTOS PRINCIPALES DE PLIEGUES

Unidad	Flanco 1	Flanco 2	Eje de pliegue	Plano axial	Sigma 1	Sigma 3
Gb	79°/N280°	75°/N109°	10°/N282°	87°/N282°	75°/N010°	10°/N282°
Gmcb	15°/N280°	50°/N082°	06°/N091°	84°/N273°	11°/N182°	06°/N091°
Eg	30°/N292°	15°/N102°	03°/N108°	70°/N108°	10°/N016°	03°/N108°
Um	25°/N312°	60°/N078°	19°/N098°	86°/N103°	10°/N190°	19°/N098°
Sp	22°/N218°	30°/N130°	23°/N274°	88°/N268°	16°/N178°	23°/N274°

Fuente: Investigación de campo, 2014.

Estos resultados se obtuvieron en base al análisis de diagramas estereográficos, los cuales se muestran en el cuadro 4.

CUADRO 4 DIAGRAMAS ESTEREOGRÁFICOS REPRESENTANDO LOS PLIEGUES DEFINIDOS



Fuente: Investigación de campo, 2014.

4.2.5 Fallas geológicas

En los alrededores de Las Vainillas se pudieron identificar dos tipos de cizalla: las del dominio dúctil y del dominio frágil.

Las fallas de dominio frágil son las que evidencian movimiento normal, inverso u oblicuo. Estas estructuras fueron mejor identificadas en las Unidades de Gneis Biotítico (Gb), Gneis de dos Micas (Gmcb) y la Serpentinita (Sp).

Se observaron estrías como evidencia del movimiento de las fallas, y el sentido del mismo que se interpretó por medio de escalones y fibras minerales. Evidencia de estrías pueden observarse en la fotografía 26.

FOTOGRAFÍA 26
INDICADORES CINEMÁTICOS DE FALLAS GEOLÓGICAS.
E: 794704, N: 1652324



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Estrías y escalones de falla en la unidad de Gneis de dos Micas (Gmcb); b) Estrías y escalones de falla en la unidad de Serpentinita (Sp).

a. Fallas normales

El movimiento de este tipo de estructuras se debe a que un bloque techo desciende respecto a un bloque piso. En

planos de fallas normales, se logró identificar estrías y escalones que evidencian el movimiento normal de la estructura.

En el cuadro 5 se muestran los datos de fallas identificadas en campo, los cuales se encuentran descritos según la dirección de buzamiento (*dip-dir*), se detalla además la unidad en la que se ubica y el indicador utilizado para determinar el movimiento.

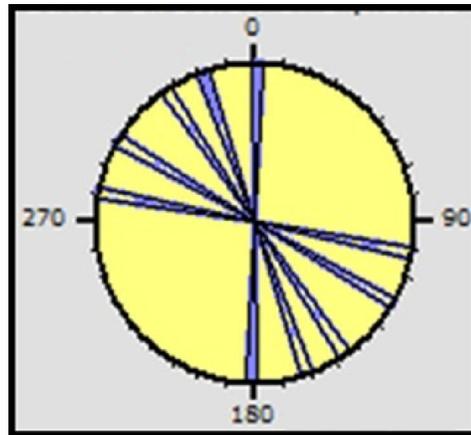
CUADRO 5
DATOS DE FALLAS NORMALES UTILIZADOS PARA EL
ANÁLISIS ESTRUCTURAL

Dirección (N)	Buzamiento	Ángulo Pitch	Sentido	Indicador	Unidad
190°	60°	44°	SE	Estría	Gneis biotítico
250°	14°	80°	NW	Estría	Gneis biotítico
210°	45°	55°	SE	Estría	Gneis biotítico
235°	36°	10°	NW	Estría	Esquisto granatífero
270°	67°	15°	SW	Estría	Gneis de dos micas
184°	55°	20°	S	Estría	Gneis de dos micas

Fuente: Investigación de campo, 2014.

Para determinar la orientación preferencial de los planos de fallas normales, se introdujeron los datos en un diagrama de rosas, el cual se muestra en la figura 6, donde únicamente se plotearon los rumbos de fallas normales.

FIGURA 6
DIAGRAMA DE ROSETA DE LOS PLANOS DE FALLA DE TIPO NORMAL

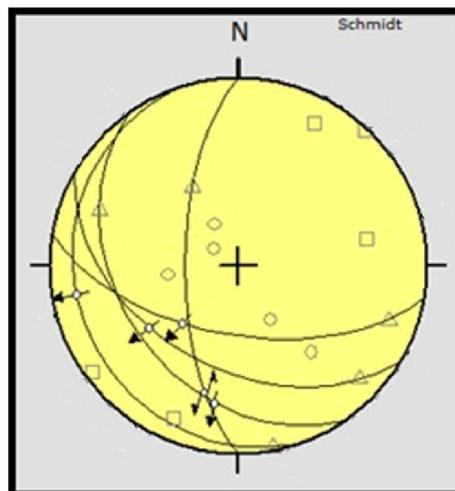


Fuente: Investigación de campo, 2014.

En base al diagrama de rosa mostrado anteriormente, se determinó que el patrón medio en la orientación del rumbo de los planos es al $S35^{\circ}E$.

Para tener una idea más clara de la distribución de los planos y poder determinar la orientación preferencial, se introdujeron los datos en un diagrama estereográfico, el cual se muestra en la figura 7.

FIGURA 7
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE FALLAS DE TIPO NORMAL



Fuente: Investigación de campo, 2014.

b. Fallas inversas

El movimiento de este tipo de estructuras se debe a que un bloque techo asciende respecto a un bloque piso. En planos de fallas inversas, se logró identificar indicadores cinemáticos como estrías y escalones que evidencian el movimiento de estas estructuras.

En el cuadro 6 se muestran los datos de fallas identificadas en campo, los cuales se encuentra en la notación de dirección y buzamiento (*dip-dir*), se detalla además la unidad en la que se ubica y el indicador utilizado para determinar el movimiento.

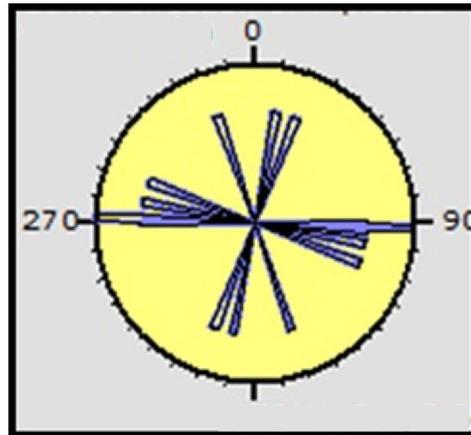
CUADRO 6
DATOS ESTRUCTURALES DE FALLAS INVERSAS

Dirección (N)	Buzamiento	Ángulo Pitch	Sentido	Indicador	Unidad
290°	65°	54°	NE	Estría	Gneis biotítico
280°	70°	60°	NW	Estría	Gneis biotítico
250°	60°	30°	W	Estría	Gneis de dos micas
200°	45°	12°	N	Estría	Gneis de dos micas
190°	30°	45°	NW	Estría	Gneis de dos micas
360°	58°	10°	NE	Estría	Cuarcita
182°	30°	40°	NW	Estría	Serpentinita

Fuente: Investigación de campo, 2014.

Para determinar la orientación preferencial de los planos de fallas inversas, se introdujeron los datos en un diagrama de rosas mostrados en la figura 8, donde únicamente se plotearon los rumbos de fallas inversas.

FIGURA 8
DIAGRAMA DE ROSA DE FALLAS INVERSAS

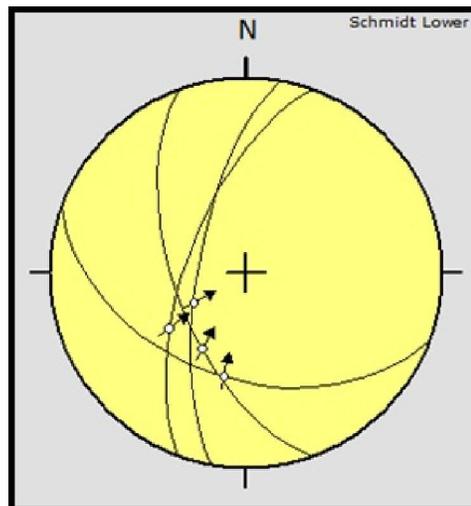


Fuente: Investigación de campo, 2014.

En base al diagrama de roseta se determinó que el patron medio en la orientación del rumbo de los planos es al *S85E*

Para tener una idea más clara de la distribución de los planos y poder deteminar la orientación preferencial, se introdujeron los datos en un estereograma, el cual se muestra en la figura 9.

FIGURA 9
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE FALLAS INVERSAS



Fuente: Investigación de campo, 2014.

4.2.6 Foliaciones

La foliación es una fábrica planar de roca. Generalmente se producen por deformación y recristalización de los granos minerales dentro de la roca, para producir una orientación preferencial (opuesto a fábricas paralelas a estratificación inducidas por compactación durante sepultamiento). La mayoría de foliaciones (con excepción de clivajes de fractura) son penetrativas en una escala mesoscópica, es decir, penetran toda la roca; a diferencia de las juntas o fracturas que tienen poco o ningún efecto sobre la masa rocosa lejos de la zona de fractura.

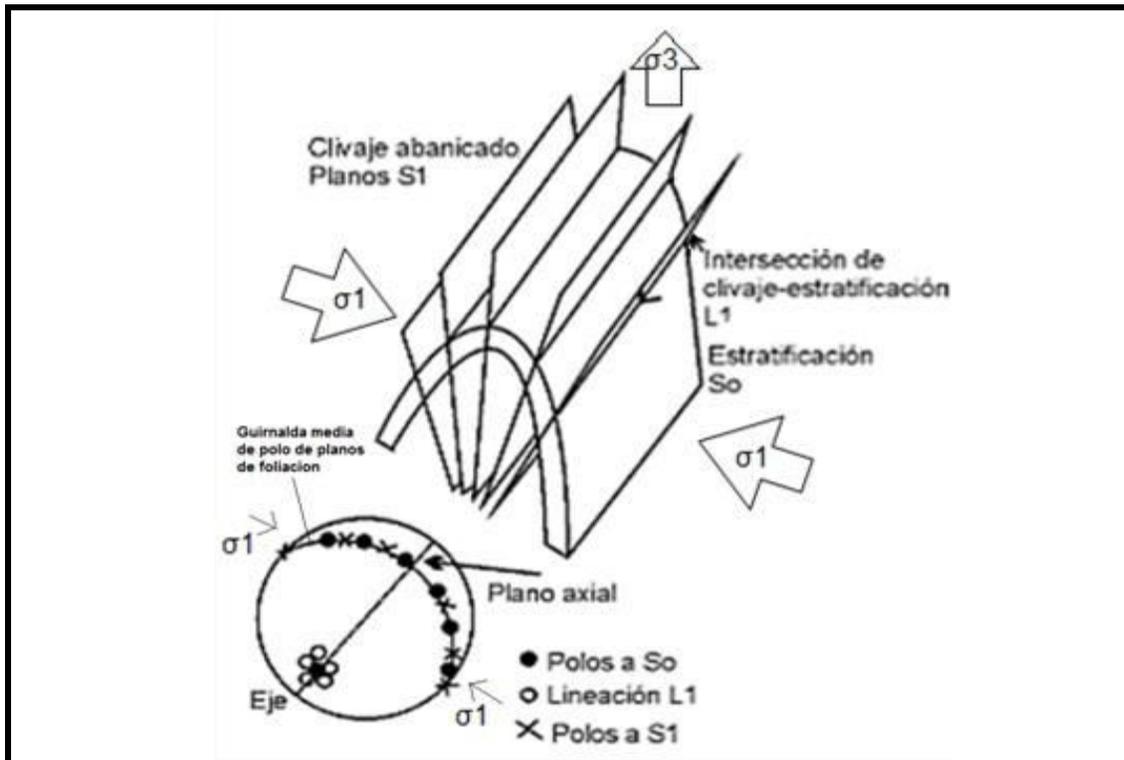
Los tipos de foliaciones más comunes en rocas del área son las siguientes.

- 1) Clivaje de crenulación: Es la foliación producida por micro plegamiento (plegamiento de crenulación) de una foliación pre-existente comúnmente asociada con una segregación de minerales que se pueden ver como bandas en el plano de clivaje. Puede ser penetrativa en rocas de grano fino. Común en pizarras, filitas y esquistos.
- 2) Esquistosidad: Una foliación penetrativa/no penetrativa con filosilicatos visibles y segregación de minerales en bandas paralelas con la foliación. (Note que la esquistosidad es comúnmente paralela a la estratificación.) La esquistosidad está a menudo plegada por clivajes de crenulación posterior.
- 3) Foliación gnéisica: Una foliación en rocas de grano grueso, consistentes en láminas no persistentes de granos minerales. (Note que la foliación gnéisica a menudo es paralela-subparalela con el bandeamiento litológico.)
- 4) Foliación milonítica: Una foliación penetrativa desarrollada en zonas de alta deformación de cizalla, como fallas y zonas de cizalla. Esta se caracteriza por reducción tectónica en el tamaño de grano—a menudo resultando en roca de grano extremadamente fino, casi pizarrosa.⁷

⁷ McClay, Ken. *THE MAPPING OF GEOLOGICAL STRUCTURES*. Traducido por Chiquín Yoj, Mauricio; 2010.

Los esfuerzos que generan las foliaciones se ejemplifican en la figura 10.

FIGURA 10 BLOQUE DIAGRAMA Y ESTEREOGRAMA DE FOLIACIONES VS. LOS ESFUERZOS GENERADORES

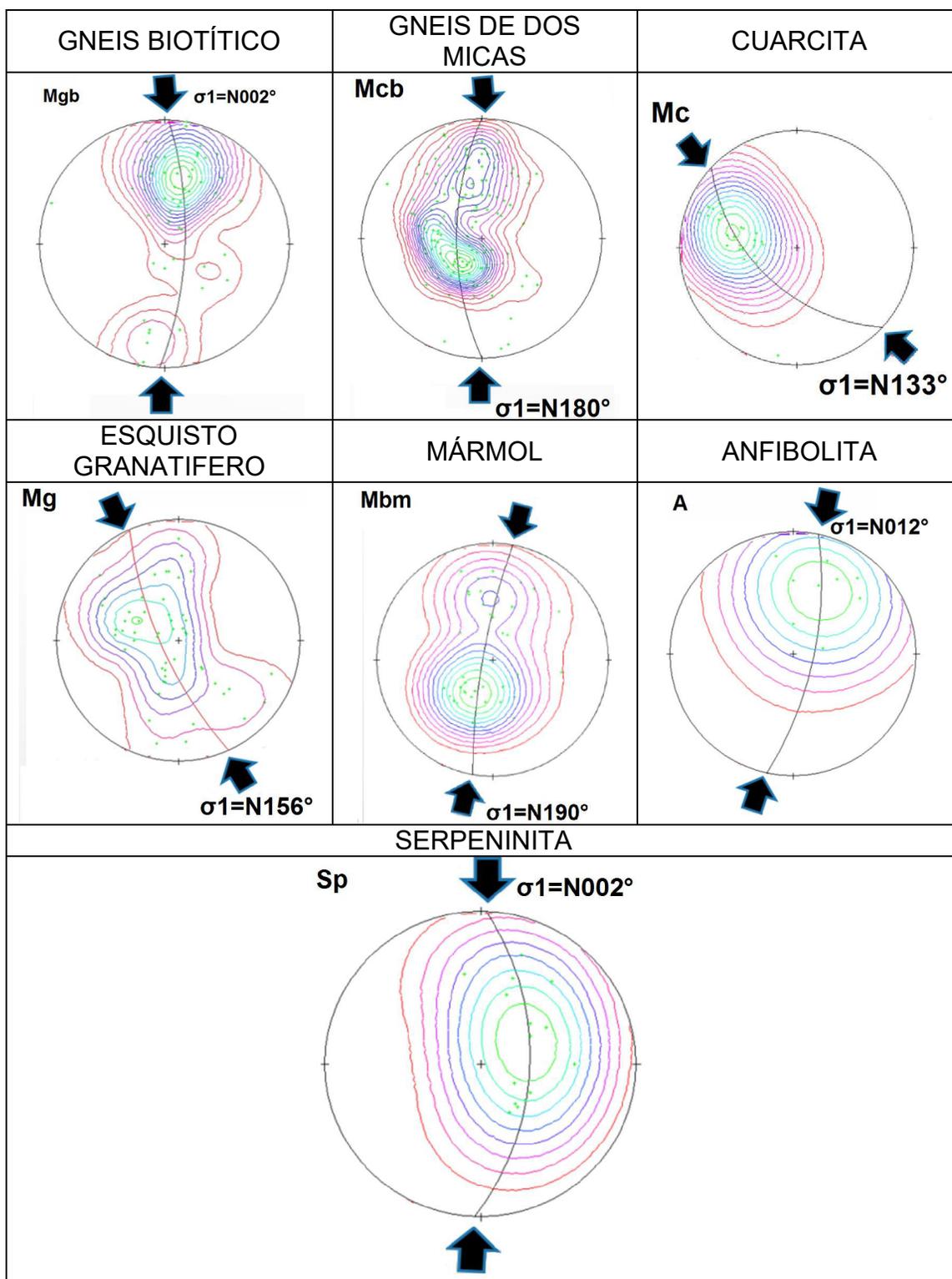


Fuente: McClay, Ken. *The mapping of geological structures*. 2010.

Según la figura anterior se puede notar que el esfuerzo compresivo se encuentra paralelo a la guirnalda media de los polos de la foliación S1.

Con los datos de foliaciones encontradas en el área, se aplica esta metodología, por lo que se generan mediante diagramas estereográficos y de densidades las descripciones de los esfuerzos que actúan en la formación de foliaciones, estos se muestran en el cuadro 7.

CUADRO 7
DIAGRAMAS ESTEREOGRÁFICOS DE DENSIDADES, POLOS Y
ESFUERZOS COMPRESIVOS



Fuente: Investigación de campo, 2014.

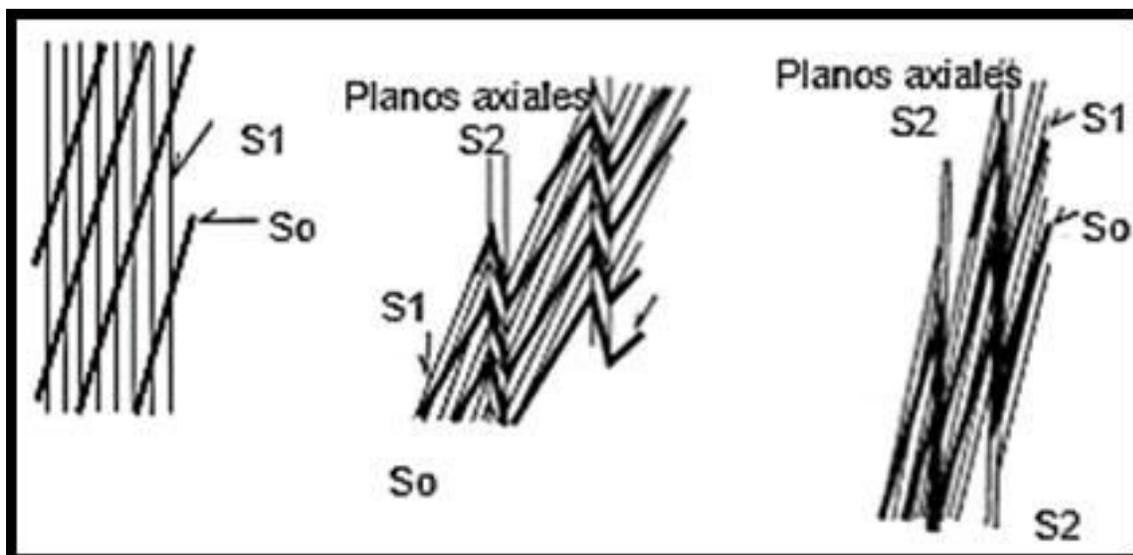
4.2.7 Ejes de crenulación

En el caso de la crenulación, lo que se gráfica en los diagramas estereográficos es la dirección de los ejes de plegamiento o microplegamiento.

Según Ken McClay, se genera una transposición, que es la rotación de una foliación o estratificación preexistente en paralelismo o cerca del paralelismo con el plano axial del pliegue. Esto produce un nuevo capeamiento transpuesto, que también puede incorporar segregación y redistribución mineral y por lo tanto puede resultar en un nuevo capeamiento metamórfico como se muestra en la figura 11a.

A baja escala la orientación de este nuevo capeamiento no representa la orientación general de las unidades litológicas mayores. Un ejemplo de transposición en rocas de facies de esquistos verdes se muestra en la figura 11b.

FIGURA 11
TRANSPOSICIÓN DE FOLIACIÓN S1 PARA PRODUCIR
FOLIACIÓN S2

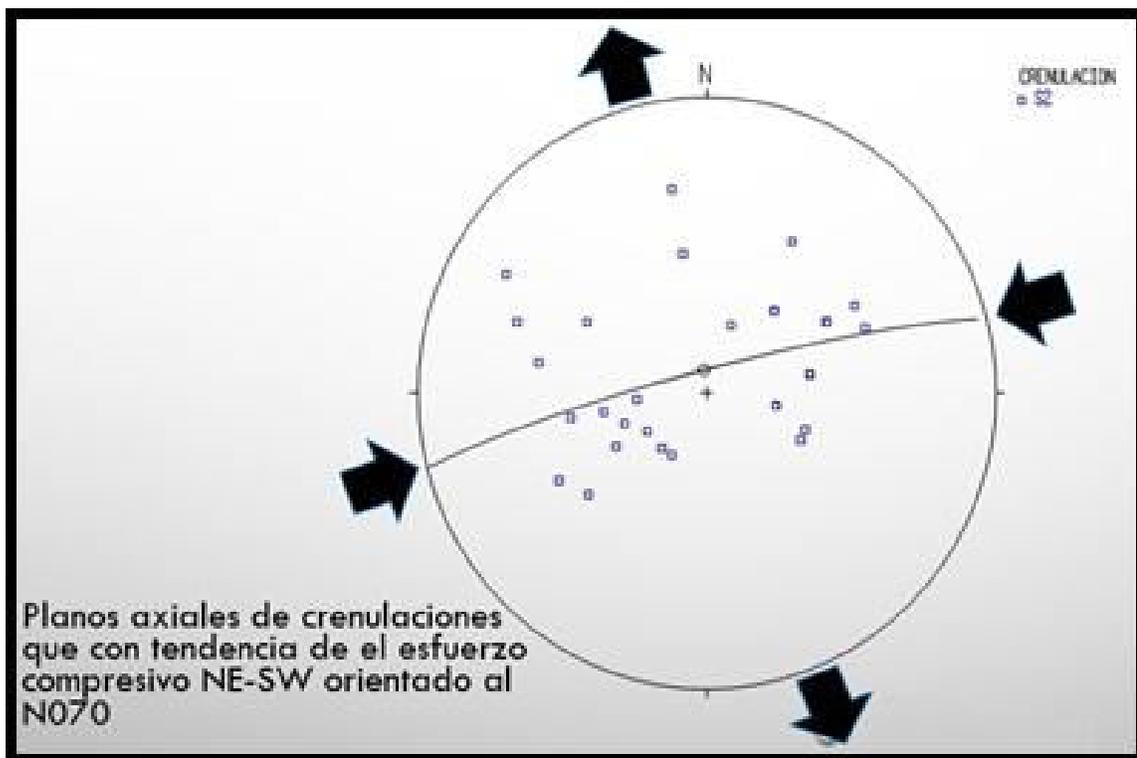


Fuente: McClay, Ken. *The Mapping of geological structures*. 2010.

En la figura anterior (figura 11) se puede observar el diagrama (a) de qué es una estratificación S_0 y primer clivaje S_1 ; (b) Plegamiento de crenulación asimétrica con rotación de S_1 y S_0 en los limbos del pliegue; (c) Rotación incrementada de S_1 y S_0 hacia el paralelismo con la fábrica S_2 (planos axiales de pliegues de crenulación).

Bajo este modelo teórico se grafican los polos de los ejes de crenulación, esto se muestra en la figura 12.

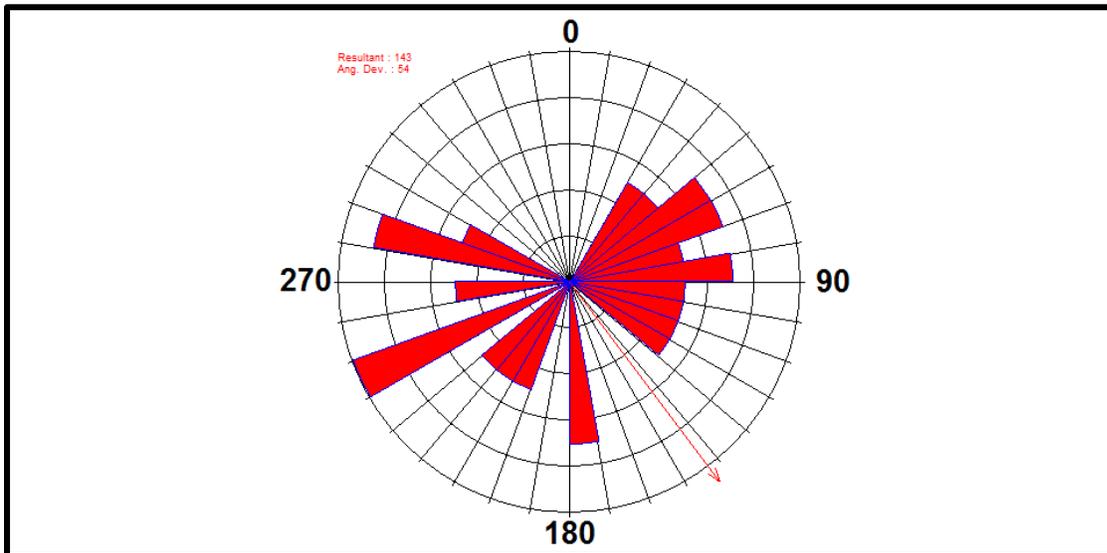
FIGURA 12
ESTEREOGRAMA DE POLOS CORRESPONDIENTES A EJES DE
CRENULACIÓN



Fuente: investigación de campo, 2014.

También se realizó un diagrama de rosa, esto con la finalidad de visualizar y definir la orientación preferencial de los ejes de crenulación, esto se observa en la figura 12.

FIGURA 13
ROSETA DE EJES DE CRENULACIÓN



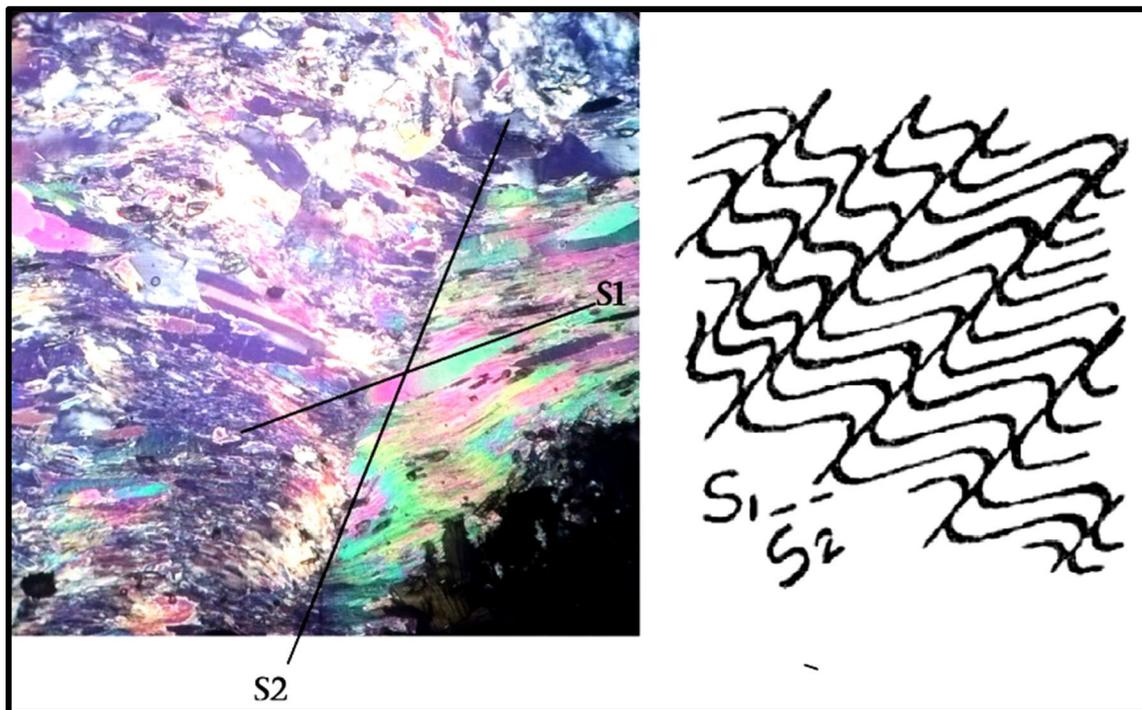
Fuente: Investigación de campo, 2014.

En las rocas del área, las crenulaciones son estructuras que se presentan muy frecuentemente, están ligadas a procesos de deformaciones avanzadas, no solamente se encuentran en niveles de afloramiento sino en microestructuras, como pasa en la unidad de Esquisto Granatífero donde la roca se encuentra crenulada, muestra de ello se presenta en la siguiente fotografía

Esta relación se puede observar en la fotografía 27, mostrada a continuación.

FOTOGRAFÍA 27

MICRO FOTOGRAFÍA Y ESQUEMA TEÓRICO DE CRENULACIÓN



Tomada por: Albertina Yaxcal, año 2014.

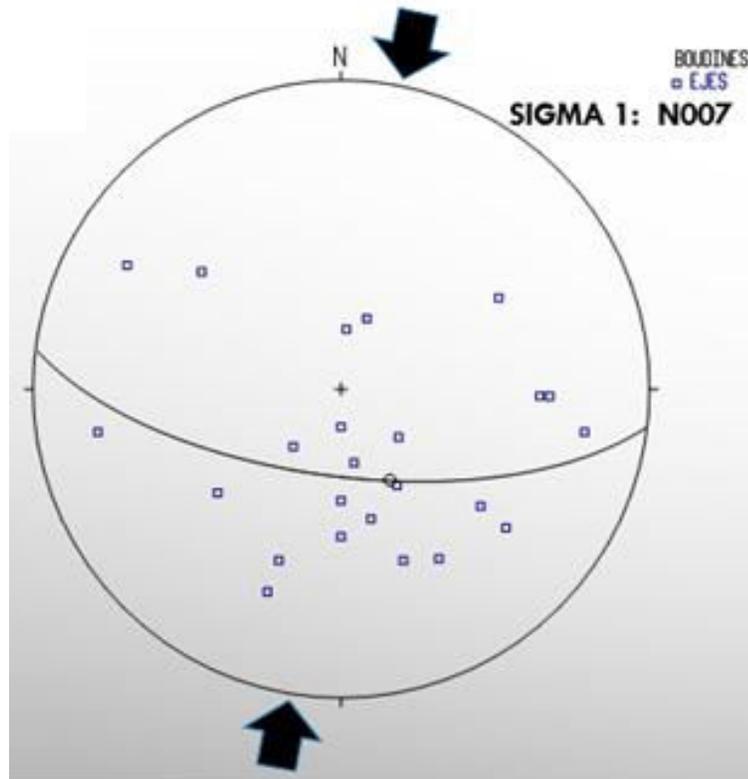
Referencias: a) Fotografía de micro crenulación con XPL y aumento 40X en la unidad de Esquiato Granatífero; b) Esquema teórico de una crenulación y ejes S1 y S2.

4.2.8 *Boudines*

Las lineaciones de *boudines* son el resultado de la compresión y deformación de materiales en su contenido de cuarzo, debido al esfuerzo al que está sometida la roca, este contenido en cuarzo presentan una elongación en forma elíptica dentro de los planos de foliación. Siendo estas estructuras resultado de un esfuerzo de tensión que actúa sobre la roca.

Para el análisis de este tipo de estructuras, se tomaron los datos correspondientes a los ejes de los *boudines* y se graficaron en un diagrama estereográfico, como se muestra en la figura 14.

FIGURA 14
DIAGRAMA ESTEREOGRÁFICO DE EJES DE *BOUDINES*



Fuente: Investigación de campo, 2014.

4.3 Geomorfología local

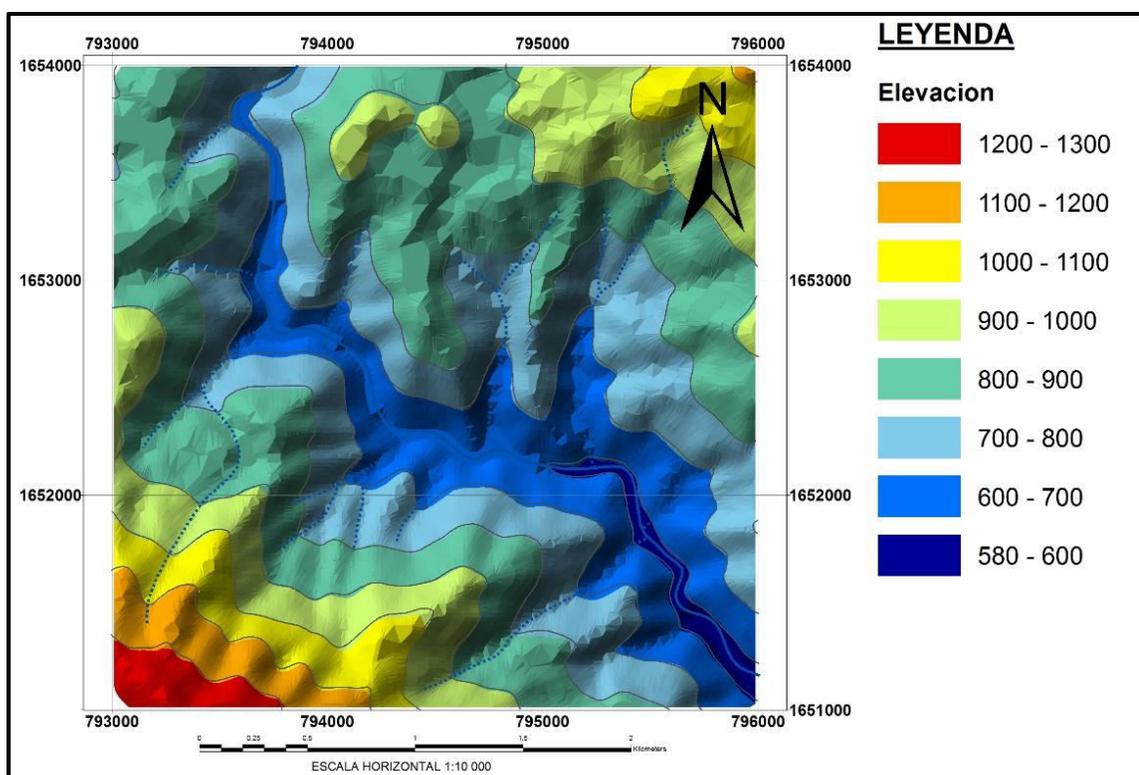
El área de investigación posee rasgos característicos de un relieve montañoso, que están controlados por varios factores, siendo estos endógenos, exógenos y tectónicos específicamente. La erosión, la meteorización, vegetación, acción del agua y de la fuerza de la gravedad, y propiamente la acción constante del hombre promueve el desarrollo geomorfológico.

A continuación se describen los factores encontrados en el área que son parte importante en el desarrollo de la geomorfología del lugar.

4.3.1 Relieve

En el área de estudio se logra observar un relieve que varía en las distintas localidades, para hacer referencia a esto se presenta a continuación el mapa 5. Este mapa muestra la elevación digital y rango de altura, donde se observa que al norte y sur se encuentran las mayores elevaciones y disminuyen conforme se aproxima al centro del área por la presencia de los ríos El Trapichito y El Camote.

MAPA 5
ELEVACIÓN DIGITAL DEL TERRENO



Fuente: Investigación de campo, 2014. Obtenido de ArcGis 9.3.

4.3.2 Hidrografía

El área de estudio es abastecida por dos ríos, El Trapichito y El Camote. Además existen varias quebradas como la quebrada Las Vainillas, Las Pilas, quebrada De Piedras, también se encuentran

varios surcos por donde drena el agua en escorrentía que abastece las principales quebradas y ríos de esta zona.

Estos ríos y quebradas forman un patrón de drenaje Subdendrítico.

“este drenaje consiste en cursos pequeños, cortos e irregulares, que se desplazan en todas las direcciones, cubren áreas amplias y llegan al río principal formando cualquier ángulo.

Se forman en áreas con la interacción de varios factores (pero no necesariamente todos): litología con mediana permeabilidad, mediana pluviosidad, mediano caudal, baja cobertura vegetal, zonas de inicio de ladera, pendientes moderadas, laderas bajas, rocas con resistencia uniforme, zona litológicamente meteorizada.

El drenaje subparalelo que posee menos paralelismo y menor densidad que el drenaje paralelo, es un caso especial donde se aprecia la esquistosidad de las rocas. Las características que lo influyen son:

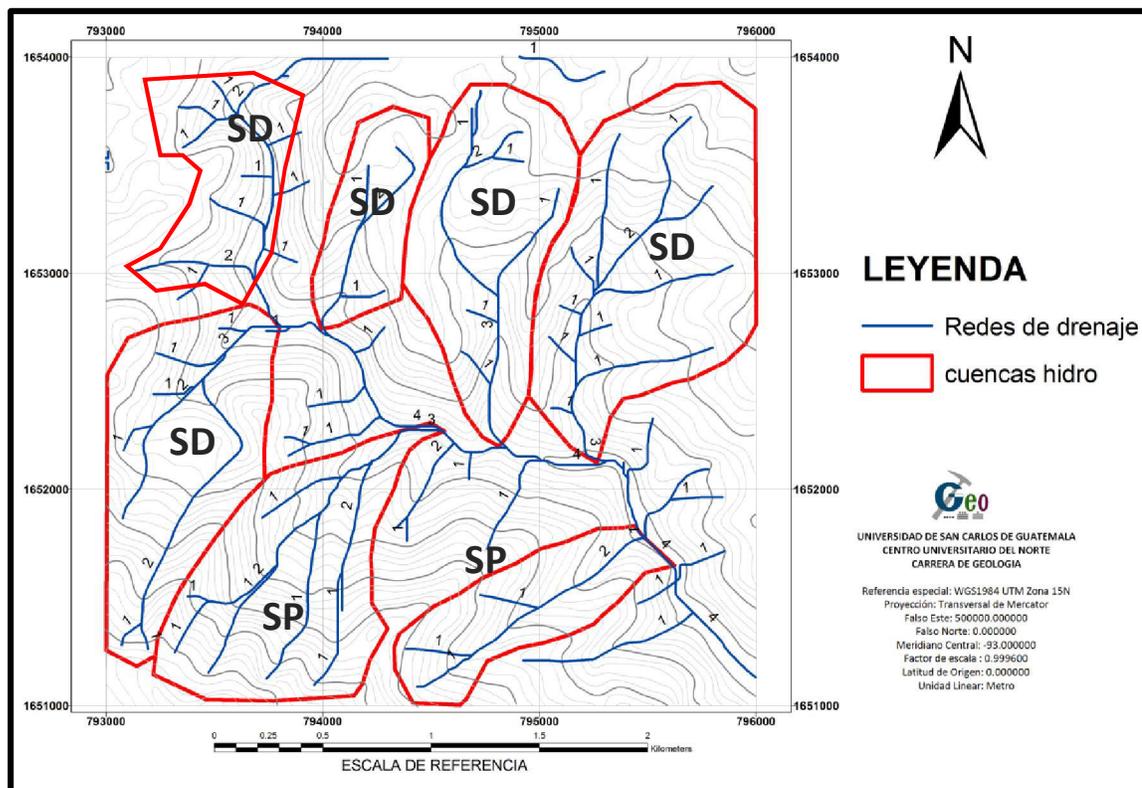
- Alta a mediana permeabilidad
- Control estructural
- Moderada cobertura vegetal
- Laderas altas

Estos tipos de drenaje se forman a través de corrientes rectilíneas que siguen las capas blandas de la unidad de Gneis, Esquisto y Mármol, las cuales bajan por las capas más resistentes a la erosión hídrica. Los patrones de drenaje se generan por medio de un control estructural (fallas, diaclasas, fracturas), por las pendientes moderadas a abruptas, la pluviosidad del área y laderas altas.”⁸

⁸-----, PATRONES DE DRENAJE, Tecnicatura Universitaria en Geoinformática –UNSL– , Geomorfología Aplicada.

En el mapa 6, se resaltan los diferentes tipos de redes de drenaje, así como los órdenes y micro cuencas que existen dentro del área de investigación.

MAPA 6 RED HIDROGRÁFICA



Fuente: Investigación de campo, 2014. Obtenido de ArcGis 9.3.

Referencias: SD: drenaje sub-dendrítico; SP: drenaje sub-paralelo.

Es posible observar que las redes de drenaje del área están agrupadas en 7 microcuencas que poseen redes distintas, las cuales son identificadas en el mapa anterior, en donde se muestra que al norte y noroeste se concentra la existencia del patrón sub-dendrítico, al sur el patrón sub-paralelo.

Otra característica que se puede describir es el orden de la red de drenaje, en el área se cuenta con 59 afluentes de orden 1, 12

de orden 2, 4 de orden 3 y una de orden 4. Lo que muestra que se trata de un área que cuenta con varios afluentes.

4.3.3 Erosión

La erosión afecta tanto al suelo como a la roca, ya que estos materiales son transportados desde las partes más altas, principalmente por la acción del agua meteórica, lo que genera surcos y cárcavas sobre la superficie del suelo. La erosión puede ocurrir en los ejes de los valles y en las laderas, a continuación se presenta de manera detallada los principales tipos de erosión diferenciadas en el área de estudio.

a. Erosión de surcos

Este tipo de erosión se identificó en varias zonas del área en estudio, principalmente en terrenos que poseen pendientes bajas. Estos son formados por aguas meteóricas, que a su paso por la roca, erosionan y forman este tipo de estructuras.

Muestra de ello se puede visualizar en la fotografía 28, la cual se identificó en un afloramiento de la unidad de Gneis de dos Micas.

FOTOGRAFÍA 28
EROSIÓN EN SURCO EN AFLORAMIENTO DE GNEIS DE DOS
MICAS. E: 795109, N: 1653208



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

b. Erosión en cárcavas

Las cárcavas son socavones que se producen en rocas y suelo ubicados en pendientes, las cuales son causadas por agua de lluvia. En el área se encontraron varias zonas con presencia de cárcavas, de las cuales una se encontraba aun en su etapa de desarrollo, ya que fue posible la observación del proceso de crecimiento, las otras se encontraban ya formadas y sus dimensiones eran métricas.

4.3.4 Suelos

En el departamento de Salamá se encuentra una gran variedad de suelos que han sido divididos en tres grupos, siendo estos⁹

- a) Suelos desarrollados sobre materiales volcánicos
- b) Suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios y metamórficos
- c) Clases misceláneas de terreno.

Así mismo el grupo a) se ha dividido en 4 subgrupos, según la profundidad del suelo, el material madre y el drenaje, estos pueden ser los siguientes:

- Suelos profundos sobre materiales de un color claro.
- Suelos poco profundos, mal drenados sobre materiales de color claro.
- Suelos poco profundos, bien drenados sobre materiales de color claro.
- Suelos profundos sobre materiales de color oscuro.

El grupo b) ha sido dividido según la profundidad del suelo y el material madre, en los siguientes:

- Suelos profundos
- Suelos poco profundos, sobre esquisto y serpentina
- Suelos poco profundos sobre caliza y esquisto arcilloso.

⁹ Charles S. Simons, José Terano, José Pinto 1959.

Los suelos que predominan en la zona son los de tonalidad café rojizo, por la intensa meteorización que afecta a las rocas y los óxidos que se forman. Estos se clasifican en suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios, metamórficos y clases misceláneas de terreno, basándose en la profundidad del suelo y el material madre del cual se derivan, que serían sobre esquistos, gneises y serpentinitas.

Para una mejor visualización se presenta la fotografía 29 A y B, en donde se observan suelos desarrollados sobre materiales metamórficos. Una de ellas se encuentra afectada por óxidos y la otra fotografía pertenece a un suelo formado sobre la unidad de Gneis de dos micas.

FOTOGRAFÍA 29
PERFILES DE SUELO UBICADAS DENTRO DEL ÁREA DE
ESTUDIO. E: 795100, N: 1653367



Tomadas por: Albertina Yaxcal, 2014.

Referencias: a) Suelo afectado por óxidos; b) Suelo formado sobre la unidad de Gneis de dos Micas.

4.3.5 Unidades geomorfológicas

En esta sección se describen las principales características de cada una de las unidades geomorfológicas, mencionando los elementos que la componen y su localización, las cuales se clasificaron en base a los criterios teóricos de las unidades agradacionales y denudacionales. Esto puede observarse en el Anexo 4, en el mapa geomorfológico.

a. Unidades de origen denudacional

Desarrolladas por la acción de procesos exógenos (meteorización y erosión), se caracterizan por la presencia de paisajes compuestos por montañas y sus elementos como laderas, lomas y crestas. Esta unidad está compuesta por las siguientes subunidades.

1) Subunidad de laderas

En esta subunidad pueden identificarse tres tipos de laderas en base al ángulo de pendiente. Están las zonas de planicie con menos de 5° de inclinación, las laderas medias con pendientes mayores a 5° y menores a 45° . Por último las laderas fuertes con pendientes mayores a los 45° . Para las inclinaciones de 80° a 90° se consideran escarpes.

Muestra de esta subunidad, se presenta en la fotografía 30, en donde se observan dos laderas ubicadas sobre la unidad de Gneis de dos Micas encontrado en la parte noreste del área, estas son laderas medias de entre 5° y 45° de inclinación.

FOTOGRAFÍA 30
SUB UNIDAD DE LADERAS MEDIAS. E: 795160, N: 1653727



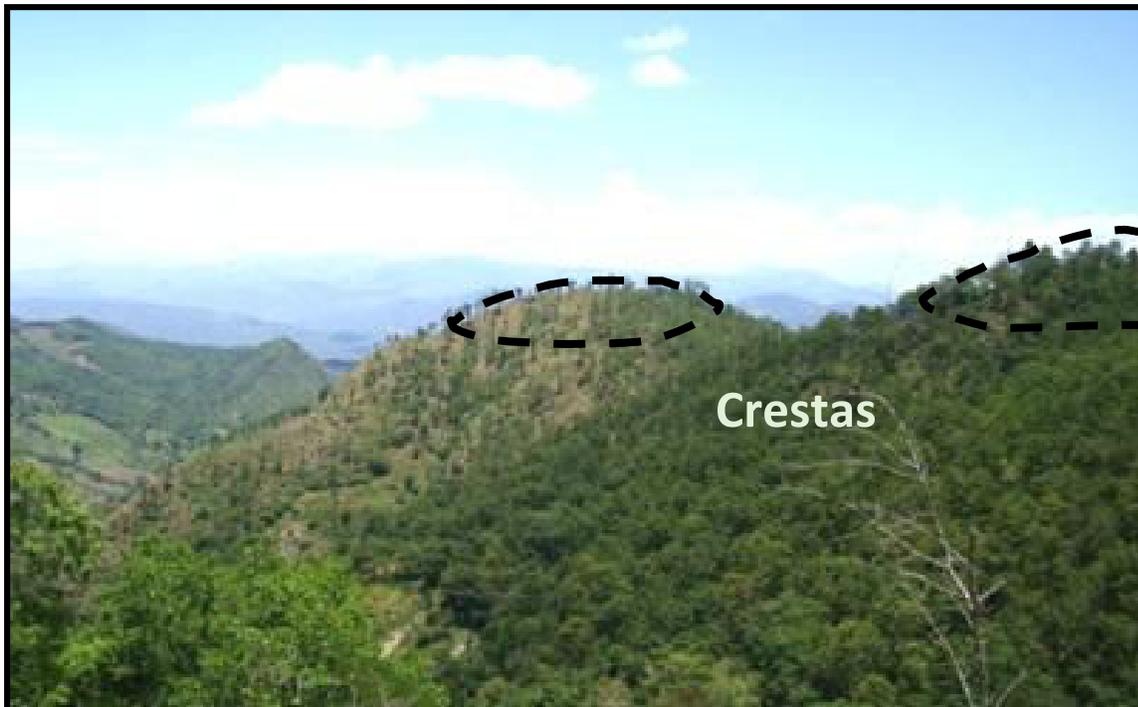
Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

2) Subunidades de crestas

Esta subunidad se encuentra en la parte alta de las montañas, en el mapa geomorfológico (Anexo 4) se observan por toda el área, ya que por ser una zona montañosa existen varios cerros que en su parte alta forman crestas.

Las crestas se logran observar en la fotografía 31, las cuales corresponden a la unidad de Serpentinita, ubicadas en las partes altas de las montañas del sureste del área de investigación.

FOTOGRAFÍA 31
CRESTAS EN LA UNIDAD DE SERPENTINITA. E: 795377, N:
1651095



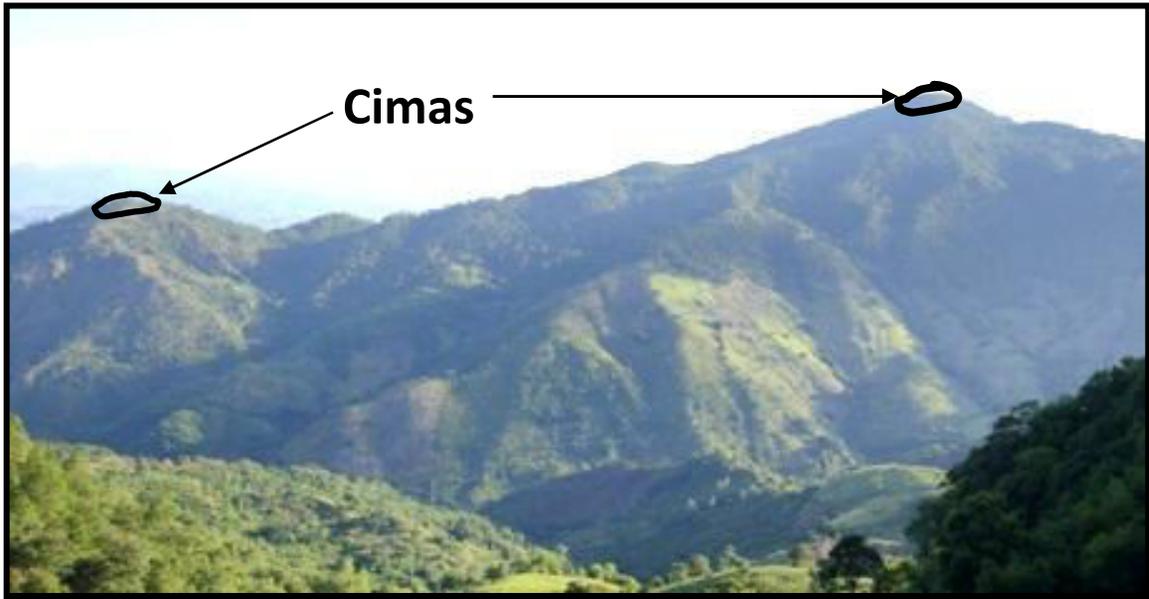
Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

3) Subunidad de cimas

Esta subunidad se constituye por las formas que se encuentran en las partes altas de algunas montañas, su principal característica es que poseen dimensiones menores a las crestas y formas circulares.

En la fotografía 32 se muestran las cimas de las montañas al sur del área, estos ubicados sobre la unidad litológicas de Anfíbolita y Serpentinita, ubicados al sur del área en estudio.

FOTOGRAFÍA 32
SUBUNIDAD DE CIMAS EN ANFIBOLITA Y SERPENTINITA



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

4) Subunidad de surcos

Estas unidades se encuentran en laderas de montañas, donde las condiciones favorecen la circulación de agua de lluvia que remueve una capa delgada del suelo.

Las actividades agrícolas en la región ayudan a la generación de estas formas. La fotografía 33, presenta un ejemplo de esta subunidad, está ubicada sobre la unidad litológica de coluvión.

FOTOGRAFÍA 33
SURCO GENERADO POR LA CIRCULACIÓN DE AGUA EN LA
UNIDAD DE GNEIS DE DOS MICAS. E: 794580, N: 1652886



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

5) Subunidad de cárcavas

Las cárcavas son producto de una etapa avanzada de la erosión hídrica, estas geoformas son el desarrollo de surcos y se diferencian en su tamaño, ya que las cárcavas tienen mayor profundidad y longitud. Se pueden ver cárcavas en la parte este y sur del área en la localidad de El Camote y Vainillas, como se aprecia en la fotografía 34.

FOTOGRAFÍA 34
CÁRCAVA EN PARTE INICIAL DE SU DESARROLLO EN LA
UNIDAD DE GNEIS BIOTÍTICO. E: 795045, N: 1651974



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

6) Subunidad de movimientos masales

Debido a varios factores como la pendiente, la saturación del suelo, la inestabilidad y la fuerza gravitatoria, provocan movimientos de masa, los cuales pueden tener diferentes dimensiones. Se dan a lo largo de superficies de rotura plana o levemente ondulada, este tipo de deslizamiento se da principalmente sobre rocas y suelos someros, tal es el caso del coluvión, esquisto y gneises.

Tomando en cuenta que la zona de estudio posee laderas con pendientes fuertes y moderadas, los movimientos masales son de tipo translacional como lo muestra la fotografía 35. Los movimientos masales también son influidos por el tipo de litología en el cual se encuentren, ya que algunas rocas tienen mayor competencia ante este fenómeno que otras.

FOTOGRAFÍA 35
DESLIZAMIENTO DE TIPO TRANSLACIONAL UBICADO EN LA
PARTE ESTE DEL ÁREA EN LA UNIDAD DE GNEIS DE DOS
MICAS, E: 795428, N: 1652784



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

b. Unidad de origen agradacional

Formada por la acumulación de bloques o sedimentos de rocas preexistentes, estas acumulaciones pueden ser

generadas por el transporte y deposición por medio de ríos o bien por el transporte de las masas por eventos de gravedad Dichas sub-unidades se mencionan a continuación:

1) Subunidad de depósitos aluviales (terrazas)

Esta subunidad se encuentra mayormente ligada a ríos y quebradas que tienen la capacidad de transportar fragmentos líticos mediante los diferentes sistemas de transporte como la suspensión, saltación o arrastre. En el área esta unidad se observa en las laderas al costado del río El Camote donde existen zonas que contienen depósitos de sedimentos finos.

2) Subunidad de coluviones

Esta unidad se encuentra en varias partes del área, existen 4 zonas principales de coluviones, la primera es en la unidad de Cuarcita, la segunda está en la unidad de Mármol al noreste del área, la tercera al centro del área en el Gneis de dos Micas y por último se encuentra una pequeña zona de Coluvión en el Gneis Biotítico al Sur del área.

Se muestra en la fotografía 36 masas coluvionales en Gneis de dos Micas.

FOTOGRAFÍA 36
MASA COLUVIONAL CON FLUJO HACIA LA QUEBRADA
VAINILLAS. E: 794962 N: 1652707



Tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

CAPITULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis e interpretación litológica

La distribución de las unidades litológicas dentro del área de estudio, está conformada por rocas metamórficas y depósitos de sedimentos recientes no consolidados. Las litologías se definieron como unidades informales, esto en base a los datos recolectados en el campo y con el análisis de laboratorio.

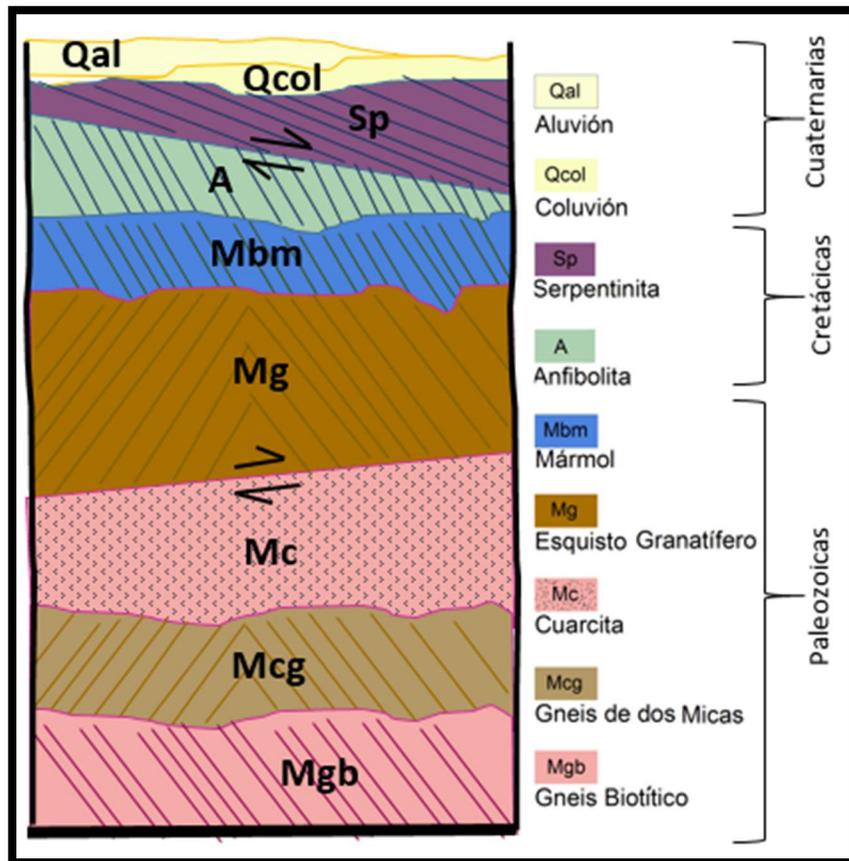
Cada unidad litológica presente dentro del área de estudio, contiene variaciones texturales según el tipo de roca, la unidad de Gneis tiene un bandeamiento gnéisico, la unidad de Esquisto tiene una textura de esquistosidad y las unidades de Serpentinita, Cuarzita, y Mármol se encuentran foliadas.

El metamorfismo que afecto a las unidades litológicas presentes dentro del área es de tipo regional, siendo la unidad de Gneis la más predominante sobre las otras unidades litológicas en cuanto a la extensión y a las mejores exposiciones. El Gneis es una roca con abundancia en cuarzo y con las variedades en el contenido de micas, específicamente biotitas que están siendo remplazadas por clorita, indicando una zona de metamorfismo retrogrado.

Estratigráficamente se definió la unidad de Esquisto Granatífero como la más antigua, esta unidad se encuentra en contacto gradual con las unidades de Gneis Biotítico, Mármol y Gneis de dos Micas, así mismo

se encuentra en contacto fallado con la unidad de Cuarcita, como se representa en la columna litoestratigráfica local de la figura 15

FIGURA 15
COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA LOCAL



Fuente: Investigación de campo, 2014.

Las deformaciones que presentan las unidades est3n siendo probablemente influenciadas por el sistema de fallas del Motagua ubicado en la zona de Sutura del Motagua, que esta exactamente en la regi3n de rozamiento entre dos bloques o placas, siendo estas la placa Norteamericana y la placa del Caribe.

La unidad de Serpentinita, es una unidad al3ctona, que se presenta en el 3rea teniendo un contacto fallado, de cabalgamiento, sobre las

unidades de Mármol, Anfibolita y Gneis Biotítico, esta unidad se emplaza por todo el margen sur de la zona de estudio. Esta unidad se encuentra fuertemente deformada, presentando foliación, y una textura milonítica que en sección delgada se ha observado una reorientación de minerales como la Lizardita y la mayor parte de cristales han perdido su hábito acicular.

Tanto la unidad de Anfibolita como la unidad de Gneis pueden pertenecer al Complejo el Tambor, ya que esta comprende una variedad de rocas metamórficas en las que pueden estar incluidas (Donnelly 1990).

La unidad de Anfibolita presenta pequeñas variaciones texturales observadas tanto macroscópicamente como microscópicamente pero se mantiene la composición mineralógica esperada con respecto al porcentaje de los minerales, esto hace suponer que luego de ocurrir el metamorfismo que dio origen a la Anfibolita, continua la actividad que deforma estas, también se puede atribuir las alteraciones de color y textura, a la meteorización que predomina en la zona, que dificulta la visualización en una muestra de mano como en sección delgada.

La unidad de Aluvión es estratigráficamente la unidad más reciente, formada por los restos o fragmentos transportados tanto por el río El Camote como por las quebradas Pozo de Agua y La quebrada Trapichito que depositan los sedimentos en las partes más bajas del área.

5.2 Análisis e interpretación estructural

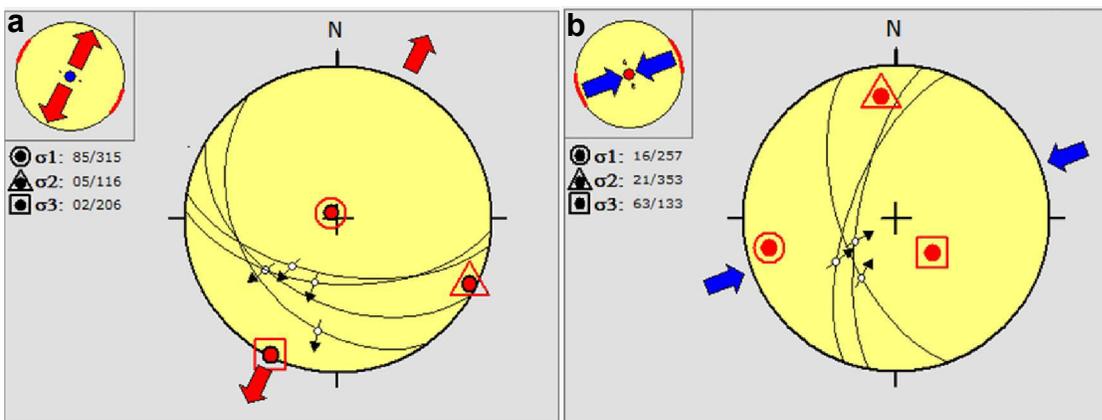
A continuación se presenta el resultado del análisis de los datos estructurales, por medio de los diagramas generados para las distintas estructuras, se busca interpretar la cinemática local y compararla con el modelo sinistral de la Falla del Motagua.

5.2.1 Interpretación del dominio frágil

a. Fallas estructurales

En base al análisis e interpretación de las estereofalsillas con los datos de campo, clasificando y analizando las fallas en base a su cinemática, se determinó que existen familias y sistemas de fallas que evidencian la presencia de paleo-esfuerzos de un evento de deformación estructural. Por medio de un *software* especializado se obtienen los siguientes datos (figura 16, a y b)

FIGURA 16
DIAGRAMA DE ESFUERZOS PARA FALLA



Fuente: Investigación de campo, 2014.

Referencias: a) Diagrama de esfuerzos de las fallas normales; b) Diagrama de esfuerzos para fallas inversas.

Unificando los datos de las fallas que se encontraron en el área de estudio, se obtienen las siguientes gráficas que muestra la orientación media de los esfuerzos que generan las estructuras falladas, estos resultados son los que se utilizan en la elaboración del modelo de deformación frágil, conjuntamente con las grietas de tensión y la dirección de fracturas.

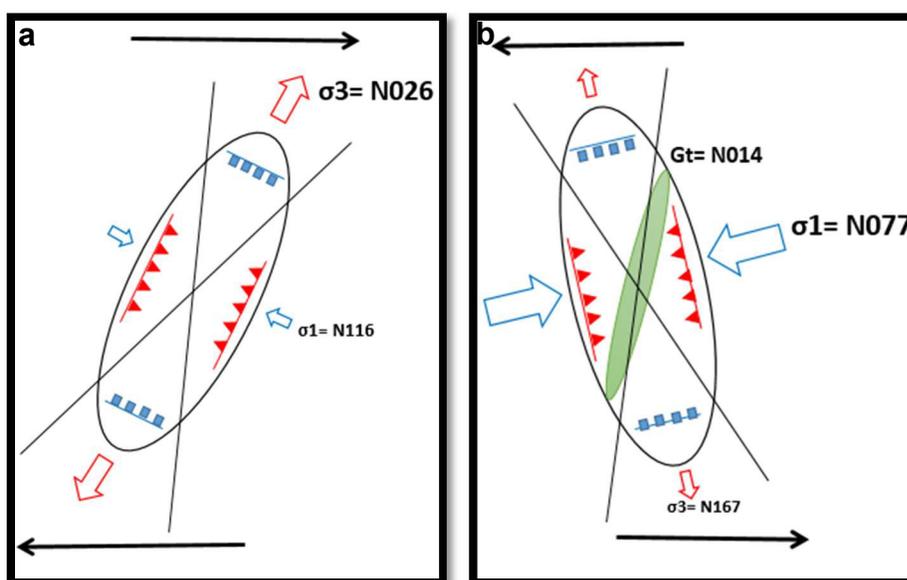
1) Modelo estructural del dominio frágil

Para la elaboración del modelo estructural del dominio frágil, se utilizan los esfuerzos obtenidos del análisis de las fallas y grietas de tensión los cuales corresponden al mismo régimen cinemático.

La elipse de deformación se elaboró mediante datos de fallas normales que están dominadas por el esfuerzo tensional (σ_3) en dirección $N026^\circ$, teniendo un esfuerzo compresivo teórico con dirección al $N116^\circ$.

En la figura 17 se encuentra: a) La elipse elaborada en base a las fallas inversas dominadas por el esfuerzo compresivo (σ_1) al $N077^\circ$ y un esfuerzo tensional teórico al $N167^\circ$; b) las grietas de tensión corresponden a esta elipse con un eje compresivo al $N014^\circ$.

FIGURA 17
ELIPSES DE DEFORMACIÓN DEL DOMINIO FRÁGIL



Fuente: Investigación de campo, 2014.

5.2.2 Interpretación del dominio dúctil

a. Pliegues

Los pliegues son el resultado de una fuerza de compresión conocida como sigma uno (σ_1), de manera que estas estructuras se deforman según la dirección a las que se encuentre el esfuerzo principal, sigma uno.

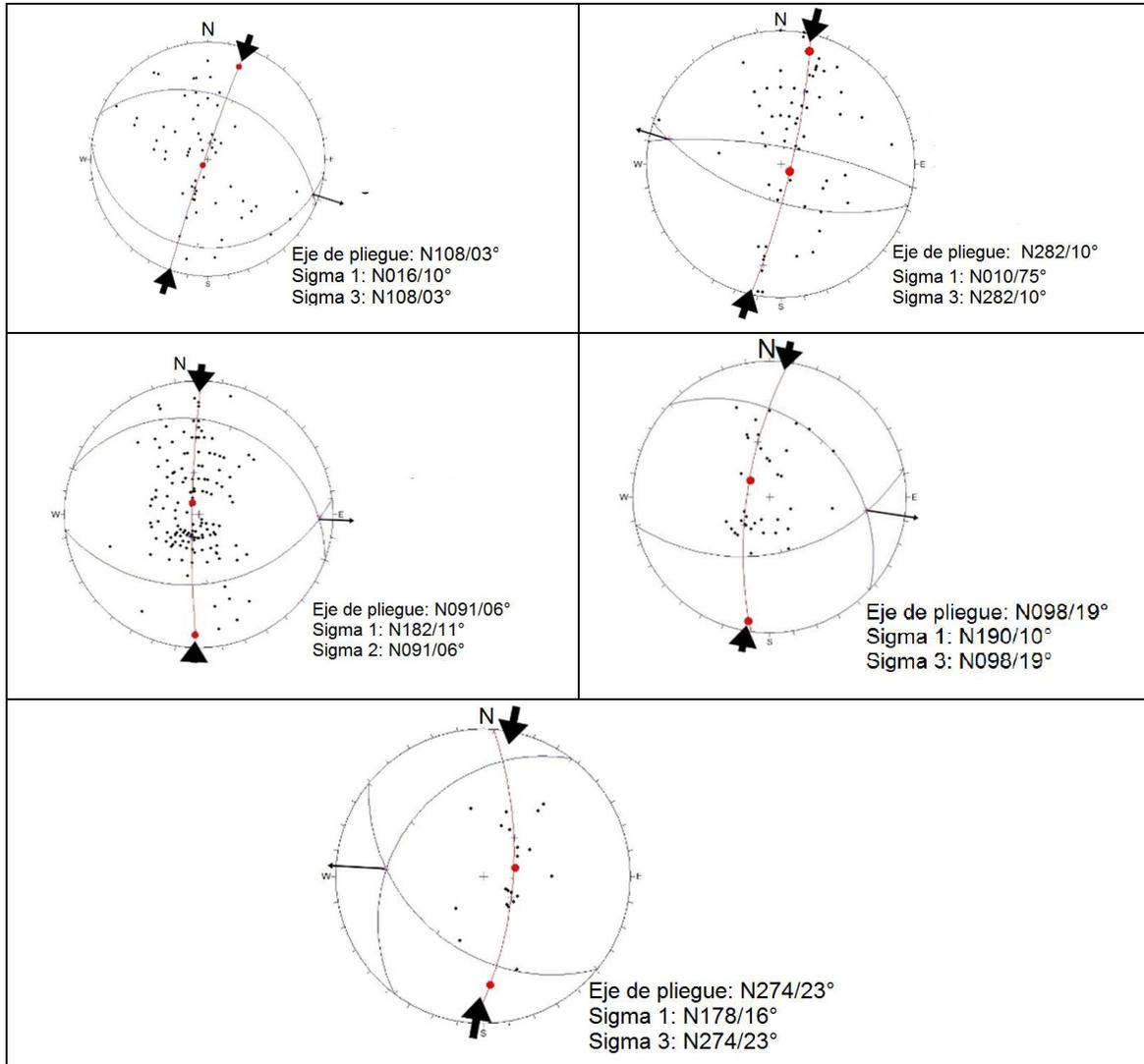
El eje de un pliegue, el plano axial y los flancos son los elementos de un pliegue que se utilizan para analizar los esfuerzos principales (tensión y compresión).

En el área se encontraron varios plegamientos, de dimensiones no mapeables, sin embargo se midieron sus elementos y para fines del análisis estructural se determinó que de igual forma siguen una misma tendencia de esfuerzos compresivos al NE-SO con los plegamientos mayores que fueron determinados mediante las direcciones de foliaciones.

Los ejes de pliegue fueron graficados en estereogramas separados, generando un diagrama de densidades para cada pliegue, al cual por medio de guirnaldas medias se pueden determinar los flancos medios de cada estructura, con esto se puede plasmar de manera gráfica el plano axial, además de determinar las orientaciones del sigma 1, mediante estos datos se concluye que las direcciones de esfuerzos son las siguientes: sigma uno $N068^\circ$ y sigma tres $N158^\circ$.

Los estereogramas utilizados para la definición de los esfuerzos se presentan en el cuadro 8, presente a continuación.

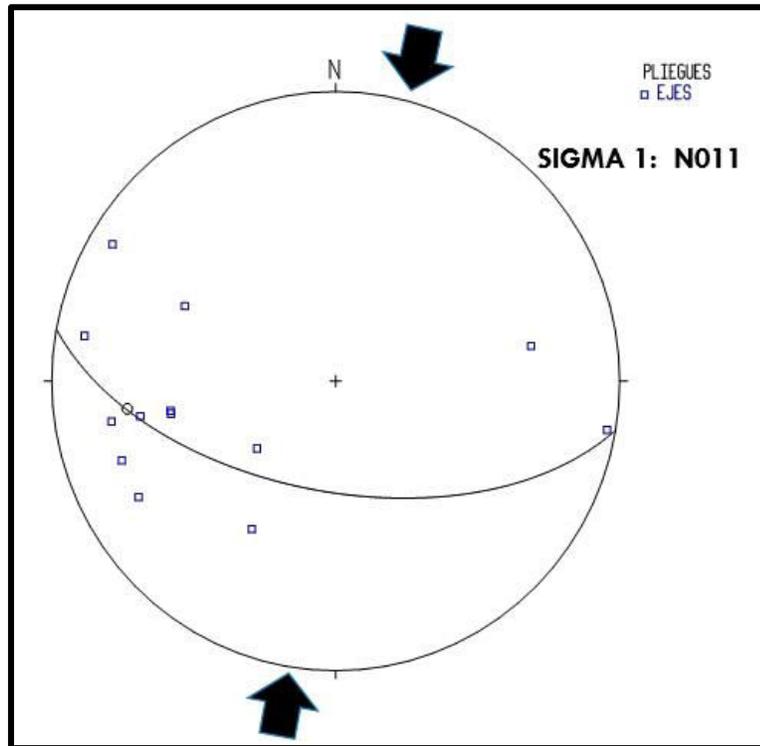
CUADRO 8 ESTEREOGRAMAS UTILIZADOS PARA LA DETERMINACIÓN DE ESFUERZOS PRINCIPALES, UTILIZANDO ELEMENTOS DE PLIEGUES



Fuente: Investigación de campo, 2014.

Luego de graficar los elementos de cada plegamiento, se toman los datos de los ejes de pliegue para elaborar el siguiente estereograma, mostrado en la figura 18.

FIGURA 18
ESTEREOGRAMA DE LOS EJES DE PLIEGUE DEL ÁREA



Fuente: Investigación de campo, 2014.

En este diagrama puede observarse que la dirección del sigma 1 para el sistema plegado tiene una orientación hacia el $N011^\circ$, esto indica que las estructuras plegadas están determinadas por un esfuerzo compresivo con dirección de presión del $N011^\circ E - S011^\circ W$.

Este arreglo de esfuerzos genera una cinemática teórica con movimiento sinistral, aunque por estar los esfuerzos muy próximos al eje $N - S$ se puede comprobar que según T.W. Donnelly et.al.1990 este evento pertenece a la orogenia o colisión de los bloques Maya y Chortí que al converger desencadenaron en la zona de sutura del Motagua y con esto, las estructuras plegadas.

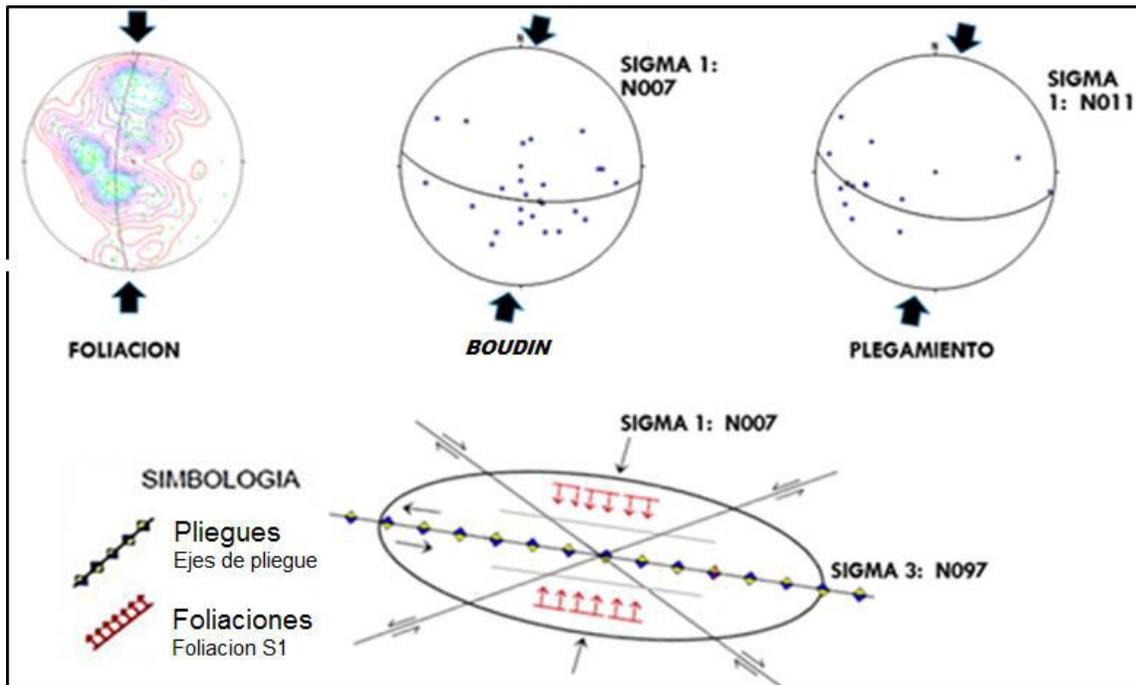
Conjuntamente con los datos de los pliegues, se pueden asociar otras estructuras que obedecen a este tipo de dinámica, estructuras tales como foliaciones, que son un producto estructural ligado al plegamiento, así también los *boudines* que están formados con similares direcciones de esfuerzos.

Al conjugar toda esta información se procede a elaborar el modelo estructural, tomando en cuenta las estructuras pertenecientes al dominio dúctil, quedando de la siguiente manera.

1) Modelo estructural del dominio dúctil

Modelo estructural local del área de estudio del dominio dúctil figura 19. En ella se observa que la foliación S1, es diferente a los pliegues y S2, ya que los ejes de pliegue están dominados por el esfuerzo compresional (σ_1) en dirección perpendicular a la dirección que genera la foliación S1. Este modelo sugiere que la dirección de los esfuerzos principales son σ_3 en $N070^\circ - N250^\circ$ y el σ_1 en $N160^\circ - N340^\circ$.

FIGURA 19
MODELO ESTRUCTURAL DEL DOMINIO DÚCTIL



Fuente: Investigación de campo, 2014.

5.2.3 Modelo estructural

Para elaborar el modelo estructural local para cada dominio, se utilizaron las relaciones dinámicas de los esfuerzos (σ_1 y σ_3) que evidenciaron las estructuras que fueron encontradas en el área.

Para obtener la dinámica local, se tomó en cuenta que los esfuerzos no solo pertenecen a un evento de deformación, ya que al supuesto primer evento con cinemática dextral coinciden, la foliación S1, fracturas y fallas normales, posteriormente se encuentra que las estructuras que corresponden a una cinemática sinistral son la foliación s2, grietas de tensión, estructuras plegadas y fallas inversas, por lo que se colocó en un modelo donde cada estructura quedara orientada y así poder realizar una comparación de cada estructura para la creación de un modelo

estructural local del dominio frágil y del dominio dúctil, que ayude a determinar la dinámica y cinemática de cada uno.

Para el modelo estructural se tienen las estructuras con su respectiva orientación, mostradas en el cuadro 9.

CUADRO 9

ESFUERZOS PRINCIPALES DE LAS ESTRUCTURAS DEL DOMINIO FRÁGIL Y DÚCTIL ENCONTRADAS EN EL CAMPO

Estructura	Dominio frágil		Dominio dúctil	
	σ_1	σ_3	σ_1	σ_3
Fallas	N044°	N035°		
Grietas de tensión	N014°	N104°		
Eje de pliegue			N011°	N101°
Foliación S1			N005°	N095°
Foliación S2			N070°	N160°

Fuente: Investigación de campo, 2014.

Los modelos propuestos, permiten obtener dos elipses de deformación, la principal de cinemática sinistral con dirección de sigma principal $\sigma_1 = N077^\circ$, que al ser comparado con el modelo estructural de la zona de fallamiento del Motagua con esfuerzo principal $\sigma_1 = N032$, se puede notar una diferencia de 45° . Por otra parte la segunda elipse con cinemática dextral está relacionada a un sistema de tipo *ridel* local que es más reciente.

CONCLUSIONES

En el área de estudio según el resultado de los modelos estructurales, se hacen evidentes 2 posibles eventos de deformación. El primero está ligado a la colisión entre bloques Maya y Chortí la cual ha generado las estructuras como fallas inversas, grietas de tensión y fallas normales de la zona. El segundo evento se relaciona a la zona de fallamiento sinistral del Motagua tomando en cuenta que se trata de una zona tectónicamente activa y modelo tectónico al cual se adaptan los resultados de esta investigación.

Los principales rasgos estructurales del área por ser una zona metamórfica son similares para cada unidad, en ésta se encuentran foliaciones, crenulaciones, estructuras plegadas, budines, fallas, fracturas entre otras. Los patrones de foliación (S1) muestran una dirección preferencial $N05^{\circ}E - S85^{\circ}W$, la cual corresponde a la dirección compresiva de los esfuerzos que genera los plegamientos de estos patrones en las distintas unidades litológicas. En el caso de los patrones que presentan los planos axiales de las crenulaciones (S2) y ejes de crenulación (eje S2), se tiene que estos muestran una dirección de esfuerzos compresivos que concuerda a la dirección de los pliegues mayores orientado al $N11^{\circ}E - S79^{\circ}W$.

Al analizar las estructuras encontradas y tomando en cuenta la relación de edad relativa de las unidades litológicas, se establece que tales unidades se encuentran afectadas por el sistema de fallas del Motagua, ya que la mayor parte de los esfuerzos compresivos se presentan en dirección $NE - SW$ en un rango del $N05^{\circ}E$ y $N11^{\circ}E$, los cuales corresponden a un modelo de deformación regional con tendencia sinistral.

Referente a la cinemática, mediante las elipses de deformación frágil y dúctil generadas es posible determinar lo siguiente:

En el dominio frágil se cuenta con 2 tendencias de esfuerzos, la primera con el eje compresivo $\sigma_1=N077^\circ$ y el segundo con eje compresivo $\sigma_1=N116^\circ$, con esto se puede concluir que la primera elipse concuerda con el modelo teórico regional del Motagua que es sinistral.

La segunda elipse corresponde a esfuerzos locales y tiene un movimiento sinistral. Para el dominio dúctil se generó una elipse con el eje compresivo $\sigma_1=N007^\circ$ poniendo en evidencia que las estructuras plegadas, foliación, budines entre otras, pertenecen al movimiento sinistral que provoca la zona de falla del Motagua.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios de petrogénesis en las unidades del área para determinar las correlaciones y origen de cada unidad dentro del área ya que en este estudio se abarcaron únicamente los aspectos petrográficos, contactos y algunas relaciones espaciales entre unidades.

Dataciones absolutas de las rocas mediante métodos radiométricos, ya sea por K-Ar o Rb-Sr, para definir a que unidad litodémica corresponde en el contexto geológico regional.

Estudio de estabilidad de taludes en carreteras que conducen de la aldea el Chahuite hacia la aldea Vainillas, ya que en ese tramo se han observado movimientos de masa en el talud.

BIBLIOGRAFÍA

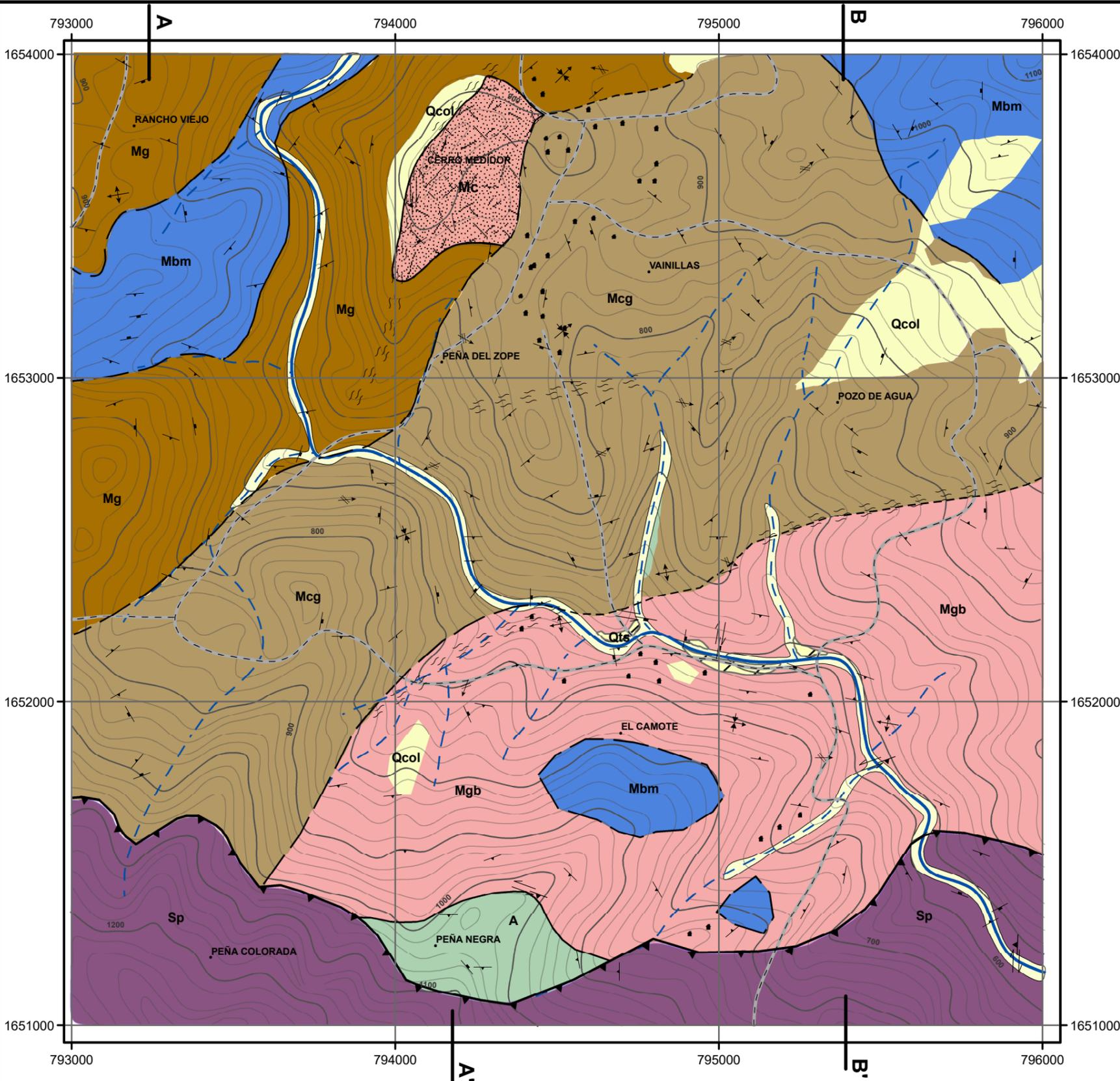
- Chiquin Yoj, Mauricio (Comp.), *Norte América Central; Los Bloques Maya y Chortís*. Carrera de Geología. Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala 1985.
- Donnelly T.W., Et.Al. *Northern Central America; The Maya And Chortis Blocks*. United States of America; The Geology of North America. 1990.
- , *Historia geológica del valle del Motagua y sistema de fallas del Motagua*. Universidad de Nueva York. Nueva York, Estados Unidos de América: Departamento de Ciencias Geológicas, 1997.
- Gordillo C. Enrique. *Guía general de estilo para la presentación de Trabajos Académicos*. Centro de Estudios Urbanos y Regionales – Universidad de San Carlos de Guatemala, 2002.
- Hobbs, B.H., Et.Al. *Geología estructural*. Nueva York, Estados Unidos de América: Editorial John Wiley and Sons, 1981.
- Instituto Geográfico Nacional –IGN– *Hoja topográfica de El Chol (2160 IV)*. Guatemala; Escala 1:50000 color.
- MacKenzie WS. y Adams AE. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. España: Editorial Masson, 1997.
- McClay, K. *El mapeo geológico de estructuras*; revista universitaria, *sociedad geológica de Londres*. New York, Toronto, Estados Unidos de América. Editorial John Wiley & Sons, 1987.
- Molina, Enrique. *Evaluación de la amenaza sísmica en Centroamérica*, Guatemala; Proyecto Resis II, 2008.
- Ortega – Gutiérrez, Fernando Et. Al. *The Maya-Chortís Boundary: A tectonostratigraphic Approach*. *International Geology Review*. Universidad Nacional Autónoma de México. México: Instituto de Geología, 2007.
- Millan S.M. (Comp.), *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala Norte y Centro*. Estados Unidos de América: Sociedad Geológica de América, 1990.

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

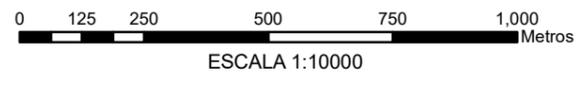
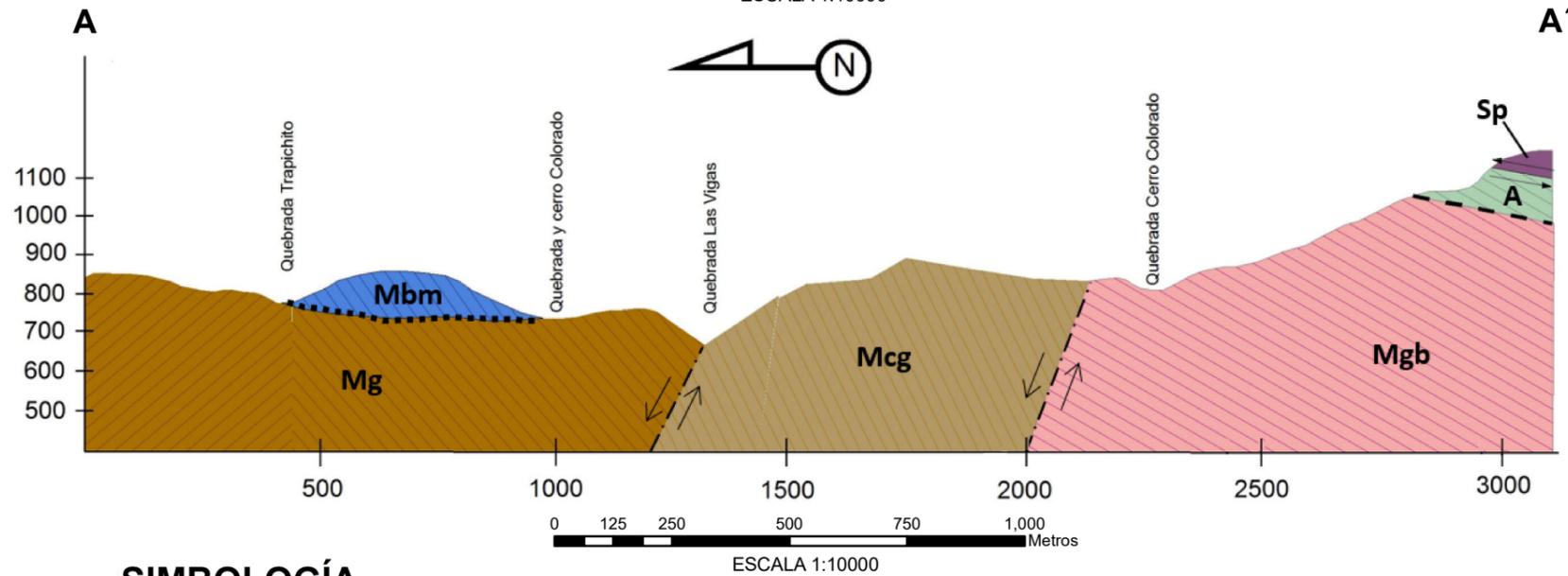
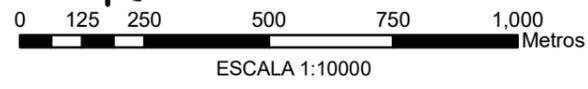


V^oB^o
[Handwritten signature]

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
BIBLIOTECARIO



- CUATERNARIO**
 - Qts Terrazas Aluviales
 - Qal Aluvión
 - Qcol Coluvión
- CRETACICO**
 - Sp Serpentinita
 - A Anfibolita
- PALEOZOICO**
 - Mbm Mármol
 - Mg Esquisto Granatífero
 - Mc Cuarzita
 - Mcg Gneis de dos Micas
 - Mgb Gneis Biotítico



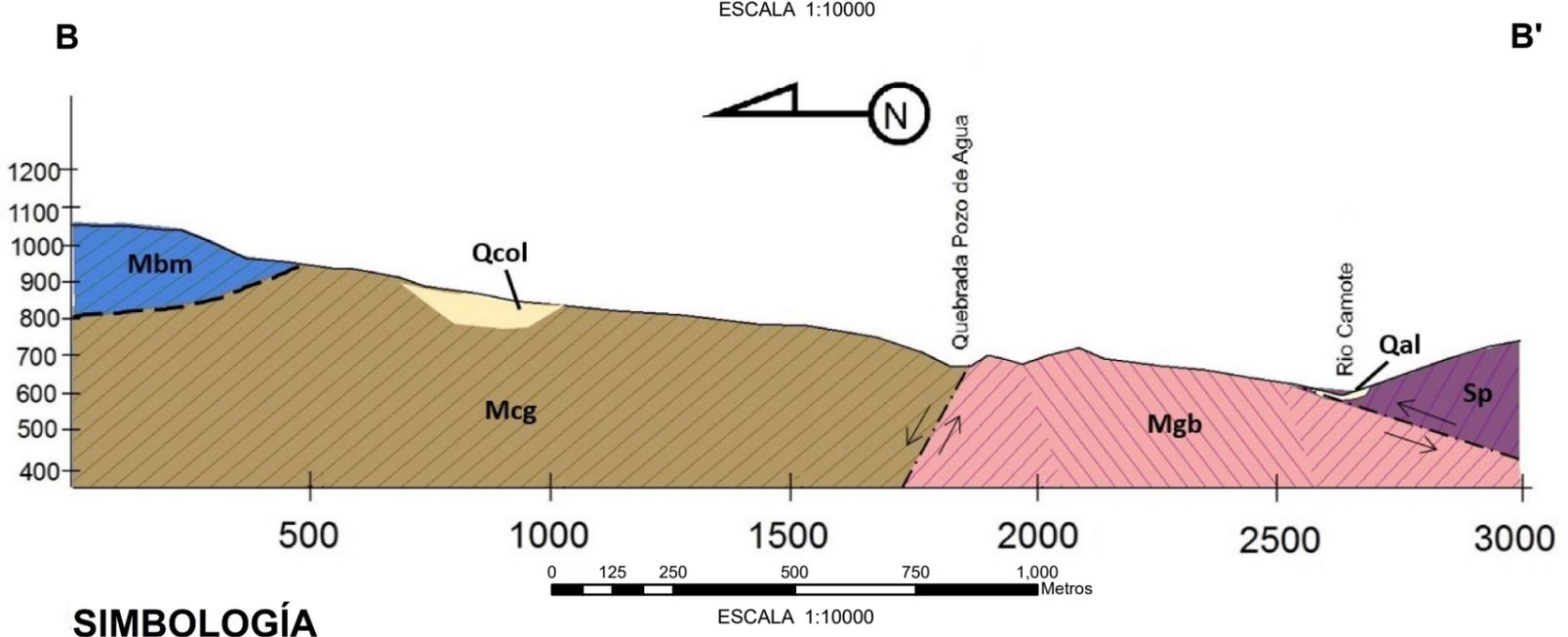
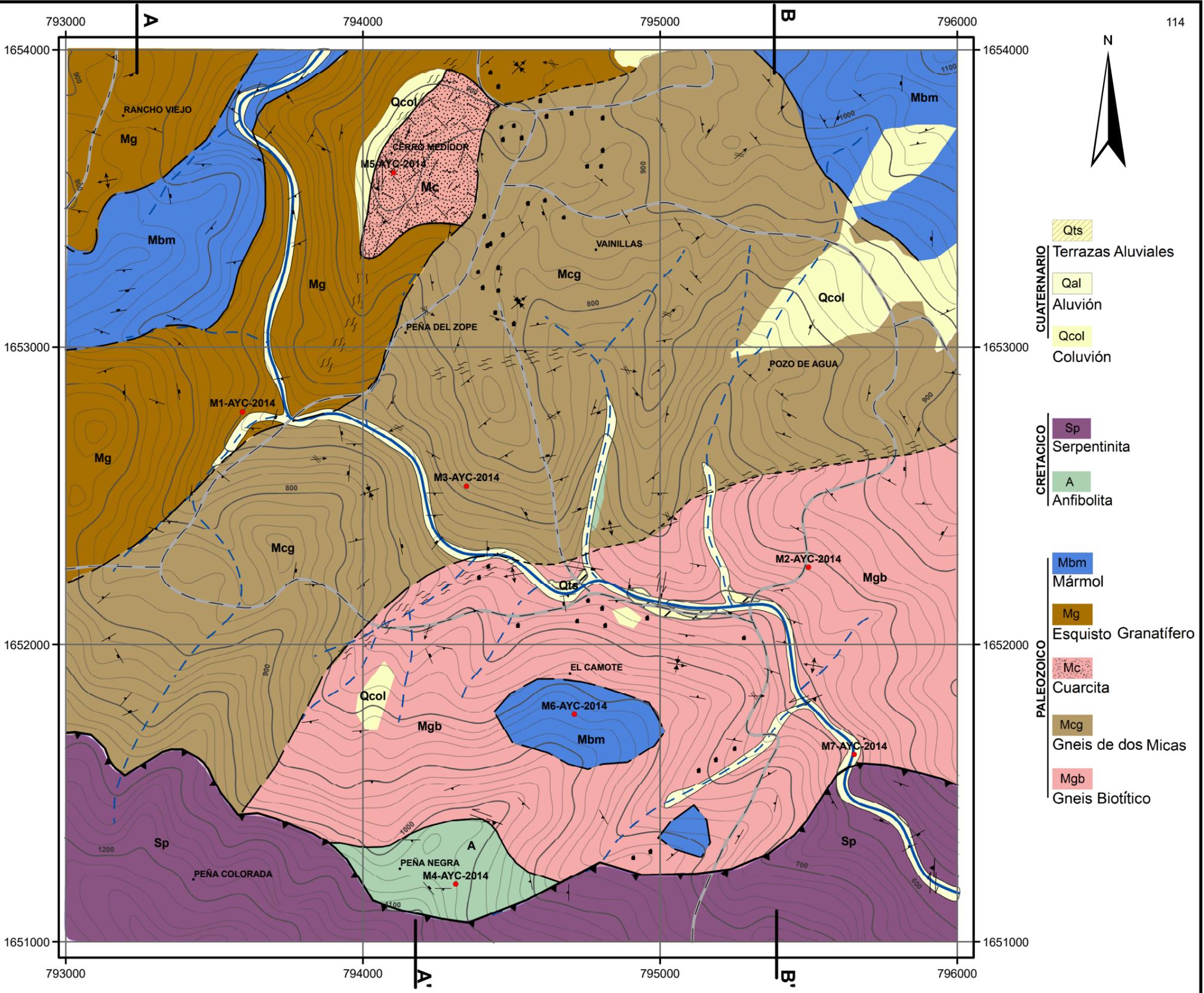
SIMBOLOGÍA

- | | | |
|--------------------------|----------------------|-----------------------------|
| BASE CARTOGRÁFICA | FALLAS | ESTRUCTURAS PLEGADAS |
| ■ Aldeas | ↔ Dextral inversa | ↕ Antiforme |
| --- Veredas | ↔ Dextral normal | ↕ Sinforme |
| — Río | ↔ Inversa dextral | ↔ Eje de crenulación |
| --- Quebradas | ↔ Inversa sinistral | |
| ESTRUCTURAS | CONTACTOS | |
| — Foliación | --- Contacto oculto | |
| — Fracturas | --- Contacto gradual | |
| --- Cizalla | ▲ Cabalgamiento | |
| | — Contacto fallado | |

CIBULCO 2061 I	SALAMA 2161 II	SAN JERÓNIMO 2161 I
GRANADOS 2060 I	EL CHOL 2160 IV	EL PROGRESO 2160 I
SAN JUAN SACATEPECUEZ 2060 II	SAN PEDRO AYAMPUC 2160 II	SANARATE 2160 II

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá.		
Contiene:	MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO	
Trabajo realizado por:	ALBERTINA YAXCAL CAAL	
Escala Numérica 1: 10 000	Revisado por: Cesar Fernando Monterroso Rey	Referencia Espacial: UTM WGS 84 Z15N
		ANEXO 1



SIMBOLOGÍA

- BASE CARTOGRÁFICA**
- Aldeas
 - Veredas
 - Río
 - Quebradas
- FALLAS**
- Dextral inversa
 - Dextral normal
 - Inversa dextral
 - Inversa sinistral
 - Normal sinistral
- ESTRUCTURAS PLEGADAS**
- Antiforme
 - Sinforme
 - Eje de crenulación
- ESTRUCTURAS**
- Foliación
 - Fracturas
 - Cizalla
- CONTACTOS**
- Contacto oculto
 - Contacto gradual
 - Cabalgamiento
 - Contacto fallado

CIBULCO 2061 I	SALAMA 2161 III	SAN JERÓNIMO 2161 II
GRANADOS 2060 I	EL CHOL 2160 IV	EL PROGRESO 2160 I
SAN JUAN SACATEPECUEZ 2060 II	SAN PEDRO AYAMPUC 2160 II	SANARATE 2160 II

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

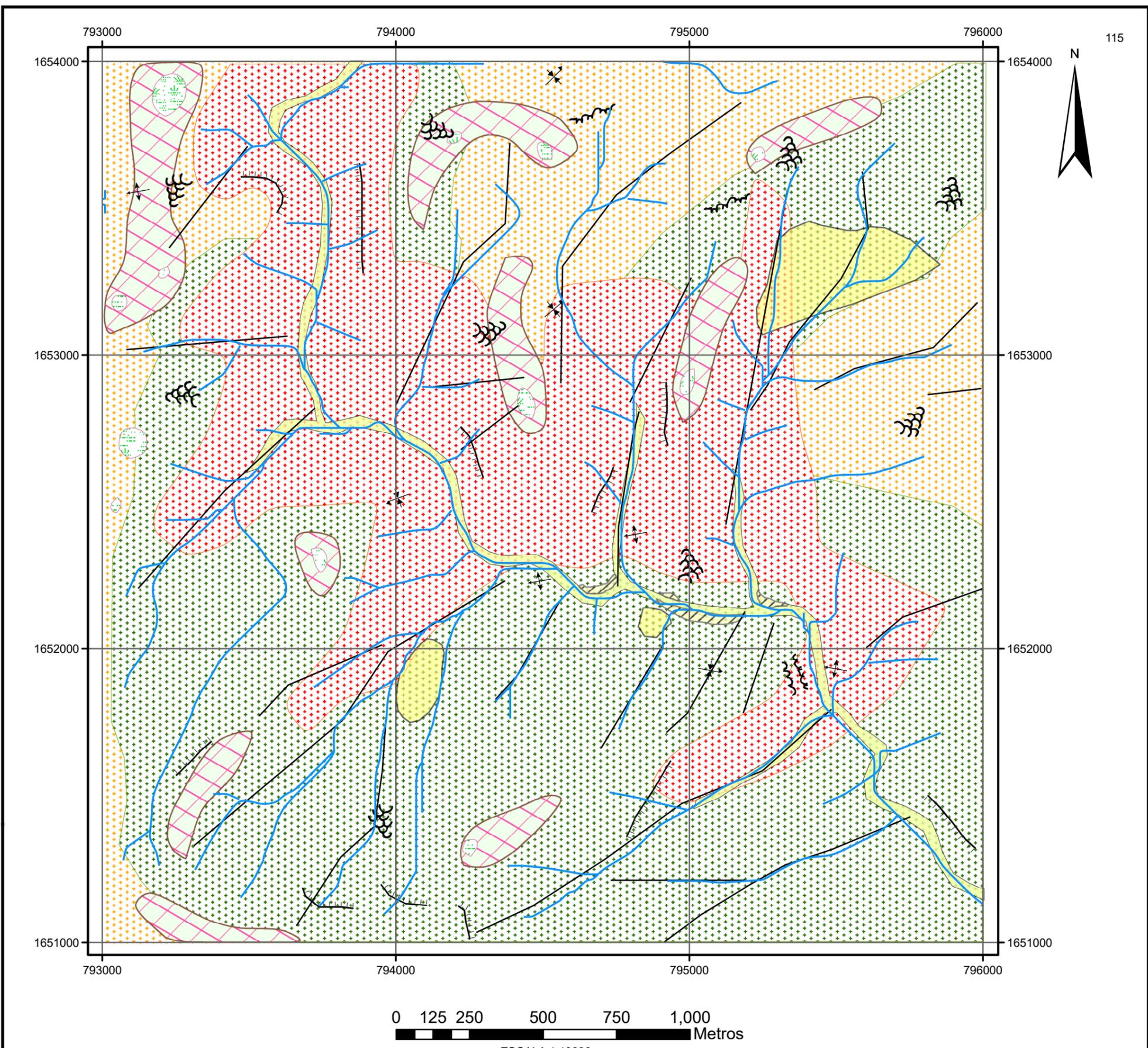
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ:
Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá.

Contiene: **MAPA DE MUESTRAS Y PERFIL GEOLOGICO**

Trabajo realizado por: **ALBERTINA YAXCAL CAAL**

Escala Numérica: 1: 10 000 | Revisado por: Cesar Fernando Monterroso Rey | Referencia Espacial: UTM WGS 84 Z15N

ANEXO 1



SIMBOLOGÍA

- Red de drenaje
- Lineamientos estructurales
- Antiforme
- Sinforme

UNIDAD DENUDACIONAL

- Carcava
- Deslizamiento translacional
- Surcos
- Escarpe
- Cima
- Cresta
- Laderas fuertes
- Laderas medias
- Laderas suaves

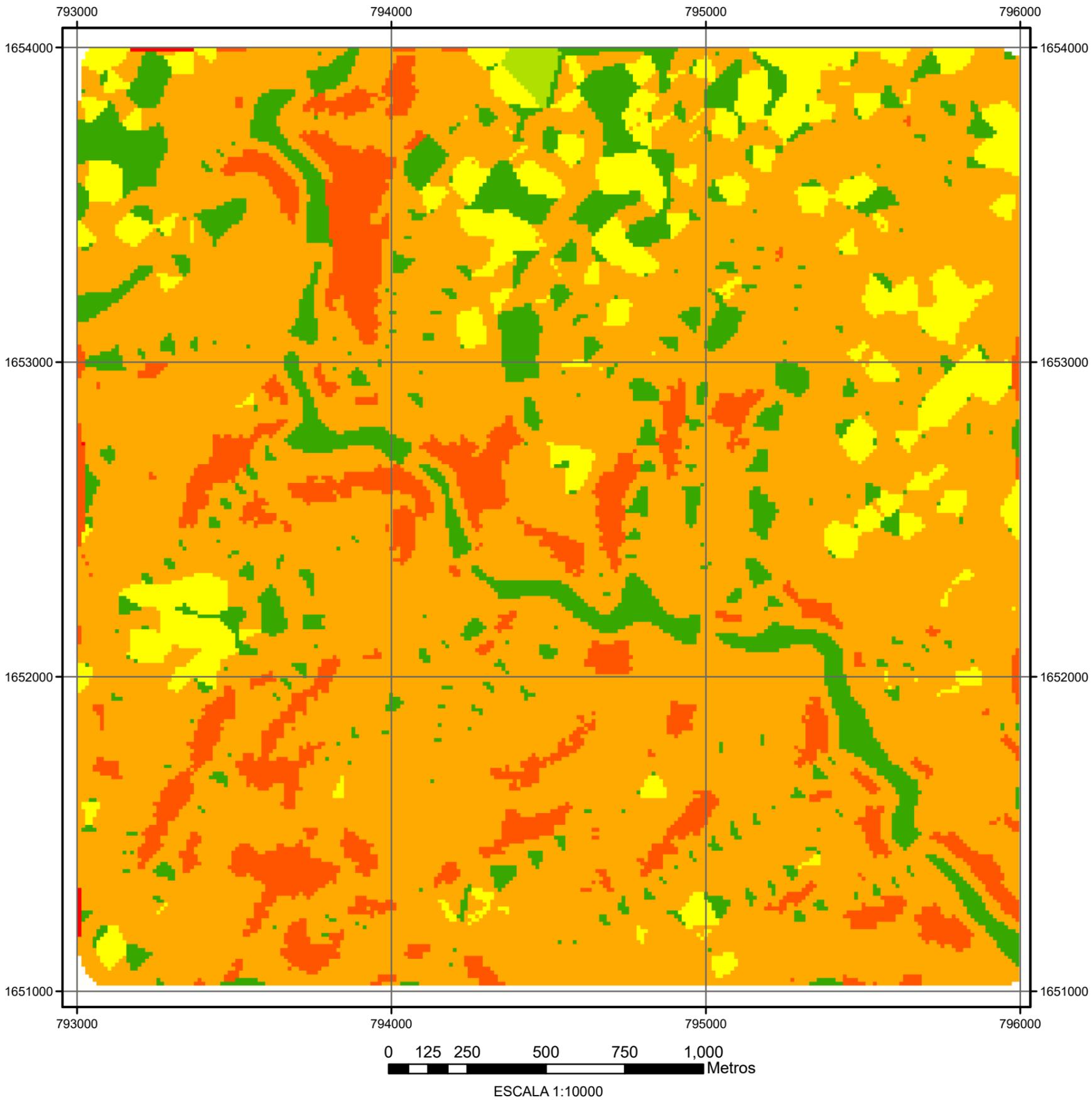
UNIDAD AGRADACIONAL

- Terrazas Aluviales
- Aluvión
- Coluvión

CUBULCO 2061 II	SALAMÁ 2161 III	SAN JERÓNIMO 2161 II
GRANADOS 2060 I	EL CHOL 2160 IV	EL PROGRESO 2160 I
SAN JUAN SACATEPÉQUEZ 2060 II	SAN PEDRO AYAMPUC 2160 III	SANARATE 2160 II

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

			UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
			CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá.			MAPA GEOMORFOLÓGICO
Trabajo realizado por: ALBERTINA YAXCAL CAAL			
Escala Numérica: 1: 10 000	Revisado por: Cesar Fernando Monterroso Rey	Referencia Espacial: UTM WGS 84 215N	ANEXO 1



RANGOS DE PENDIENTES EN GRADOS

- 0 - 2
- 2.1 - 4
- 4.1 - 8
- 8.1 - 16
- 16.1 - 35
- 35.1 - 55
- 55.1 - 71.5

Clasificación de pendientes.

GRADO	DESCRIPCION
0 - 2	Plana o casi plana
2 - 4	Suavemente inclinada
4 - 8	Inclinada
8 - 16	Moderadamente pendiente
16 - 35	Pendiente
35 - 55	Mucha pendiente
>55	Extremadamente pendiente

Fuente: Guía de Descripción de Suelos. Roma 2009.

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

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá.	
Contiene: MAPA DE PENDIENTES		
Trabajo realizado por: ALBERTINA YAXCAL CAAL		
Escala Numérica: 1: 10 000	Revisado por: Cesar Fernando Monterroso Rey	Referencia Espacial: UTM WGS 84 Z15N
		ANEXO 1

ANEXO 2.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: M1(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 19/09/2014		PROYECTO: TFC 2014	
UBICACIÓN:	UTM_Este:793733	UTM_Norte:1652908	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El chol	Serie:754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural / composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO: La unidad de Esquisto Granatífero en la parte noroeste del área se encuentra en contacto con las unidades de Mármol y Cuarcita, teniendo con el Mármol un contacto gradual y con la Cuarcita un contacto fallado generado por cizallamiento. En la parte este también se encuentra en contacto gradual con el Gneis de dos Micas (ver mapa geológico en anexo).						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2...etc):		74	182			
Lineaciones						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas:		No persistente	Persistente	F3:		
J1	X		70	110		
J2						
J3						
J4						
Otras:						

FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO DE DONDE SE EXTRAJO LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS MACROSCÓPICO Y MICROSCÓPICO.



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Gris claro Roca alterada: Verde olivo
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) X	

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

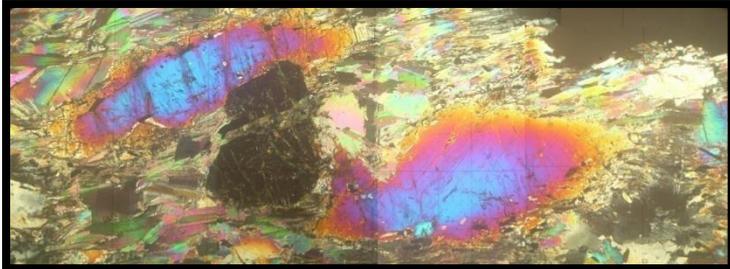
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Moscovita Cuarzo	65	Clorita Granate	30	Biotita	5	

TEXTURAS: Esquistosa y Porfídica

TIPO DE ALTERACIÓN: Cloritización

OTROS DATOS:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Pirita 5%
Moscovita Cuarzo Granate Clorita	75	Estaurolita Biotita	20	Distena	5	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granolepidoblástica y Porfidoblástica Microtexturas de deformación: Granate rotado y con inclusiones Microestructuras: Crenulaciones, sombras de presión y foliación S1 Tipo de Alteración: Cloritización Geometría e indicadores cinemáticos:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate	Euhedral	
					Subhedral	2000-3000
				Anhedral		
FOTOGRAFÍA NO. 4 MINERAL ROTADO EN LÁMINA DELGADA DE LA UNIDAD DE ESQUISTO GRANATÍFERO.				Resultado cinemático: Como mineral rotado se tiene el granate presentando un movimiento dextral y la estaurolita es el mineral que forma las colas de presión. La sombra de presión es de tipo sigma.		
						
Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.						
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo: Medio		
Zona Metamórfica: Anfibolitas				Roca original (protolito): Sedimentario (roca pelítica)		

CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto Granatífero

CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO

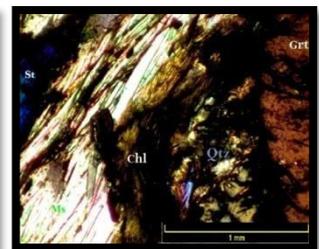
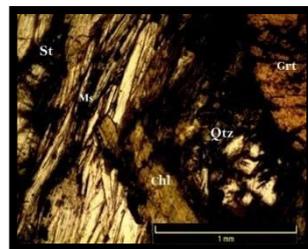
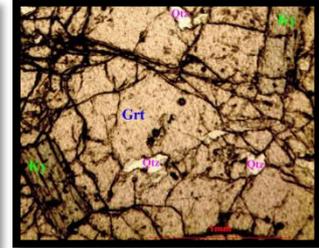
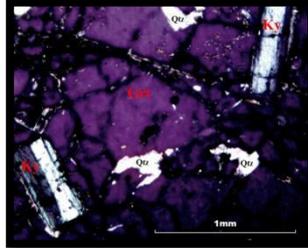
FOTOGRAFÍA NO. 5
FOTOGRAFÍA DE UNA SECCIÓN
DELGADA DE LA UNIDAD DE
ESQUISTO GRANATÍFERO



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA

FOTOGRAFIA NO. 6
FOTOGRAFÍAS DE MINERALES QUE CONTIENE LA MUESTRA DE ESQUISTO GRANATIFERO EN
SECCIÓN DELGADA, VISTOS EN PPL Y XPL.



Fotografias tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: M2(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 19/09/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este:795221	UTM_Norte:1652111	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: E754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
<p>VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO: Esta unidad se encuentra sub-yaciendo a la unidad de Gneis de dos Micas y sobre-yaciendo a la unidad de Esquisto Granatífero, se presenta en la parte norte en contacto gradual con la unidad Gneis de dos Micas y en la parte sur en contacto fallado con la unidad de Serpentinita.</p>						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...): (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2, .etc.):		60	210			
Lineaciones:						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F3:		
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE DONDE SE EXTRAJO LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS MICRO Y MACROSCÓPICO DE LA UNIDAD DE GNEIS BIOTÍTICO.



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Gris oscuro Roca alterada: Marrón
		X					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced) X				Continuo (Continuous)	

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Biotita	85	Moscovita	15			

TEXTURAS: Gnéisica equigranular

TIPO DE ALTERACIÓN:

OTROS DATOS:

FOTOGRAFÍA NO. 2
GNEIS BIOTÍTICO EN MUESTRA DE MANO.



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFÍA NO. 3
VISTA GENERAL EN SECCIÓN DELGADA DE GNEIS BIOTÍTICO, (XPL).

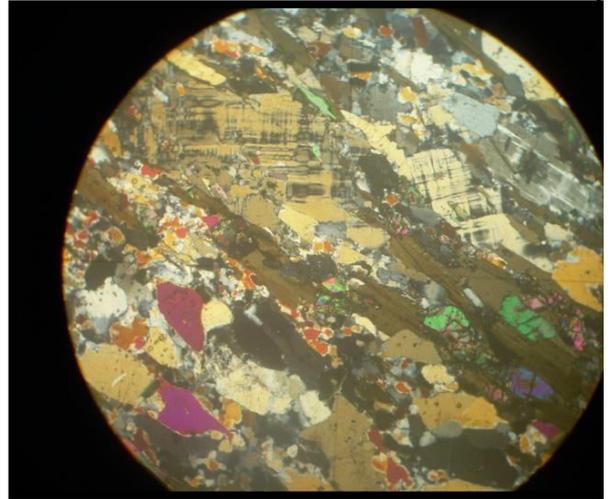


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Magnetita 2%
Cuarzo Biotita	53	Moscovita Microclina	35	Augita	10	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura :Granonematoblastica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Foliación S1 Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
					Euhedral	
					Subhedral	
	Cuarzo	Anhedral	1000 a 1000			
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Alto		
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Ígneo		
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Biotítico						
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA		

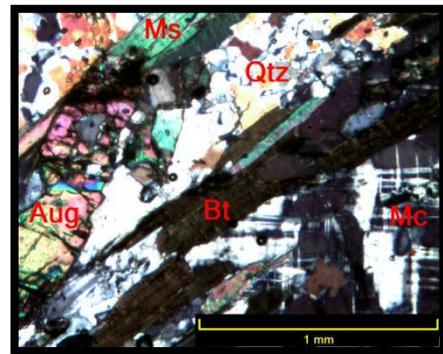
FOTOGRAFÍA NO. 4
SECCIÓN DELGADA DE GNEIS BIOTÍTICO.



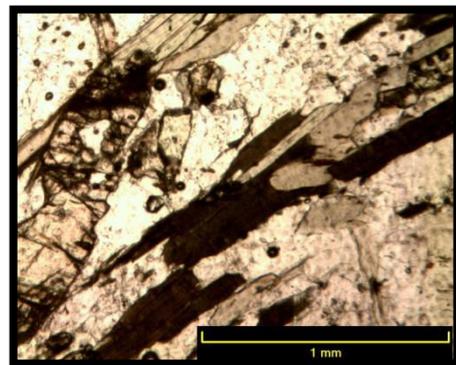
Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFIA NO. 5
FOTOGRAFÍAS DE MINERALES EN SECCIÓN DELGADA DE GNEIS BIOTÍTICO
CON UN AUMENTO DE 40 X.

XPL



PPL



Fotografías tomadas por: Albertina Yaxcal, 2014.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: M3(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 20/09/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 794171	UTM_Norte: 1652505	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: E754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
<p>Esta unidad se encuentra sobre-yaciendo a la unidad de Gneis Biotítico, y debajo de la unidad de Cuarzita. Al noreste está en contacto gradual con el Mármol y en contacto discordante con el Coluvión, al suroeste se encuentra delimitado por una zona de cizalla con el Gneis Biotítico, al noroeste está en contacto gradual con el Esquisto Granatífero, esta unidad también está siendo cabalgada por la Serpentinita en la parte límite suroeste.</p>						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		60	182			
Lineaciones						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo)		F1:		F2:		
Diaclasas:		No persistente	Persistente	F3:		
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

**FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE GNEIS DE DOS MICAS**



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: X Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced) X				Continuo (Continuous)	

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo Moscovita	80	Biotita	20			

TEXTURAS: Gnéisica y granular

TIPO DE ALTERACIÓN:

OTROS DATOS:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO							
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:	
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %		
Moscovita Cuarzo	85	Biotita	5	Plagioclasas	5	Magnetita 5%	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO			
Microtextura :Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Foliación S1 Tipo de Alteración				Mineral	Forma	Tamaño (µm)	
				Cuarzo		Euhedral	
						Subhedral	
						Anhedral	100 a 1000
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:			
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Alto			
Zona Metamórfica: Esquistos Verdes				Roca original (protolito): Igneo			
CLASIFICIACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Gneis de Dos Micas							
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA			

FOTOGRAFÍA NO. 4

FOTOGRAFÍA DE UNA SECCIÓN DELGADA DE GNEIS DE DOS MICAS

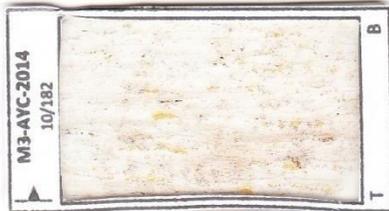
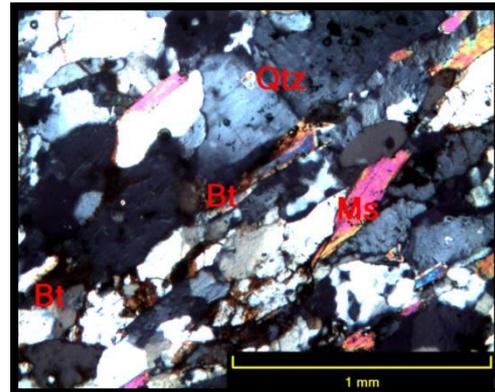


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFIA NO. 5
FOTOGRAFÍAS DE MINERALES EN SECCIÓN DELGADA DE GNEIS DE DOS KICAS CON UN AUMENTO DE 40 X.

XPL



PPL

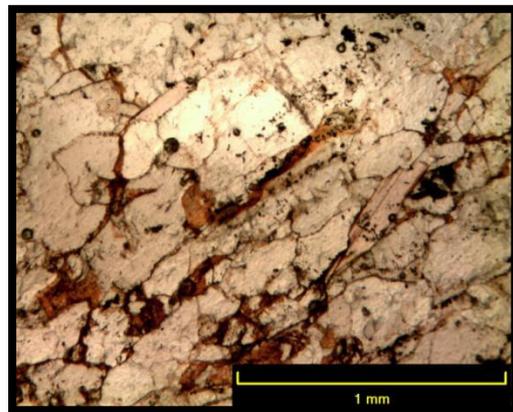


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: M4(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 21/09/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 794256	UTM_Norte: 1651175	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie: E754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
<p>VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO: La unidad de Anfibolita se encuentra sobre-yacida por la unidad de Mármol y sub-yacida por la unidad de Gneis de dos Micas. Esta unidad está limitada al norte con un contacto gradual con el Gneis Biotítico y al sur esta unidad se encuentra en contacto fallado (cabalgamiento) con la unidad de Serpentinita (ver mapa geológico anexo 1).</p>						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa sinistral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..tc):		30	230			
Lineaciones						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2: F3:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente				
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA DE DONDE SE EXTRAJO LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS
MACRO Y MICROSCÓPICO



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: verde claro Roca alterada: verde oscuro
		X					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous) X	

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Anfíbol	80	Cuarzo	20			

TEXTURAS: Foliada

TIPO DE ALTERACIÓN:

OTROS DATOS:

FOTOGRAFÍA NO. 2
MUESTRA DE MANO DE ANFIBOLITA



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFÍA NO. 3
VISTA GENERAL EN SECCIÓN DELGADA DE ANFIBOLITA

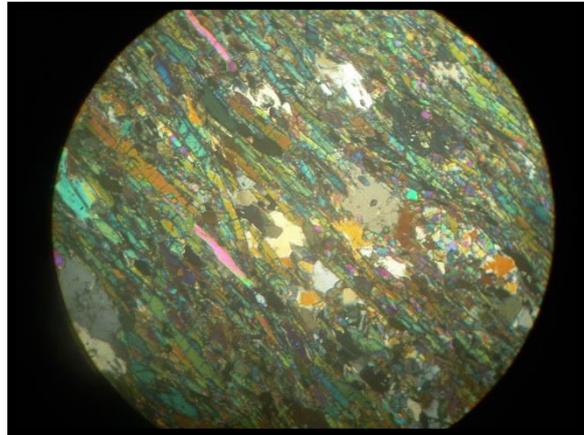


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Hornblenda	60	Estaurolita	25	Cuarzo Granate	10	Rutilo 5%
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura :Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Microestructuras: Foliación S1 Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate cuarzo	Euhedral	
					Subhedral	
	Anhedral	100 a 500				
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio		
Zona Metamórfica: Anfibolitas				Roca original (protolito): ígneo		
CLASIFICIACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Anfibolita						
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA		

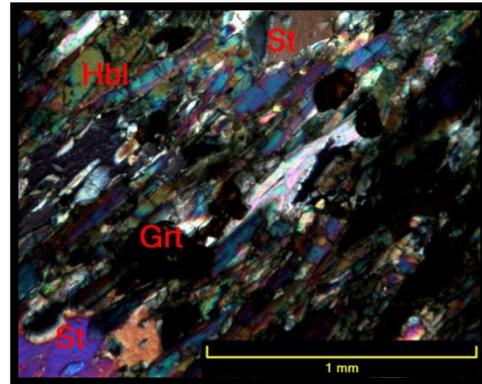
FOTOGRAFÍA NO.4
SECCIÓN DELGADA DE LA UNIDAD DE ANFIBOLITA



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFÍA NO.5
MINERALES VISTAS EN SECCIÓN DELGADA DE LA ANFIBOLITA
CON UN AUMENTO DE 40X.

XPL



PPL

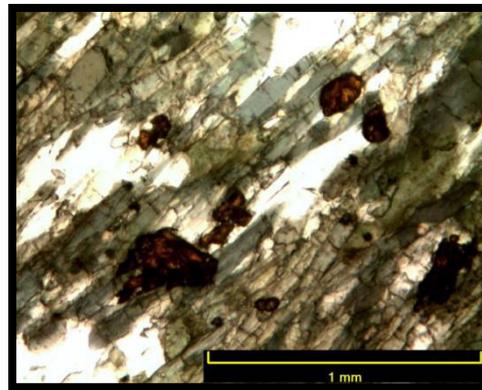


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA:M6-(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 19/09/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este:795379	UTM_Norte:1651565	UTM_Zona:15N
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: el Chol	Serie:E754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

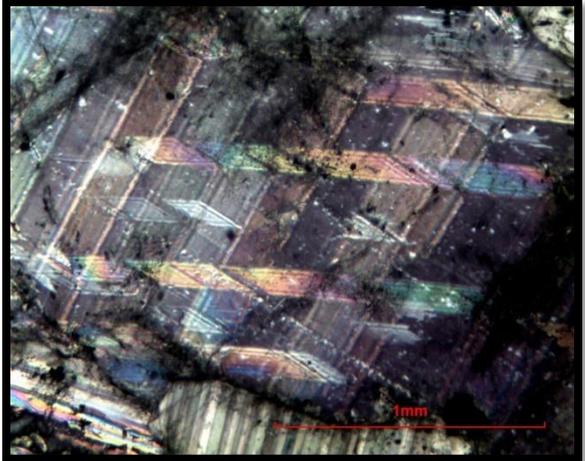
TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO: <p style="text-align: center;">El Mármol se encuentra en contacto fallado con las unidades que se relaciona geoméricamente. Esta unidad sobre-yace a todas con las que tiene contacto excepto las masas coluvionales que existen en el noreste.</p>						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2..etc):		60	165			
Lineaciones						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2: F3:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente				
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

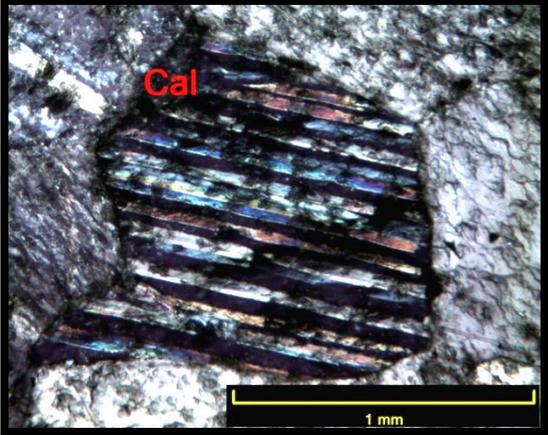
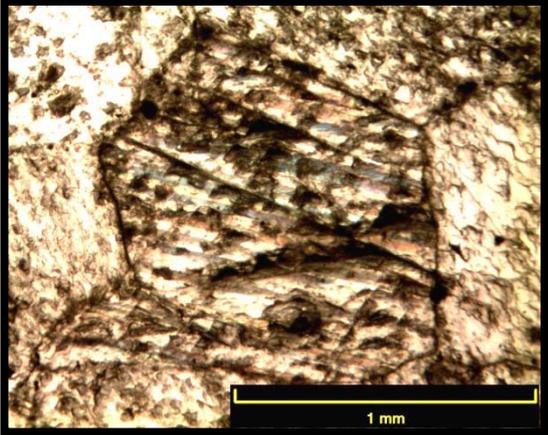
FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE MÁRMOL DE DONDE SE EXTRAJO LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS MINERALÓGICO.



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Gris-blanco Roca alterada:
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)				Continuo (Continuous) X	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Calcita	90	Cuarzo Mica		10			
TEXTURAS: Equigranular							
TIPO DE ALTERACIÓN:							
OTROS DATOS:							
FOTOGRAFÍA NO. 2 MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD D MÁRMOL				FOTOGRAFÍA NO. 3 MINERAL DE CALCITA REPRESENTADO EN SECCIÓN DELGADA VISTO CON UN AUMENTO DE 40X.			
							
Foto tomada por Albertina Yaxcal, 2014.				Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.			

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Metales 2%
Calcita	95	Cuarzo	3			
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
				Mineral	Forma	Tamaño (µm)

<p>Microtextura : Granoblástica</p> <p>Microtexturas de deformación:</p> <p>Microestructuras:</p> <p>Tipo de Alteración:</p>	<p>Calcita</p>	<p>Euhedral</p>	
		<p>Subhedral</p>	<p>300 a 700</p>
		<p>Anhedral</p>	
<p>Geometría e indicadores cinemáticos:</p>	<p>Resultado cinemático:</p>		
<p>Tipo de metamorfismo: Regional</p> <p>Zona Metamórfica:</p>	<p>Grado de Metamorfismo: Medio</p> <p>Roca original (protolito): sedimentario (caliza)</p>		
<p>CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Mármol</p>			
<p>CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO</p>	<p>MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA</p>		
<p>FOTOGRAFÍA NO. 4 SECCIONA DELGADA DE UN MÁRMOL</p>  <p>Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.</p>	<p>FOTOGRAFÍA NO. 5 MINERALES TÍPICOS DE UN MÁRMOL EN SECCIÓN DELGADA XPL</p>  <p>PPL</p>  <p>Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.</p>		

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: M5(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 21/09/2014		PROYECTO: Geología de Baja Verapaz	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 794059	UTM_Norte: 1653593	UTM_Zona: N15
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: el Chol	Serie: E754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
<p>VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO: La unidad de Cuarzita tiene relación con dos unidades litológicas en donde sobre-yace a la unidad de Mármol y sub-yace a la unidad de Serpentina como también se presenta en contacto fallado con respecto a la unidad de Esquisto Granatífero y también se encuentra en contacto gradual con la unidad de Gneis de dos Micas.</p>						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2...etc):		60	115			
Lineaciones						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo) F1:				F2: F3:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente				
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE CUARCITA DE DONDE SE EXTRAJO LA MUESTRA PARA EL ANÁLISIS MACRO Y MICROSCÓPICO.



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Roca alterada: X
			X				
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):		Espaciado (Spaced)				Continuo (Continuous) X	

COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Cuarzo	85	Moscovita	10	Granate	5	

TEXTURAS: Granular y porfídica

TIPO DE ALTERACIÓN:

OTROS DATOS:



DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Pirita 2%
Cuarzo	85	moscovita	10	granate	3	
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura : Granolepidoblástica Microtexturas de deformación: Inclusiones en granate Microestructuras: Mineral rotado Tipo de Alteración:				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate y cuarzo	Euhedral	
					Subhedral	100 a 1000
Anhedral						
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Medio		
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito): Cuarzo arenita		
CLASIFICIACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Cuarcita						
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA		

FOTOGRAFÍA NO. 4
SECCIÓN DELGADA DE LA CUARCITA



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFÍA NO. 5
FOTOGRAFIA DE MOSCOVITA Y CUARZO EN SECCIÓN DELGADA

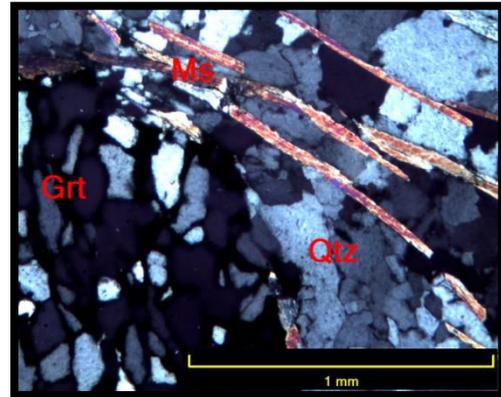


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FORMATO PARA LA DESCRIPCIÓN DE MUESTRAS

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA:M7(AYC-2014)		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): NAD 83 / WGS 84	
FECHA: 22/09/2014		PROYECTO: TFC 2014	
UBICACIÓN:	UTM_Este: 795672	UTM_Norte:1651521	UTM_Zona: N15
LOCALIDAD: Aldea Vainillas Salamá Baja Verapaz			
HOJA TOPO/GEO.:	Nombre: El Chol	Serie:E754	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Albertina Yaxcal			

TIPO DE ROCA : Metamórfica
UNIDAD LITODÉMICA Y/O ESTRATIGRÁFICA: Complejo Chuacús
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural y Composicional

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
	x					
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRÁFICO:						
CARACTERIZACIÓN ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB= Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinestral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinestral)		
Estratificación (So)						
Foliación (S1, S2...etc):		60	300			
Lineaciones						
Pliegues:						
Fallas: (orientación, pitch y tipo)		F1:		F2:		
Diaclasas:	No persistente	Persistente		F3:		
J1						
J2						
J3						
J4						
Otras:						

**FOTOGRAFÍA NO. 1
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE SERPENTINITA**



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

GRADO DE METEORIZACIÓN:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): Roca Fresca: Verde oscura Roca alterada: Verde claro
		X					
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced) X					Continuo (Continuous)	

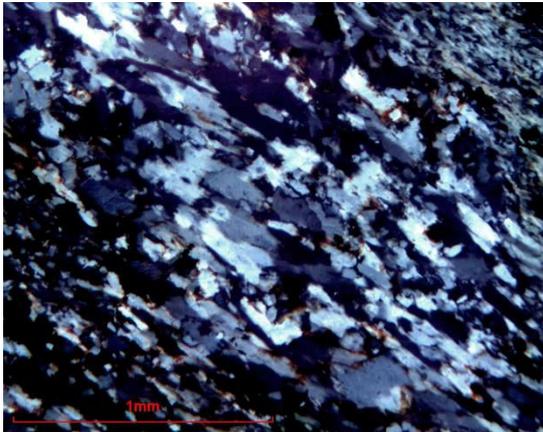
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA

Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Serpentina	85	Talco	10	Mineral desconocido	5	

TEXTURAS: Milonítica

TIPO DE ALTERACIÓN:

OTROS DATOS:

FOTOGRAFÍA NO. 2 MUESTRA DE MANO DE LA UNIDAD DE SERPENTINITA				FOTOGRAFÍA NO. 3 CONTENIDO MINERAL DE LA SERPENTINITA			
							
Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.				Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.			
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO							
COMPOSICIÓN MINERAL						MINERALES OPACOS:	
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	Magnetita	
Lizardita Antigorita	85	Magnetita	10	Rutilo	5		
DESCRIPCIÓN CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO			
Microtextura : Lepidoblástica Microtexturas de deformación: Milonítica Microestructuras: Tipo de Alteración: Milonitización				Mineral	Forma	Tamaño (µm)	
				Lizardita	Euhedral		
					Subhedral		
Anhedral	50 a 300						
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:			
Tipo de metamorfismo: Regional				Grado de Metamorfismo: Bajo-medio			
Zona Metamórfica:				Roca original (protolito): Ígneo			
CLASIFICACIÓN Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Serpentinita							
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TÍPICOS EN SECCIÓN DELGADA			

FOTOGRAFÍA NO. 4
SERPENTINITA EN SECCIÓN DELGADA



Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

FOTOGRAFÍA NO.5
FOTOGRAFÍAS DE MINERAS DE SERPENTINITA EN
SECCIÓN DELGADA VISTOS CON UN AUMENTO DE 40X.

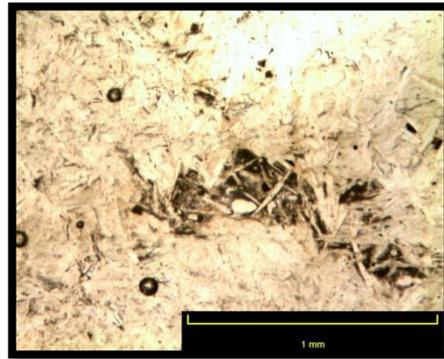
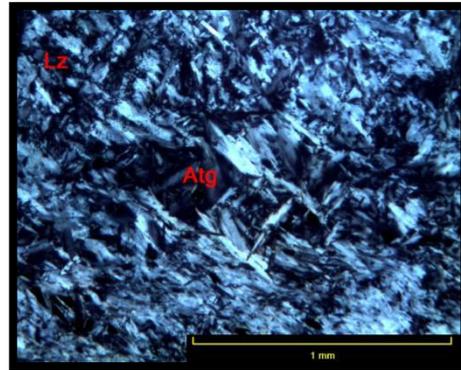


Foto tomada por: Albertina Yaxcal, 2014.

No. 001-2017

**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:

TÉCNICO EN GEOLOGIA

Al trabajo titulado:

INFORME TRABAJO FINAL DE CAMPO:

GEOLOGIA ESTRUCTURAL EN BAJA VERAPAZ: Análisis estructural y geología en los alrededores de las aldeas Vainillas, Pozo de Agua y El Camote, Salamá

Presentado por el (la) estudiante:

ALBERTINA YAXCAL CAAL

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 20 de Enero de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

