

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



TRABAJO FINAL DE CAMPO

GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: Análisis cinemático de los pliegues, en un área de 20 km² a escala 1:25 000, ubicada al noroeste del municipio de Morazán.

KEVIN DARIO GUILLERMO ESPINA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS
PLIEGUES, EN UN ÁREA DE 20 km² A ESCALA 1:25 000,
UBICADA AL NOROESTE DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN.**

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

POR

**KEVIN DARIO GUILLERMO ESPINA
CARNÉ 2001145006**

**COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO DE
TÉCNICO EN GEÓLOGIA**

COBÁN, ALTA VERAPAZ, FEBRERO 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

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

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

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

REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Químico Verónica Beatriz Juárez Jiménez

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Edwin Orlando Yash Asencio

ASESOR

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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

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

Ref. 15-CG-154/2016
24 de mayo de 2016

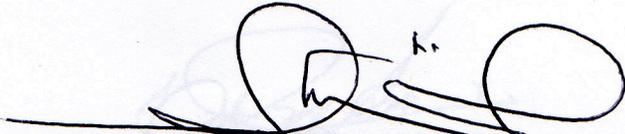
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

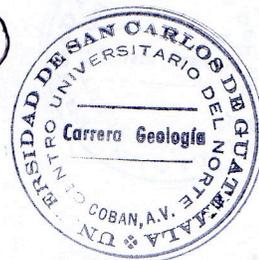
Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del Nivel Intermedio, del estudiante **KEVIN DARIO GUILLERMO ESPINA**, carné No. **201145006**, titulado: **“GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS PLIEGUES, EN UN ÁREA DE 20 km² A ESCALA 1:25 000, UBICADA AL NOROESTE DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-245/2016
19 de agosto de 2016

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

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

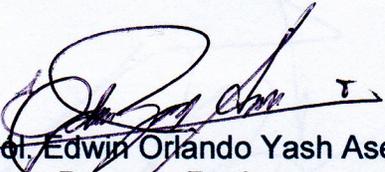
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

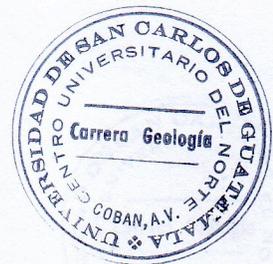
Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **KEVIN DARIO GUILLERMO ESPINA**, carné n.º **201145006**, titulado: **“GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS PLIEGUES, EN UN ÁREA DE 20 km² A ESCALA 1:25 000, UBICADA AL NOROESTE DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Geol. Edwin Orlando Yash Asencio
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA**



Ref. 15-CG-313/2016
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

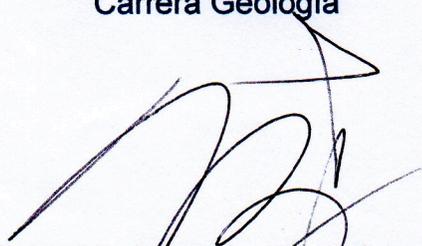
Respetables Señores:

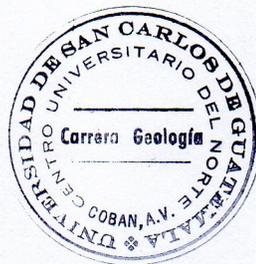
Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS PLIEGUES, EN UN ÁREA DE 20 km² A ESCALA 1:25 000, UBICADA AL NOROESTE DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN”**, del estudiante **KEVIN DARIO GUILLERMO ESPINA**, carné n.º **201145006**, 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. Química Verónica Beatriz Juárez Jiménez
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos De Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: **GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: ANÁLISIS CINEMÁTICO DE LOS PLIEGUES, EN UN ÁREA DE 20 Km² A ESCALA 1: 25 000, UBICADA AL NOROESTE DEL MUNICIPIO DE MORAZÁN**, como requisito previo a optar al título profesional de Técnico en Geología.



Kevin Darío Guillermo Espina
Carné: 2012400035

RESPONSABILIDAD

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

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4, subinciso 2.3.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria de Consejo Directivo de Fecha 18 de julio del año 2012.

AGRADECIMIENTOS

A mi asesor Ingeniero Sergio Moran Ical, por la paciencia, comprensión y conocimientos que me brindo a lo largo del estudio aquí presente, así mismo a todas aquellas personas que se tomaron el tiempo para revisar y aprobar este informe.

A mi familia, por el apoyo, consejos, motivación, recomendaciones y amor que brindaron en el proceso de mi estudio técnico.

A mis amigos, por su apoyo y colaboración en el proceso de investigación, en especial al Ingeniero Rafael Francisco Tot, por su gran apoyo y motivación para la finalización de este informe.

A mis padrinos, por la motivación y consejos que en su momento me dieron, es por ello que hoy están a mi lado celebrando este triunfo personal.

A mis compañeros de promoción, por compartir y vivir momentos de alegría durante el proceso de la carrera técnica.

ACTO QUE DEDICO A

DIOS

Le doy las infinitas gracias, porque sin el nada de esto hubiese sido posible, por la oportunidad que cada día me dio para salir adelante y poder llegar a este punto de mi vida.

MIS PADRES

Elvis Guillermo Cuellar y Sandra Espina de Guillermo, por sus sabios consejos, por sus múltiples esfuerzos y sacrificios y sobre todo por ayudarme a no claudicar, porque ellos son mi fuerza y mi motivación para seguir adelante cada día y esta es una muestra del fruto que ellos han cosechado lentamente en mí, los amo y que Dios en su eterna gracia les dé más tiempo de vida a mi lado para que se gocen con los frutos y logros que cosechare para ellos.

MI ABUELA

María Teresa Estrada García, con cariño Mamita Tere, este es un regalo muy especial para ella, las palabras de motivación y amor que ella cada vez me demuestra, estoy seguro que este es el mejor regalo que un nieto le puede dar y que a ella la llena de regocijo, la amo con todo el corazón.

Mis Hermanos

Axel, Elvis, Jordi y Stanley Guillermo, por su apoyo en el proceso de esta etapa de mi vida, los amo.

AL CUNOR, CARRERA DE GEOLOGIA Y A LA UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	iii
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE MAPAS	iv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	v
RESUMEN	vi
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

	Pág.
1.1 Antecedentes del problema	3
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Objetivos	4
1.3.1 Objetivo general	4
1.3.2 Objetivos específicos	4
1.4 Hipótesis	4

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización Geográfica	7
2.2 Vías de acceso	9
2.3 Geología Regional	10
2.3.1 Litoestratigrafía	10
2.3.2 Tectónica	13
a. Geomorfología	15
b. Hidrología	15
c. Clima y vegetación	17
d. Suelos	18

CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Marco Metodológico	21
3.1.1	Etapa de análisis y Recopilación Bibliográfica	21
3.1.2	Fase de Campo	21
3.1.3	Fase de Laboratorio	22
3.1.4	Fase de Gabinete	22
3.1.5	Metodología	22

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Estratigrafía Local	25
4.1.1	Unidad de Gneis	26
4.1.2	Unidad de esquisto	29
4.1.3	Unidad de Mármol	32
4.1.4	Unidad de serpentinita	35
4.1.5	Unidad de Coluvión	37
4.2	Geología Estructural	38
4.2.1	Lineamientos Estructurales	39
4.2.2	Estructuras de Origen dúctil	40
	a. Foliación	40
	b. Boudines	42
	c. Ejes de Pliegues	43
4.2.3	Estructuras Planares Frágiles	48
	a. Fallas	49
	1) Fallas Normales	49
	2) Fallas Dextrales	50
	b. Fracturas	52
4.3	Geomorfología Local	52
4.3.1	Unidades Geomorfológicas	52
	a. Unidades de origen denudacional	52
	1) Subunidad de colinas	53
	2) Subunidad de crestas	53
	3) Subunidad de escarpes	54
	4) Subunidad de surcos	55
	5) Subunidad de ladera	56
	6) Subunidad de movimiento de ladera	57
	a) Caída de bloques	58
	b) Deslizamiento de flujo	59
	b. Unidades de origen antrópico-denudacional	61
	1) Subunidad de cantera	61

CAPÍTULO 5 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis e interpretación Litológica	63
5.1.1	Unidad de Gneis	63
5.1.2	Unidad de Esquisto	63
5.1.3	Unidad de Mármol	64
5.1.4	Unidad de Serpentina	64
5.2	Análisis e interpretación estructural	64
5.2.1	Modelos Estructurales	72

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1	Conclusiones	75
6.2	Recomendaciones	76

BIBLIOGRAFIA	77
---------------------	-----------

ANEXO

ÍNDICE DE FIGURAS

1.	Configuración Tectónica Regional	11
2.	Secuencia del bloque Maya	12
3.	Patrones Generales de fallamiento	14
4.	Clima del departamento	18
5.	Columna Lito estratigráfica	26
6.	Polos de foliaciones	41
7.	Orientación de boudinage	43
8.	Ejes de pliegues	45
9.	Método de Hansen	48
10.	Fallas normales	50
11.	Fallas dextrales	51
12.	Roseta de fracturas	52
13.	Columna lito estratigráfica	64
14.	Orientación de Foliación	65
15.	Orientación de ejes de pliegues	66
16.	Análisis de ejes S y Z por el método de Hansen	67
17.	Orientación de Grietas de tensión	68
18.	Orientación de Boudinage	69
19.	Fallamiento Normal F3	70
20.	Fallamiento Dextral	71
21.	Fracturas	72

ÍNDICE DE FOTOGRAFIAS

1.	Unidad de Gneis	28
2.	Lamina delgada de gneis	29
3.	Unidad de Esquisto	31
4.	Lamina delgada de Esquisto	32
5.	Unidad de mármol	34
6.	Lamina delgada de Mármol	35
7.	Unidad de serpentinita	36
8.	Lamina delgada de serpentina	37
9.	Unidad de Coluvión	38
10.	Foliaciones	40
11.	Boudinage	42
12.	Pliegues	44
13.	Tipos de pliegues	46
14.	Zona de pliegues	47
15.	Colinas	53
16.	Crestas	54
17.	Escarpes	55
18.	Surcos	55
19.	Laderas	56
20.	Caída de bloques	58
21.	Deslizamiento de Flujo	59
22.	Canteras	61

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Coordenadas UTM	7
2.	Fallas Normales	49
3.	Fallas Dextrales	51
4.	Clasificación de laderas	57
5.	Geometría de Esfuerzos	73
6.	Elipse de deformación Local	74

ÍNDICE DE MAPAS

1.	Ubicación del área de trabajo	8
2.	Vías de acceso	9
3.	Mapa de redes de drenaje	16
4.	Lineamientos Estructurales	39
5.	Mapa de laderas	60
6.	Mapa Geomorfológico	62

INDICE DE ABREVIATURAS

°C	Grados centígrados
Bio	Biotita
Ca	Calcita
CA	Carretera al Atlántico
Clt	Clorita
cm	Centímetros
DTT	Dirección de Transporte Tetánico
E	Este
Es	Esquisto
ϵ_1	Deformación de compresión
ϵ_3	Deformación de tensión
Fch	Fuchsita
Flds	Feldespato
Gn	Gneis
Grt	Granate
Hbl	Horblenda
km	Kilómetro
km²	Kilómetro cuadrado
m	Metros
MED	Modelo de Elevación Digital
Min Op	Minerales Opacos
Mrl	Mármol
Msc	Moscovita
Msnm	Metros sobre el nivel del mar
N	Norte
N-E	Noreste
N-W	Noroeste
Qc	Coluvión
Qz	Cuarzo
S	Sur
S-E	Sureste
Sp	Serpentinita
S-W	Sureste
UTM	Universal Transversal de Mercator
W	Oeste
σ_1	Sigma 1
σ_3	Sigma 3

INTRODUCCIÓN

El presente documento contiene información de las unidades litológicas, estructuras y geomorfología identificada en el área de estudio, la cual constituye una extensión de 20 km² a escala 1:25 000, al noreste del municipio de Morazán, El Progreso.

La investigación se realizó con el objeto de establecer la cinemática del área en base a los datos de los diferentes tipos de pliegues y datos estructurales, también se caracterizó la litología local.

En el lugar existe una variedad de ejes de pliegue que se desarrollan en el área de investigación y son las propiamente denominadas “Ejes S”, “Ejes Z”, “Ejes M” y “Ejes W”, donde el tipo “S” y “Z” fueron de principal interés para determinar la dirección de la cizalla mediante el método de Hansen. Así mismo las estructuras en general como foliaciones, boudinages, grietas de tensión, fallas y fracturas son de importancia ya que con el análisis de los mismos se determinaron las deformaciones parciales del lugar, así como el modelo de deformación local.

La litología local se determinó recolectando muestras de roca, las cuales se les realizó un análisis macroscópico y microscópico, con el fin de identificar minerales que ayudaron a establecer los tipos de rocas que afloran en el lugar de investigación, en total se determinaron 5 unidades, siendo estas la unidad de coluvión, serpentina, mármol, esquisto y la unidad de gneis.

La unidad de Gneis la cual se encuentra aflorando en la parte central y noreste del área, se presenta con tonalidades blanco grisáceo y contiene minerales notorios como lo es la horblenda, feldespato, muscovita y biotita, presenta un contacto gradual con las unidades de Esquistos.

La unidad de esquisto tiene una variabilidad en la parte oeste del área ya que la roca contiene grandes cantidades de granate y poca presencia de moscovita y biotita, y en la parte este predomina la muscovita y la biotita dentro de la misma unidad, esta se encuentra en contacto gradual con la unidad de mármol y dicha unidad está en contacto fallado con la serpentinita, así mismo al norte del área se encuentra la unidad de coluvión la cual abarca un 15% del área total. También se realizó un análisis geomorfológico, en donde se determinaron dos unidades, la primera de origen denudacional y la segunda de origen antrópico-denudacional.

Para la interpretación y análisis de datos tomados en campo, se representaron en estereogramas, diagramas de rosas y se propuso modelos estructurales.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del Problema

La información de la geología del noroeste del municipio de Morazán, El Progreso, es muy escasa, por lo que es importante empezar a generar investigaciones que nos provean información detallada y reciente.

La realización de este proyecto generó nuevos datos al municipio para conocer mejor la geología, así mismo se inculcó al estudiante un proceso de trabajo para poder desarrollar el potencial profesional y laboral, realizando las prácticas en el campo, para desarrollar destrezas y habilidades, analizando y estudiando la geología del área. Este estudio ayudó a tener un mejor conocimiento de la cartografía geológica del área, esto se logró con los resultados que se obtuvieron en el campo y laboratorio.

Es de gran importancia conocer que esfuerzos afectan a las unidades litológicas del área, así que es de mucha importancia realizar un estudio del mismo, ya que estudiando la deformación podemos saber cómo han sido los esfuerzos que la produjeron y, por tanto, reconstruir la actividad tectónica pasada en el área.

A su vez como el área no posee hoja geológica a escala 1:50 000, será un aporte geológico, geomorfológico y lito-estructural el realizar un mapa a escala 1:25 000 del área de estudio y poder así obtener un referente teórico de la misma, el cual sea útil para futuros estudios, sean estos en entidades públicas o privadas.

1.2 Planteamiento del Problema

¿Cuál es la cinemática de los pliegues ubicados en las unidades de rocas en un área de 20 km², al noreste del municipio de Morazán, El Progreso?

1.3 Objetivos

A continuación, se desarrolla el objetivo general y los objetivos específicos de la presente investigación, los cuales se encuentran jerarquizados en función de su importancia.

1.3.1 Objetivo general

Analizar la cinemática de los pliegues y estudiar la geología del área, mediante un cartografiado a escala 1:25 000 con una extensión de 20 km², al noreste del municipio de Morazán.

1.3.2 Objetivos específicos

- Caracterizar los tipos de pliegues mediante la observación y adquisición de datos en el campo.
- Evaluar el comportamiento de los pliegues mediante el método de Hansen.
- Representar por medio de los rasgos cinemáticos de las estructuras encontradas, que esfuerzos han sufrido y como se ve afectada la unidad litológica.

1.4 Hipótesis

Las zonas tectónicamente activas, algunos pliegues constituyen la expresión superficial del movimiento producido a lo largo de fallas, ya que, son estructuras cuya geometría son el reflejo de la deformación sufrida por las rocas, por lo que se considera que el estudio puede dar a conocer que

esfuerzos ocurren en las unidades litológicas tomando en cuenta las deformaciones en el lugar.

Las variables a trabajar son la geología estructural y litología; en geología estructural, se necesita realizar un análisis cinemático de los pliegues existentes en el área y así poder determinar los esfuerzos que los produjeron. Y a su vez litología para poder analizar la geología de la región por la falta de mapa geológico.

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización Geográfica

El área se encuentra ubicada en los alrededores del departamento de El Progreso, en los límites del municipio de Morazán y San Agustín Acasaguastlan, ubicada al noreste de Morazán y al noroeste de San Agustín Acasaguastlan, en extensión territorial el polígono de estudio cuenta con 20 km².

Cartográficamente se encuentra ubicada en las siguientes coordenadas (tabla 1):

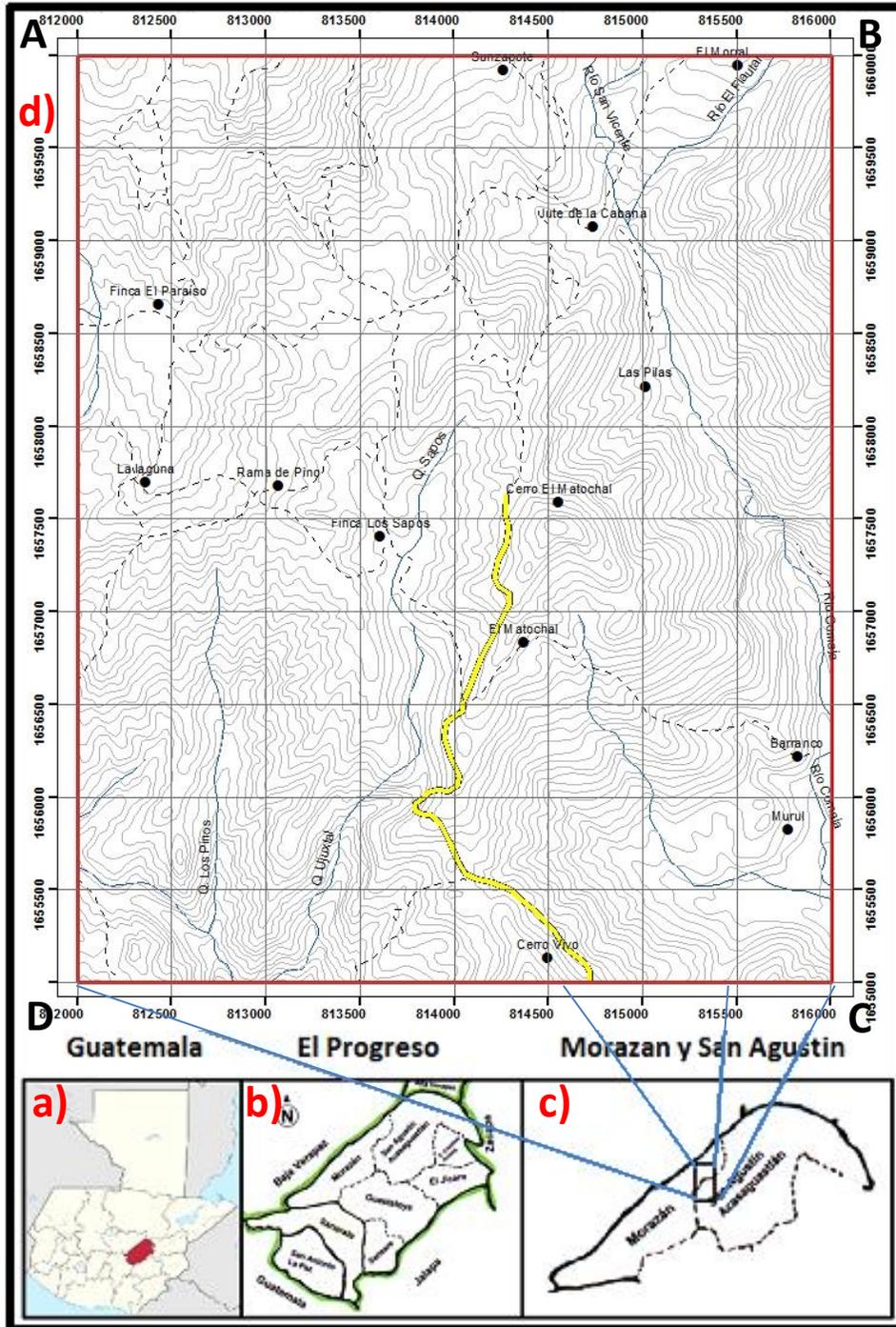
TABLA 1
COORDENADAS UTM WGS84 DEL ÁREA DE TRABAJO.

Vertices	X	Y
A	1660000	812000
B	1660000	816000
C	1655000	816000
D	1655000	812000

Fuente: Extraídas de la hoja topográfica El Progreso, escala 1:50 000, 1996.

MAPA 1 UBICACIÓN DEL ÁREA DE TRABAJO

a) Mapa de Guatemala, b) Mapa del departamento El Progreso. c) Mapa del municipio de Morazán y San Agustín Acasaguastlan, d) mapa topográfico mostrando el área de estudio.



Fuente: Hoja topográfica El Progreso, escala 1:50 000, 1996.

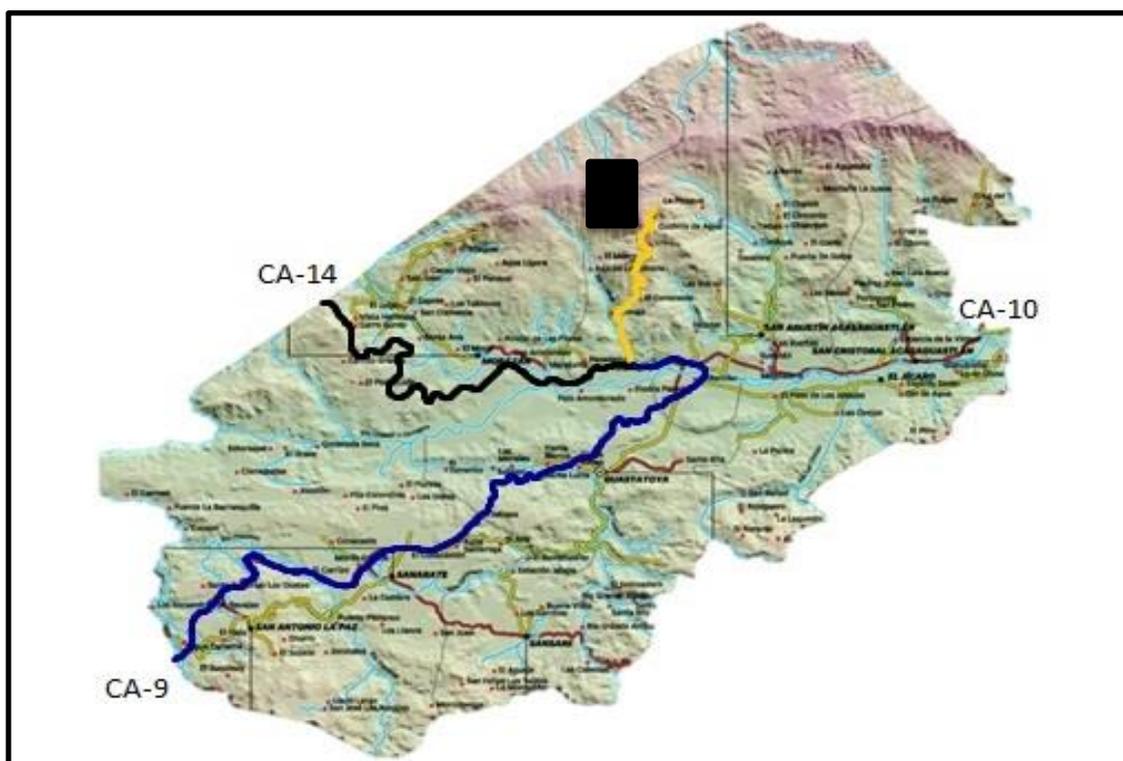
2.2 Vías de acceso

Las vías de acceso que presenta el área son las siguientes, desde la ciudad Capital se toma la carretera al atlántico CA-9, al llegar al km 85 se encuentra una bifurcación importante de El Rancho, luego se toma la carretera CA-14 en la cual se avanza 10 km y se llega a la entrada para ir a la aldea el Jute de la Cobana, en la cual se encuentra el área de estudio.

Desde la ciudad de Coban hacia el área de trabajo se toma la carretera CA-14, hasta el kilómetro 125 antes de llegar al Restaurante Villa del Sol, se toma la carretera de terracería que está del lado izquierdo de la principal, dicho camino conduce al área de estudio la cual se encuentra a 12 km del desvío.

MAPA 2 VÍAS DE ACCESO

CA-14 carretera que conduce de Cobán hacia el área de estudio.
CA-9 carretera que conduce de la Ciudad de Guatemala hacia el área.



Fuente: Instituto Geográfico Nacional -IGN- 1972.

2.3 Geología Regional

2.3.1 Litoestratigrafía

De acuerdo con Millán, DM¹ *“Guatemala se encuentra en la unión de tres placas tectónicas, que interactúan de dos maneras, la primera la placa de Caribe esta subduciendo a la placa de cocos, y la otra interacción de placas es el movimiento sinistral de la placa norteamericana con la placa de caribe. El movimiento de estas placas se encuentra en la zona de sutura del Motagua, y además donde se encuentra la unión de bloques”*

Debido a que el área se ubica en el roce de las dos placas tectónicas, la geología del lugar se encuentra muy complicada, esto se manifiesta en los tipos de rocas y estructuras que se observaron en el lugar.

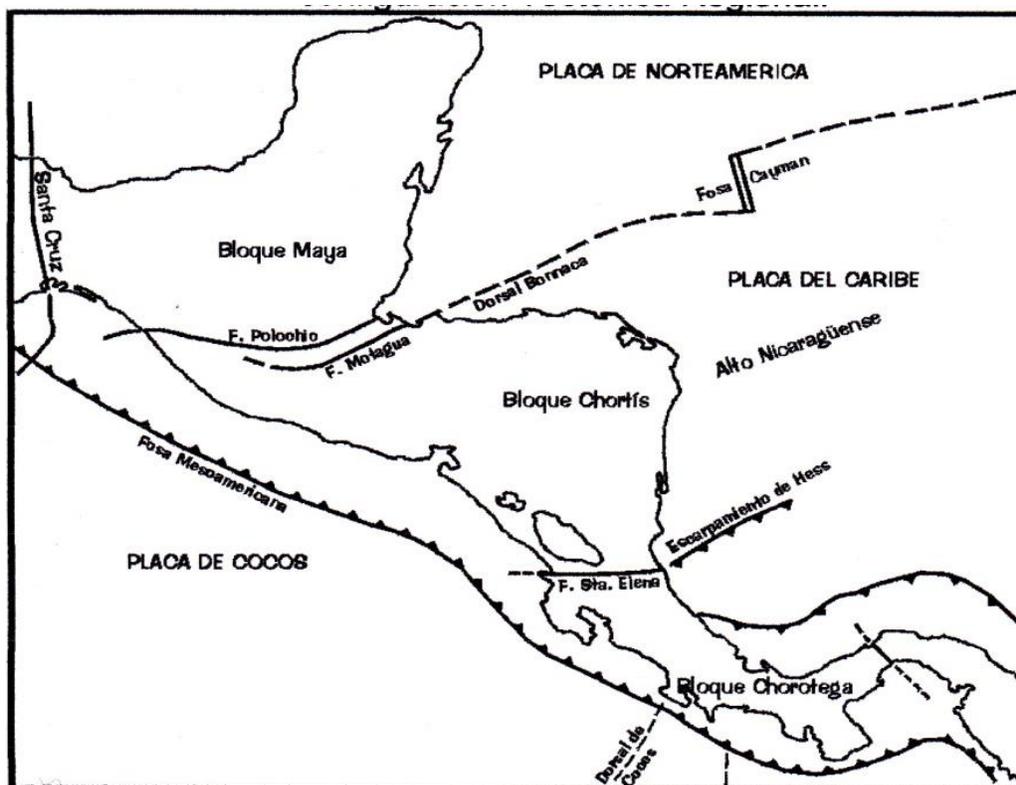
El Norte de Centro América está dividido convenientemente en los bloques Maya, algunas veces llamado Yucatán, y Chortís (figura 1), la división entre los bloques es la zona de sutura Motagua, que sigue la traza del río Motagua en el este y centro de Guatemala, pero cuya extensión oeste está cubierta por las rocas volcánicas terciarias del oeste.

De acuerdo con Donnelly Tomas, “El margen sur del Bloque Maya es el valle del Motagua y su extensión oeste esta sepultada en el oeste de Guatemala. Inmediatamente al Norte del margen Sur se encuentra una cadena de tendencia este-oeste que alcanza los 3 000 m de elevación en varios lugares. La cadena está compuesta por rocas metamórficas del Paleozoico y consiste en la Sierra de Chuacus al oeste, la Sierra de las Minas es en este, y más al este,

¹ S.M, Millán, Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala Norte Centro, Traducido por Mauricio Chiquín Yoj, 2000.

las Montañas del Mico, que están subyacidas por calizas del Pérmico y otras rocas sedimentarias.”

FIGURA 1
BLOQUE MAYA Y CHORTI EN GUATEMALA Y
CONFIGURACIÓN TECTÓNICA REGIONAL.



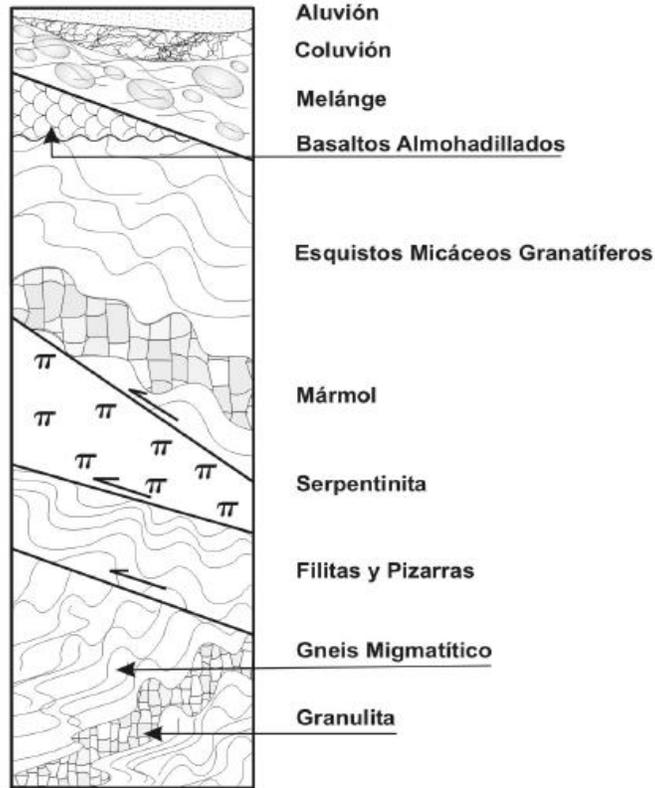
Fuente: Tomas Donnelly, The Geological Society of America, 1990. Chapter 3.

Las Rocas que se encuentran en la zona de sutura del Motagua es difícil correlacionarlas a grupos específicos ya que se encuentran constituidas por rocas generadas en el prisma de acreción y algunas más recientes cubrieron las rocas más antiguas. En base a Chiquín Yoj², la secuencia estratigráfica regional del bloque Maya en el cuadrángulo el progreso está dispuesta de la siguiente manera, (figura 2).

² Mauricio Chiquín, Geología del Cuadrángulo el Progreso. Dirección General de Investigación 2003, P.19

FIGURA 2 SECUENCIA REGIONAL DEL BLOQUE MAYA EN EL CUADRÁNGULO EL PROGRESO.

BLOQUE MAYA



Fuente: Mauricio Chiquín, Geología del Cuadrángulo El Progreso, 2003.

Grupo Chuacús, MCBIRNEY³ (1963) designó como Serie Chuacús a un grupo de rocas metamórficas de bajo a medio grado que comprenden el basamento cristalino de la Sierra de Chuacús, al norte del valle del río Motagua. Posteriormente, NEWCOMB (1975) subdividió la serie en tres formaciones, realizando un estudio en el cuadrángulo Río Hondo: las Formaciones San Agustín, Jones, y San Lorenzo, estableciendo una nueva definición como Grupo Chuacús. El Grupo

³ Mauricio Chiquín, Geología del Cuadrángulo el Progreso. Dirección General de Investigación 2003, P.19

Chuacús se extiende a lo largo de una traza de tendencia este-oeste, estando limitada al sur por la zona de falla Motagua.⁴

Las rocas presentes en el lugar presentan varias características similares a las mencionadas por Newcomb (1975), aunque hay varios autores que mencionan que las rocas aflorantes en el área posiblemente no sean parte del Grupo Chuacus.

Complejo Las Ovejas, El basamento del Bloque Chortís está compuesto de dos secuencias metamórficas que se exponen en el este de Guatemala, al lado sur del valle Motagua. La secuencia más antigua está limitada al norte por la zona de falla Motagua y está estructuralmente debajo de rocas máficas del Grupo El Tambor. La secuencia más joven está limitada al sur por la zona de falla Jocotán y está en contacto fallado con la secuencia más antigua al norte; diferencias estructurales y metamórficas indican que están separadas por una disconformidad mayor.⁵

La secuencia más antigua, consistente en una secuencia interestratificada de mármol, gneis feldespático, anfibolita y diorita foliada que aflora a lo largo del Río Las Ovejas y Río El Tambor en el cuadrángulo San Agustín Acasaguastlan y consiste predominantemente en gneis cuarzofeldespático y esquisto de dos micas y mármol y anfibolita subordinadas, cortadas por plutones de granitoides foliados (MULLER, 1979).

2.3.2 Tectónica

El área en estudio se ve influenciada por varios factores tectónicos entre los cuales se puede mencionar los sistemas de falla del Motagua y Jocotán, la falla Jalpatagua y la zona de subducción en el pacifico,

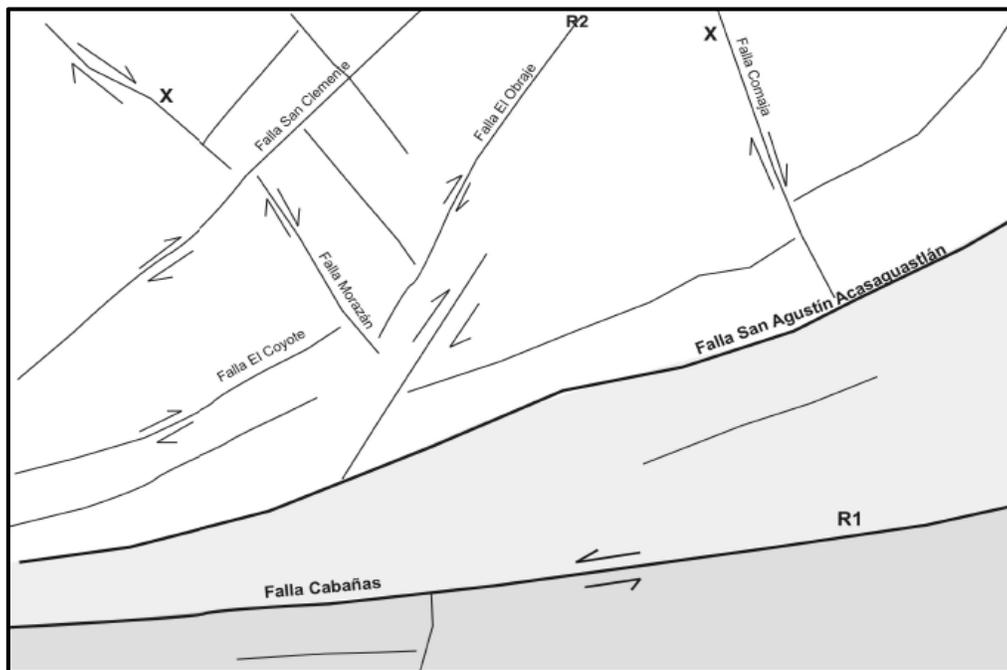
⁴ Mauricio Chiquin Yoj, Geología del Cuadrángulo El Progreso

⁵ DONNELLY, *et al*, 1990

Guatemala está dividida en dos grandes bloques tectónicos principales, el Bloque Maya al norte del país y el Bloque Chortís. Este límite dio origen a tres sistemas de falla: Motagua, Chixoy-Polochic y Jocotan-Chamelecon. Según Mauricio Chiquín Yoj, el sistema de fallas del Motagua marca los límites de las placas de Norteamérica y del Caribe. Este límite atraviesa de Este a Oeste todo el país y presenta un margen de placa transformante; la placa del Caribe presenta un movimiento al Noreste y la de Norteamérica hacia el Sureste, mientras que la placa de cocos subduce a estas dos en las costas del Pacífico del Centroamérica y México.⁶

Los sistemas de falla de Motagua y Jocotán muestran un sistema sinistral, la falla Jalpatagua sistema dextral y la zona de subducción que genera estructura con orientación N-S y E-W, (figura 3)

FIGURA 3
PATRONES GENERALES DE FALLAMIENTO DEL
CUADRÁNGULO EL PROGRESO.



⁶ DONNELLY, ET AL. 1990. Northern Central America; the Maya and Chortis Blocks. The geology of North America, Vol. H, The Caribbean Region.

Fuente: Mauricio Chiquín Yoj, Geología del Cuadrángulo El Progreso, 2003.

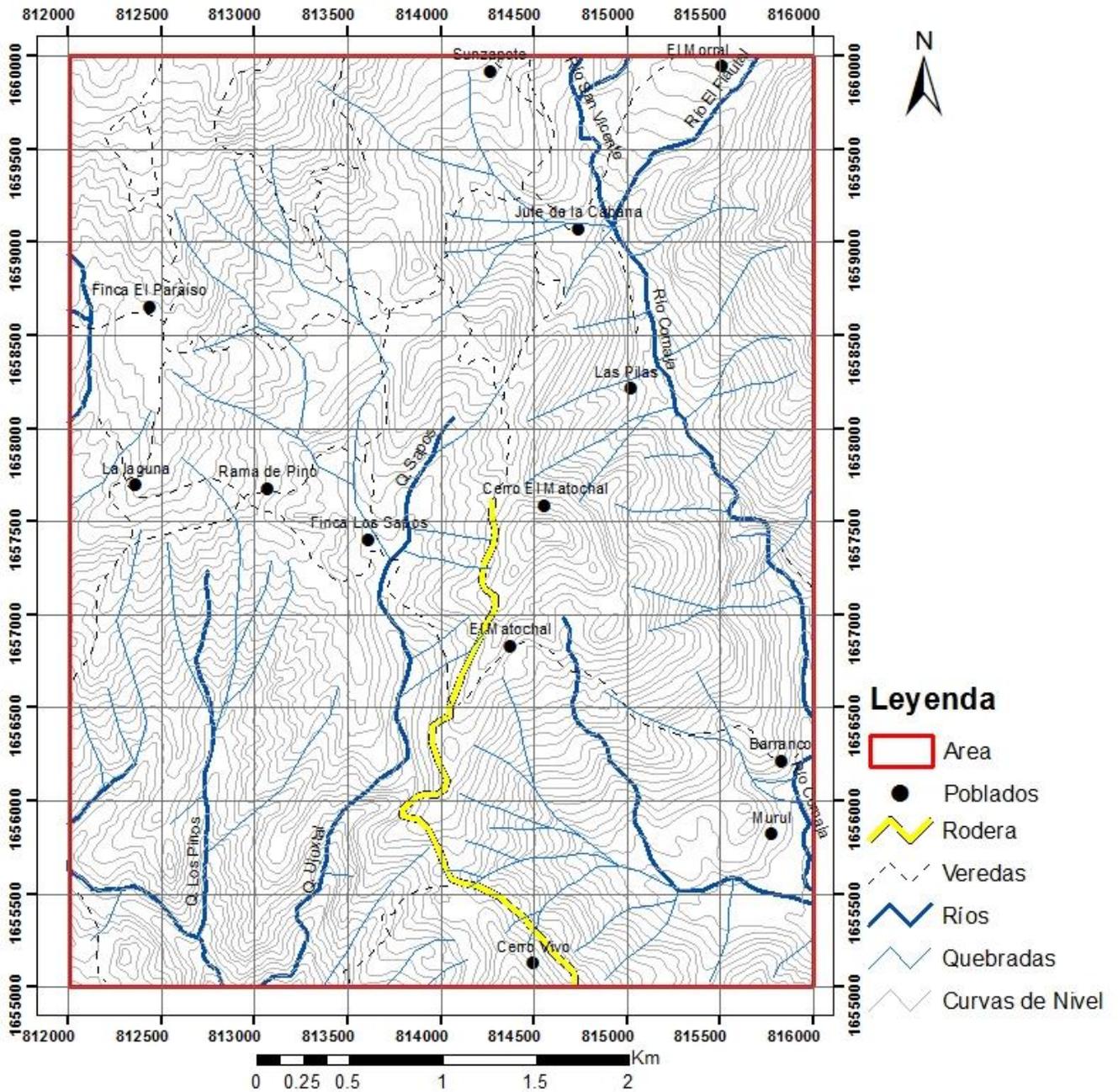
2.3.3 Geomorfología

a. Hidrología

El área de estudio se encuentra drenada principalmente por el río Motagua con dirección *S-W* hacia el *N-E*, así también afluentes principales como los es el Río Comaja y la quebrada los Sapos.

En general se distinguen dos tipos de drenajes principales, siendo estos clasificados como sub-detritico que se observa en la parte noreste y sub-paralelo en la parte sur, las cuales están siendo controladas por factores estructurales tales como fracturamientos y fallas de las rocas de la zona. (mapa 3)

MAPA 3 MAPA DE REDES DE DRENAJE



Fuente: Investigación de Campo 2013

b. Clima y Vegetación

El clima en casi todo el departamento de El Progreso es cálido con invierno seco, ya que la precipitación es muy escasa. Esta zona se encuentra a sotavento de los vientos dominantes, por causa de las sierras de Chuacus y de Las Minas, por lo la precipitación se reducen notablemente. El desarrollo de los suelos y la vegetación se ve influenciado por estas características.

En las partes bajas del municipio predomina el clima cálido, en tanto en la parte altas el clima va de templado a frío (figura 4). La temperatura media para la Cabecera del Municipio es de 35° C, con mínima de 25 y máxima de 40°C. En la parte alta la temperatura promedio es de 19°C con mínima de 8 y máxima de 28°C las cuales son alcanzadas en la época seca.⁷

La precipitación pluvial es un factor primordial en el pobre desarrollo de vegetación en la zona de estudio, donde especialmente crecen arbustos y plantas espinosas xerofíticas.⁸

La zona de vida del área corresponde a la de bosque seco subtropical y la vegetación está constituida principalmente por bosques de coníferas y encinos en las partes altas, y arbustos espinosos en las partes más bajas.⁹

En la región como ya se mencionó es un bosque seco tropical, mayormente se cultivan árboles frutales y mediante riego se obtienen cultivos de *Zea mays* (maíz), *Phaseolus vulgaris* (frijol), *Ananas comosus* (piña), *Byrsonima crassifolia* (nance), entre otros.

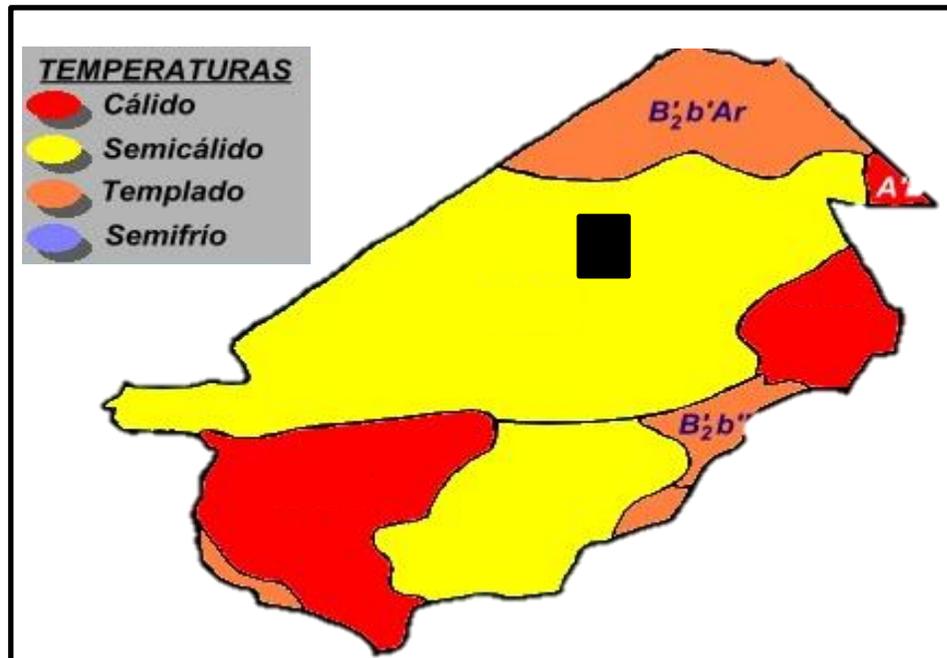
⁷ http://www.deguate.com/municipios/pages/el-progreso/san-agustin-acasaguastlan/recursos-naturales.php#.VaVas_1_Oko

⁸ Rolando Muñoz tesis de grado 2000 “Mapeo Geológico en los alrededores de Morazán”

⁹ Cruz, S. J. de la Clasificación de zonas de vida de Guatemala a nivel de reconocimiento.

En las partes altas la vegetación está conformada por un bosque de coníferas (pinos) y pastos naturales, y en las partes bajas, la vegetación se hace más escasa debido a la poca humedad y predominan arbustos.

FIGURA 4
CLIMA DEL DEPARTAMENTO DEL PROGRESO.



Fuente: <http://www.guatificate.com/clima-del-municipio-del-departamento-de-el-progreso.html> (14 de abril de 2013)

c. Suelos

El departamento de El Progreso posee una diversidad de suelos los cuales han sido divididos en tres grupos según el material litológico sobre el que se desarrollaron, estos grupos son: I. Suelos desarrollados sobre materiales volcánicos, II. Suelos desarrollados sobre materiales sedimentarios y metamórficos y III. Suelos misceláneos de terreno, el suelo más abundante es el suelo desarrollado sobre materiales volcánicos.¹⁰

¹⁰ http://www.deguate.com/artman/publish/geo_deptos/datos_de_el_progrtrso_403.dhtml

Los suelos que se desarrollan en el área de estudio son misceláneos, poco profundos, casi estériles determinados por apreciación superficial, de color café rojizo, bien drenado, esta se encuentra en la Unidad de peridotita.

Por otro lado, los suelos que se han desarrollado en Esquisto Micáceo y mármoles tienen una coloración rojiza a café y los espesores varían de 15 cm a 30 cm.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Marco Metodológico

Para el desarrollo de la investigación se cumplieron con cuatro etapas importantes las cuales se detallan a continuación:

3.1.1 Etapa de análisis y Recopilación Bibliográfica

En esta etapa se consultó material bibliográfico relacionado al área de estudio, los cuales fueron, mapas, informes, fotografías aéreas y libros de texto que contenían información útil para poder determinar las variables e indicadores sobre los cuales se estudiara.

3.1.2 Fase de campo

Esta fase se inició con la visita y reconocimiento del área de trabajo, con el objetivo de tener una idea general del lugar, luego para la realización del trabajo de campo se contó con un mes y medio equivalente a 45 días.

En esta fase el método que se utilizó fue la medición directa de estructuras, las cuales sirvieron para la realización de la investigación, tales como planos de foliación, planos de estratificación, planos de falla, componentes de pliegues y demás rasgos estructurales de interés. Así como también la identificación de unidades litológicas por medio de observaciones en base a textura, color y mineralogía de muestras de mano.

Se estudiaron los afloramientos que se encontraron en carreteras, veredas y quebradas para lograrlo se utilizó el método de caminamiento, con el cual cada afloramiento se registró en un mapa base, a escala 1:10 000 para luego ser publicados a escala 1:25 000.

3.1.3 Fase de laboratorio

Comprendió el análisis de 10 secciones delgadas de muestras obtenidas en la fase de campo, con la finalidad de una mejor clasificación de las unidades litológicas, a través de interpretación de texturas y composición mineralógica.

Las descripciones de laboratorio se hicieron mediante una guía de observación de laboratorio estructurada.

3.1.4 Fase de gabinete

En esta fase se realizó la organización e interpretación de los datos obtenidos tanto en la etapa de recopilación bibliográfica, etapa de campo así como de la etapa de laboratorio, también se realizó el mapa geológico del área a escala 1:25 000, donde se presentan los rasgos estructurales y litológicos del área así como también el análisis de los esfuerzos que afectan el área.

3.1.5 Metodología

El método de afloramientos es el que se utilizó para la recolección de la información geológica necesaria del área de estudio. Este método consistió en realizar caminamiento en quebradas, veredas y caminos vehiculares para buscar afloramientos y describirlos en función de los objetivos, también se utilizó el método de Edward Hansen para estudiar los diferentes tipos de pliegues.

Para el análisis de los datos recolectados fue necesario clasificarlos en función de sus características en diagrama de rosa y estereogramas, a partir de los cuales se determinó la geometría, dinámica y cinemática de los mismos.

El análisis macroscópico de las muestras de mano proporciono la información básica relacionada a las fábricas, composición mineral, color, etc., las que fueron respaldadas al momento de realizar los contrastes con la información de la etapa de laboratorio de la presente investigación.

CAPÍTULO 4

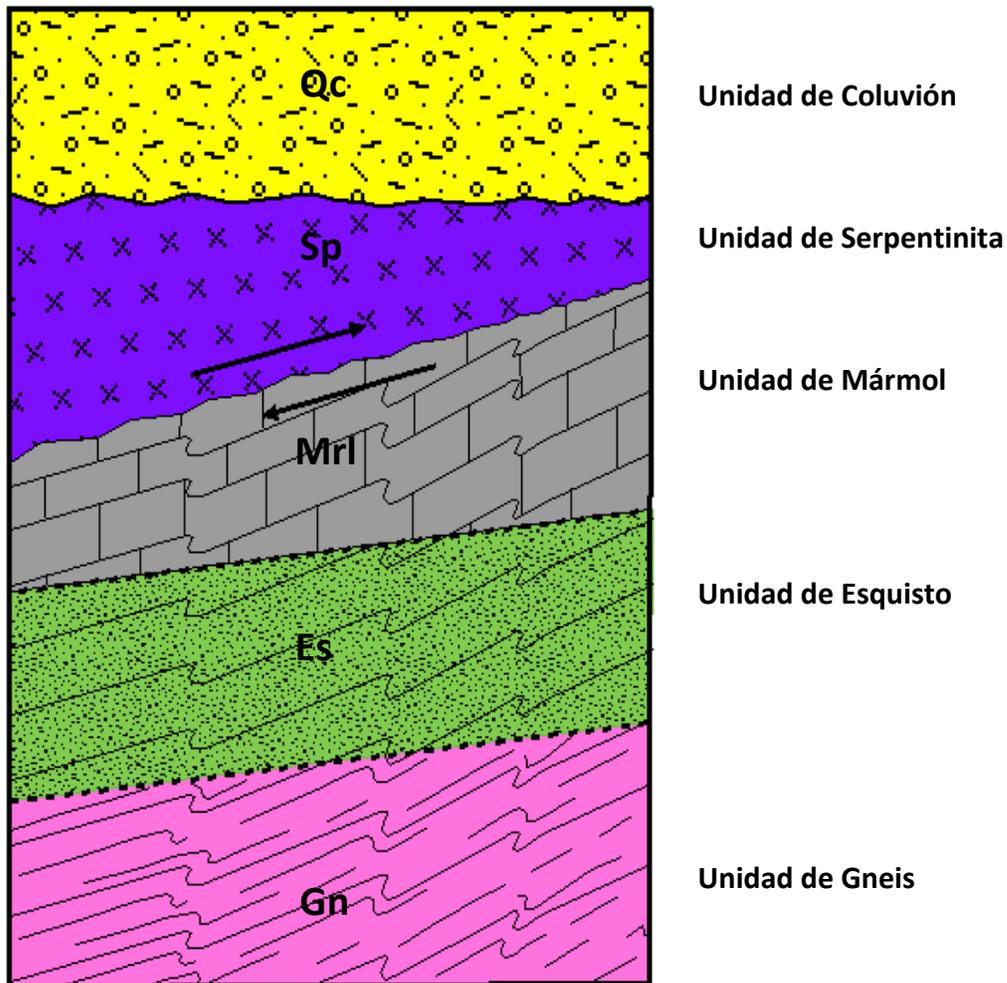
DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 Estratigrafía Local

En este capítulo se describirá como está constituida el área por sus unidades litológicas en forma cronológica las cuales son: Unidad de Gneis (Gn), Unidad de Esquisto (Es), Unidad de Mármol (Mrl), Unidad de serpentinita (Sp) y Unidad de Coluvión (Qc). (figura 5).

Cada una de las unidades se identificó y definió a partir de sus características físicas y mineralógicas, lo cual se describió desde afloramiento, muestra de mano y microscópicamente por medio de secciones delgadas.

FIGURA 5
COLUMNA LITO ESTRATIGRÁFICA DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo, 2013

4.1.1 Unidad de Gneis (Gn)

Esta unidad se encuentra en la parte *NE* y *E* del lugar de trabajo, abarca 38% del área total de investigación, esta se ve diferenciada mineralógicamente en dos tipos, ya que una contiene una gran cantidad de biotita y la otra gran cantidad de cuarzo y feldespato.

El primer tipo de gneis se encuentra en la parte norte y este del área, los principales minerales que presenta esta roca son ortosa (5%), cuarzo (30%), horblenda (20%), moscovita (10%) y biotita (35%), la localidad donde se encuentra aflorando esta unidad es en la aldea Comaja, donde se encuentran las turbinas de generación eléctrica y también se puede observar en la parte norte, en los alrededores de la aldea El Jute de la Cobana, la foliación preferencial en esta unidad es 45/N280. Está en contacto gradual con el esquisto, en el cual la roca empieza a perder considerablemente el contenido de biotita y aumenta el de feldespato y cuarzo, haciéndose más masiva la roca.

En el camino que va hacia la aldea Sunzapote, esta unidad no muestra foliación y la textura es granoblástica. También se observa una interestratificación de esquistos micáceos y capas granoblásticas de cuarzo y feldespato.

Sobre el lado norte de la zona de afloramiento, en el Cerro El Matochal, y en la carretera que desciende a la aldea El Jute de la Cobana, se observa la misma relación de interestratificación entre el gneis con alto contenido de biotita y gneis con alto contenido de cuarzo y feldespato, esta se ve diferenciada por una lineación estructural la cual se ve bien marcada en el mapa Geológico. (fotografía 1)

La roca con alto contenido de cuarzo y feldespato es de grano grueso a grano medio, con foliación menos marcada que el gneis con cantidades de biotita, el color de esta roca se torna blanco debido a las grandes cantidades de cuarzo (38%) y feldespato (38%) y muestra en algunos lugares algunas interestratificaciones de moscovita (24%), la foliación preferencial dentro de este tipo de mineralogía no varía mucho con la anterior ya que es 65/N290.

Este tipo de mineralogía dentro de la unidad de gneis se encuentra en la parte central del área, en la carretera que va hacia la aldea El Jute

de la Cobana y el Morro, también se encuentra en la carretera que va hacia Comaja y a los alrededores de la Aldea Ramo de Pino. (fotografía 1)

FOTOGRAFÍA 1 UNIDAD DE GNEIS

a), Gneis con alto contenido de biotita, b) Interestratificación de esquisto con Gneis biotítico, c) Contacto gradual en la mineralogía del Gneis d) Gneis con alto contenido de cuarzo feldespato.



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

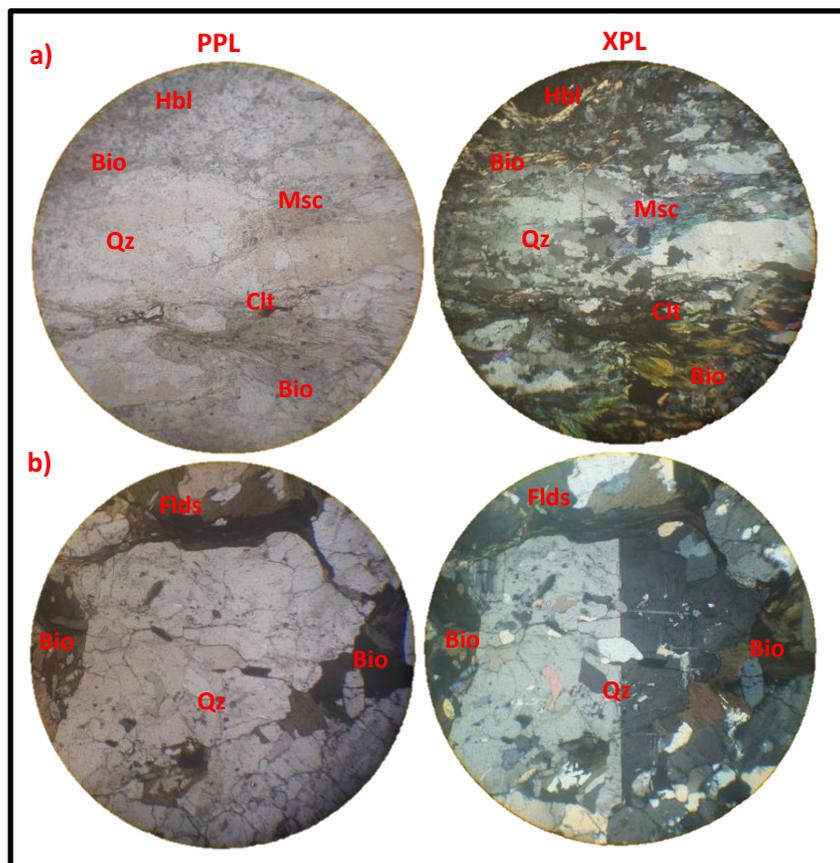
Macroscópicamente ambas rocas contienen biotita, moscovita, horblenda, granate, cuarzo, feldespato y plagioclasas, tiene una textura de grano grueso y la coloración varía entre blanca y grisácea.

Microscópicamente la roca contiene 30% feldespato (ortoclasa), 22% cuarzo, 12% plagioclasa (bytownita), 10% moscovita, 8% biotita, 10% horblenda, 4% clorita, posee textura inequigranular, poiquiloblastica. (fotografía 2)

FOTOGRAFÍA 2

LAMINA DELGADA DE GNEIS, UTILIZANDO LENTE 4X

a) Gneis con biotita, b) gneis con contenido de cuarzo y feldespato. La diferencia de la sección (a) es que esta contiene más cantidad de biotita y hornblenda a diferencia de la sección (b) que contiene más cuarzo y feldespato.



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

4.1.2 Unidad de Esquisto (Es)

Dicha unidad se encuentra aflorando en la parte oeste del lugar de trabajo y abarca el 35% del área total, con un relieve que varía en cotas de 500 msnm a 1300 msnm, se encuentra en contacto gradual con la Unidad de Gneis, también se encuentra en contacto gradual con la Unidad de Mármol.

La unidad antes mencionada se encuentra en las comunidades de El Conacaste, El Jute de la Cobana y en la finca Los Sapos, consistente en 90% de esquistos con algunas interestratificaciones de gneises cuarzo-feldespáticos y biotítico.

Esta unidad de esquisto se pueden diferenciar dos tipos de minerales, ya que en la parte sureste predominan los minerales: biotita y moscovita, mientras que en la parte noroeste y suroeste predomina el granate, lo cual indica un cambio de temperatura en los minerales de esa área, dicha unidad se encuentra en contacto gradual con la unidad de gneis y con la unidad de mármol. En la parte sur en la Finca El Carrizal, el esquisto se encuentra interestratificado con el mármol, esta unidad esta mejor expuesta en la carretera que va hacia la aldea La Laguna, Ramo de Pino y en la vereda que va hacia Comaja.

La roca con mineralogía de moscovita y biotita se ve mejor expuesta en la parte sureste camino hacia la aldea Comaja, El Murul y Barranco, teniendo una foliación preferencial 20/N240.

Macroscópicamente dicha roca contiene moscovita, biotita, cuarzo, feldespato y presencia de pirita por su forma cubica observada en el campo, la roca va teniendo una mayor presencia de granates en la parte oeste del área, esto debido al aumento de temperatura y presión al formarse la roca, esta se encuentra con un grado de meteorización (III), el color de la roca en afloramiento es de color café. (fotografía 3)

Debido al grado de meteorización (IV) que presenta la roca que contiene granate no se logró obtener una buena muestra de mano, macroscópicamente la roca contiene granate el cual es el principal constituyente de la roca con un 35%, contiene también moscovita en un 30%, biotita en un 10%, feldespato 5% y algunos minerales metálicos 5%, posiblemente pirita, ya que en algunas partes presenta oxidación.

Se encuentra mejor expuesta en la parte noroeste del área en la finca el Paraíso y en la parte central oeste dentro de la finca Los Sapos. (fotografía 3)

FOTOGRAFÍA 3 UNIDAD DE ESQUISTO

- a) Esquisto moscovítico aflorante en la aldea El Matochal, b) esquisto granatífero dentro de la aldea El Paraíso.

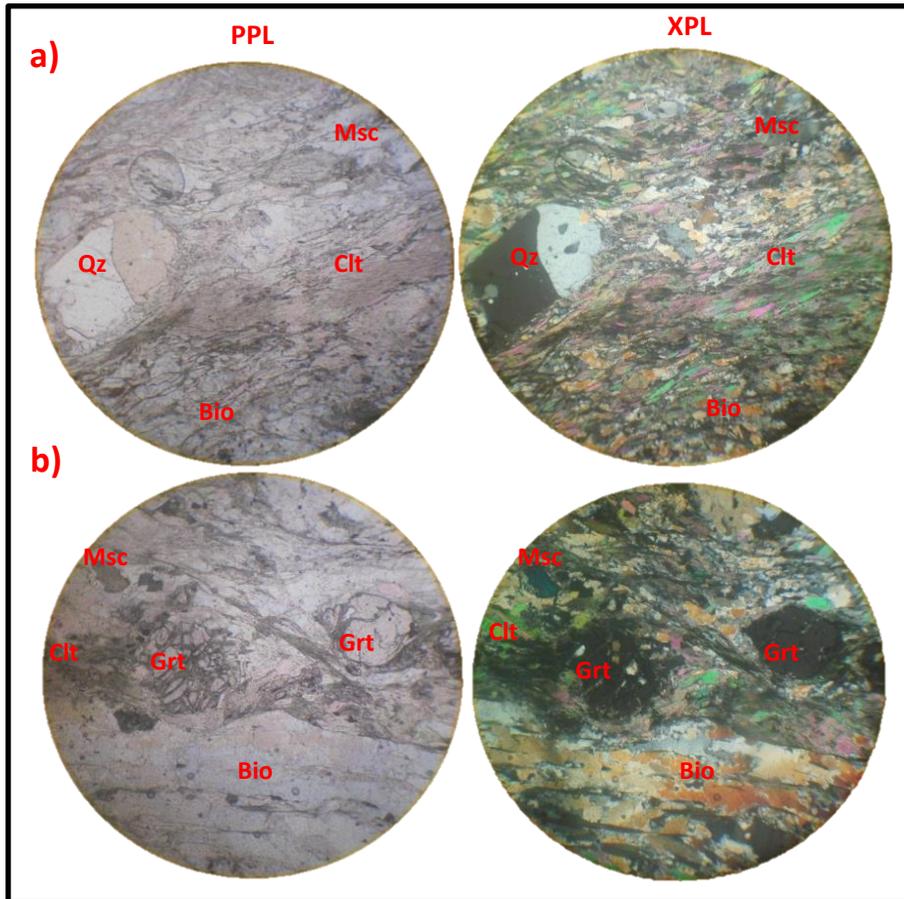


Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

Microscópicamente la roca contiene un 25% de cuarzo (Qz.), 20% de plagioclasa (bytownita), 20% moscovita (Msc.), 10% biotita (Bio.), 10% de clorita (Clt), 10% de minerales opacos (Min Op.) y 5% de granates (Grt.), posee una micro textura lepidoblástica. (fotografía 4)

FOTOGRAFÍA 4 LÁMINA DELGADA DE ESQUISTO, TOMADA CON LENTE 4X

a) Esquisto, predomina moscovita (Msc), biotita (Bio), clorita (Clt) y cristales de cuarzo (Qz). b) Esquisto conteniendo cristales de granate (grt), moscovita, biotita y clorita.



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

4.1.3 Unidad de mármol (Mrl)

El mármol es una roca metamórfica que se origina por medio de una serie de procesos geológicos que inducen cambios mineralógicos y estructurales en la roca caliza que son consecuencia de la búsqueda del

equilibrio físico-químico de las rocas cuando se encuentran sometidas a ambientes diferentes de aquel en que se formaron.¹¹

La unidad de mármol aflora en 2 km², lo cual corresponde al 10% de extensión del área total. Se encuentra mejor expuesta en la entrada del camino que va hacia la aldea El Morro en la parte sur del área, también al lado de la quebrada Los Sapos en la cual se encuentra una cantera de dicho material. (fotografía 5b)

Esta unidad es predominantemente de grano grueso, de colores variables que incluyen blanco, blanco grisáceo, negro y algunas tonalidades interesantes de rosado, con un porcentaje considerable (5%) de cuarzo, y mica blanca. Este mármol generalmente está asociado a los esquistos micáceos y granatíferos, con los cuales se asocia gradualmente en la parte sur.

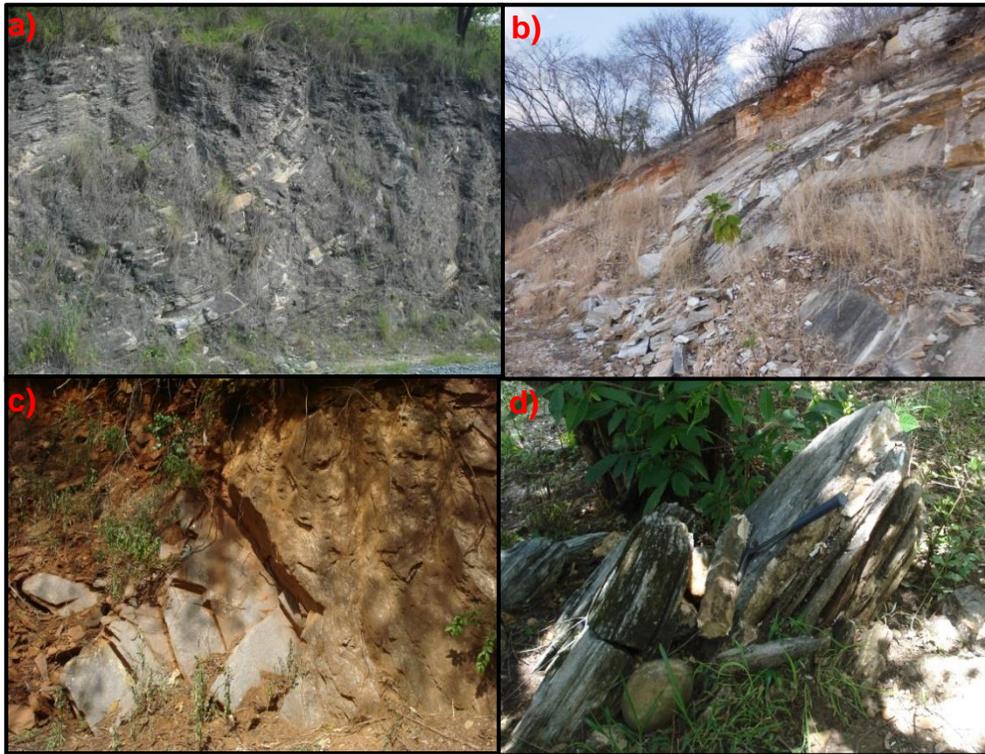
Dentro de la unidad de mármol se encuentran también algunas intrusiones de anfibolita, estas afloran en la parte donde se encuentra la cantera, aproximadamente tiene un espesor de 4 metros y es el único lugar en el que se encuentra dentro de dicha unidad. (fotografía 5c)

La litología presenta una topografía accidentada debido al control estructural de dicha zona, en donde el relieve tiene una cota de 500 a 800 msnm. Los afloramientos presentan foliación, fracturas y también plegamiento. (fotografía 5d)

¹¹ García Ramos, M. (1996). El mundo de los canteros y el léxico del mármol en Macael

FOTOGRAFÍA 5 UNIDAD DE MÁRMOL

a) Pliegue anticlinal en mármol, b) Cantera de mármol ubicada en la finca Ramo de Pino, c) presencia de anfibolita en mármol, d) Foliación en mármol que aflora cerca de la aldea El Conacaste.

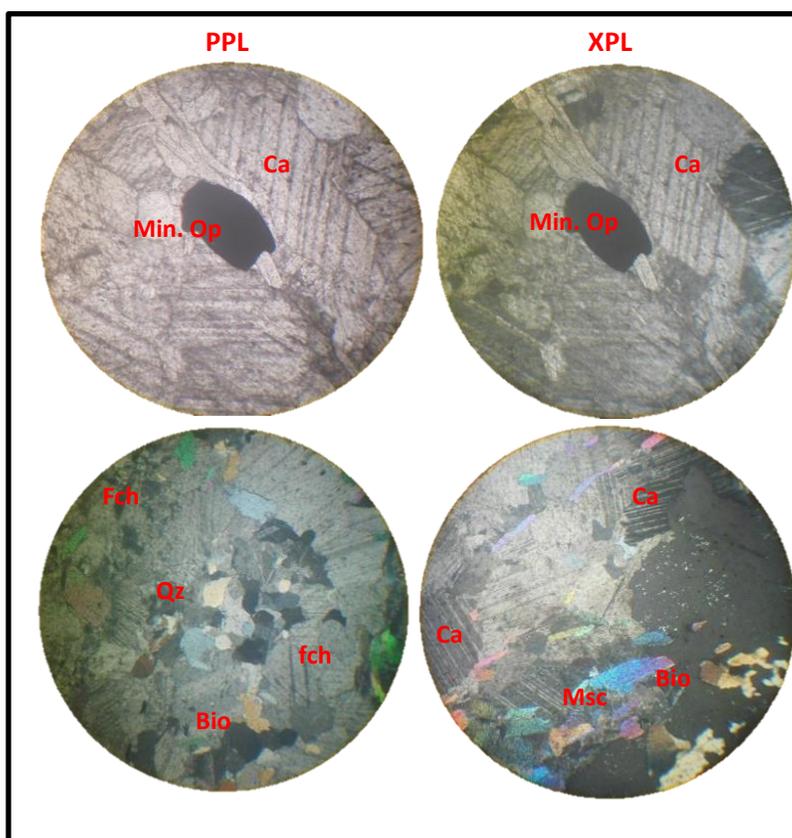


Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

Dicha unidad litológica se encuentra interestratificada con el esquisto muy meteorizado, se puede observar que el mármol contiene biotita en un 5%, fuxita en un 15%, pirita en un 5% y cristales de calcita en un 75%.

Microscópicamente la roca contiene un 45% de calcita (Ca), 20% de Fuchsita (fch), 10% de minerales opacos (Min Op), 5% de moscovita (Msc), 5% biotita (Bio) y 5% de cuarzo (Qz), tiene una microtextura Granoblastica. (Fotografía No.6)

FOTOGRAFÍA 6
LAMINA DELGADA DE MÁRMOL, MOSTRANDO
MINERALES DE IMPORTANCIA, TOMADAS CON LENTE
4X



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

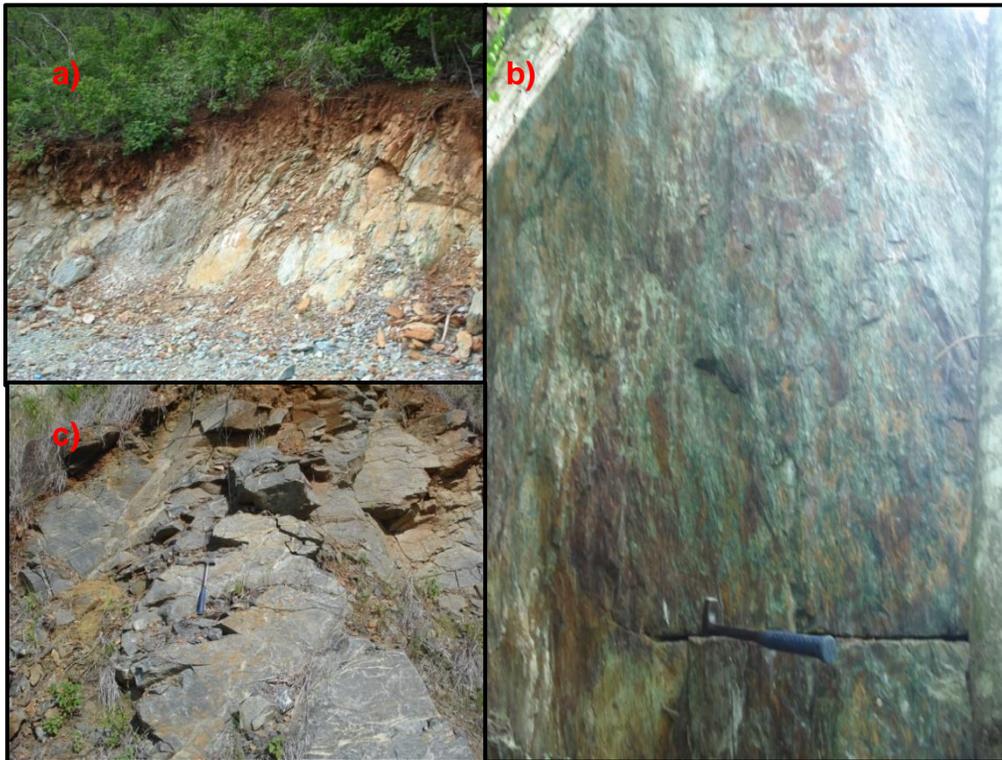
4.1.4 Unidad de Serpentinita (Sp)

La unidad litológica de Serpentinita está aflorando en la parte suroeste del mapa, con una extensión aproximadamente de 0,4 km², este afloramiento se encuentra muy fracturado debido a que se halla en una zona de falla, localizado en las coordenadas UTM N: 812235/E: 1655493, presenta una tonalidad verdosa en la superficie sana mientras que en superficie meteorizada es de tonalidad grisácea.

Esta unidad de serpentinita se encuentra en contacto fallado con el mármol, se observó algunos relictos de fallas inversas indicando que la unidad se encuentra cabalgando a dicha unidad. (fotografía 7) Este contacto aflora cerca de la aldea El Carrizal, en la antigua carretera que va de la aldea La Laguna hacia Pasasagua.

FOTOGRAFÍA 7 UNIDAD DE SERPENTINITA

a) Se observa el suelo meteorizado encima de la serpentinita, b) relikto de falla inversa en la serpentinita, c) serpentinita sana de color verde a gris.



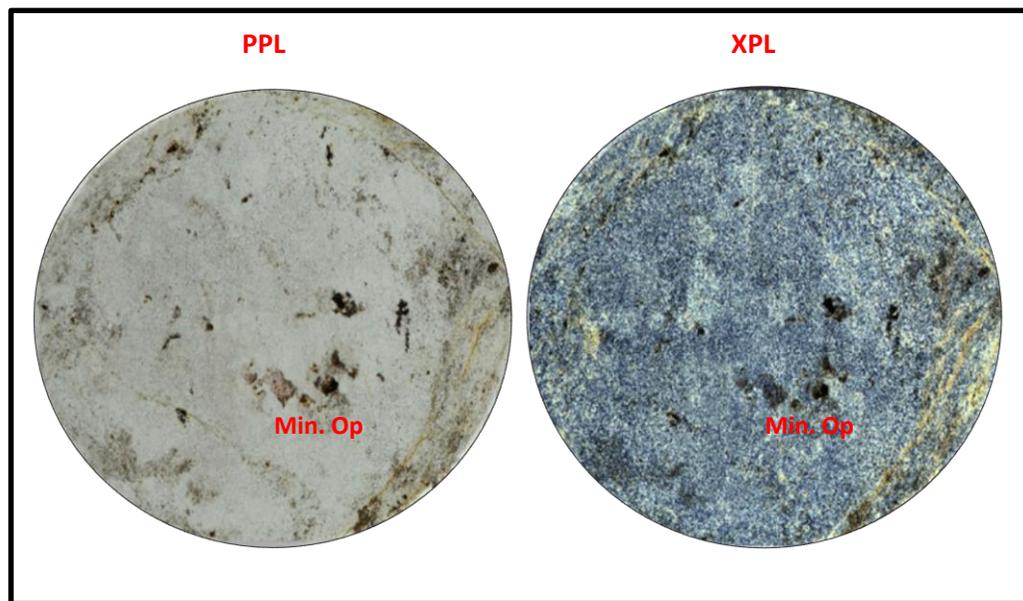
Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

Macroscópicamente la roca presenta una variación en el tamaño de fenocristales de horblenda y la foliación se hace más notoria, esta variación se encuentra en el contacto fallado entre el mármol, de manera que uno se aleja del contacto se hace menos notoria esta variación. La

roca presenta minerales como olivinos, piroxenos, horblenda y algunos minerales metálicos como la magnetita.

Microscópicamente se analizó y se logró determinar el contenido mineral de la misma con un 45% de Lizardita la cual se identificó por su forma y su bajo relieve, contiene también un 40% de crisotilo, este se determinó por su forma o hábito fibroso, y un 5% de minerales opacos y contiene una textura Pseudomorfica. (fotografía 8)

FOTOGRAFÍA 8
LAMINA DELGADA DE SERPENTINITA, MOSTRANDO
MINERALES DE IMPORTANCIA, TOMADAS CON LENTE
4X



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

4.1.5 Unidad de coluvión (Qc)

Los coluviones se reconocen por estar constituidos por bloques de roca de diverso tamaño, desde suelo y arena hasta bloques de metros cúbicos; otro rasgo es la angulosidad de estos, lo cual delata su limitado transporte.

Este tipo de unidad se presenta en dos lugares, uno está ubicado en la aldea El Morro en las coordenadas UTM N: 814946, E: 1659403, el cual tiene una extensión aproximadamente de 1,5 km². La composición litológica que contiene esta varía entre bloques de peridotita, esquisto, gneis y abundantes bloques de cuarzo. (fotografía 9)

El área de cobertura de este depósito es discernible por su topografía puesto que se presenta limitado por los ríos El Flautal y San Vicente.

El segundo depósito de coluvión se encuentra en la parte noroeste cerca de la Finca El Paraíso, dicho coluvión se presenta nuevamente en la aldea La Laguna, la extensión del mismo es aprox. 0,3 km², y este consta de bloques de peridotita serpentizada con presencia de talco, esquisto y algunos bloques de gneis.

FOTOGRAFÍA 9 UNIDAD DE COLUVIÓN



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

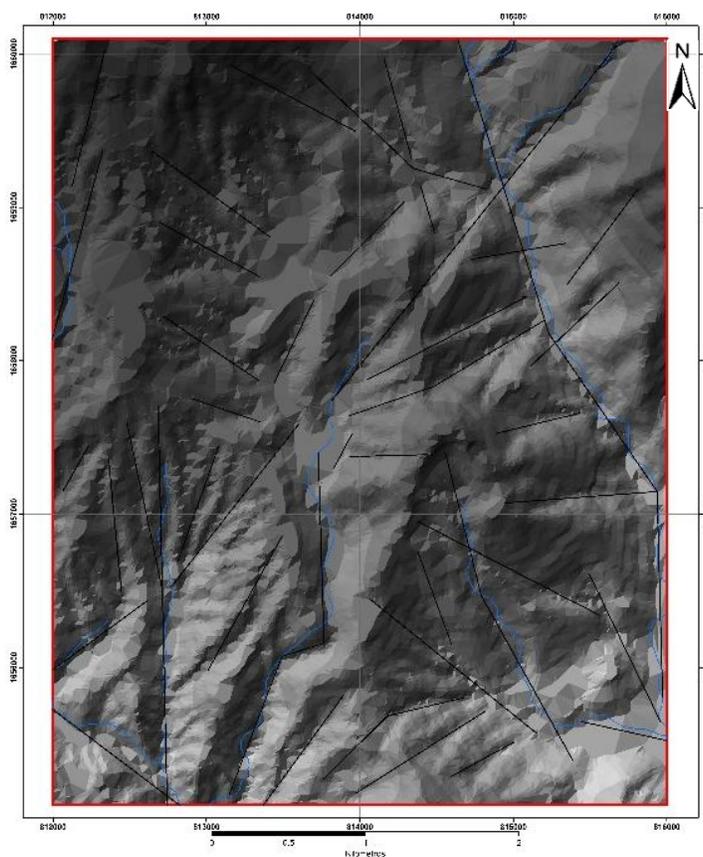
4.2 Geología Estructural

Se parte con un análisis de rasgos estructurales a nivel local en el área de investigación, observados a través de fotografía aérea y por medio de modelo de elevación digital (MED), el cual está acompañado por fotografías aéreas que han sido de utilidad para la estimación de amplios lineamientos estructurales como trazas de fallas y contactos geológicos. Así mismo se describen fallas, que reflejan el comportamiento tectónico frágil incluyendo fracturas.

4.2.1 Lineamientos estructurales

Son rasgos estructurales identificados en base al análisis espacial del área de estudio tomando en cuenta las fotografías aéreas y el MED, se tomó de referencia la dirección preferencial de las mismas, y se evaluaron los resultados en un diagrama de rosa, mostrando 4 patrones con una tendencia preferente hacia: N045°, N340°, N315° y N080°. (Mapa 4)

MAPA 4 LINEAMIENTOS ESTRUCTURALES



Fuente: Investigación de campo 2013

4.2.2 Estructuras de origen dúctil

a. Foliación

Es una estructura geológica de origen tectónico que genera una serie de minerales planares como las moscovitas, biotitas, etc. Se identificó esta estructura en la Unidad de Esquisto (Es), Unidad de Gneis (Gn) y la Unidad de Mármol (Mrl) los cuales presentan comportamientos muy propios en cada unidad (fotografía 10). Dichas foliaciones fueron medidas en algunos sectores de las aldeas Sunzapote, Ramo de Pino, Comaja y El jute de la Cobana.

FOTOGRAFÍA 10 FOLIACIONES

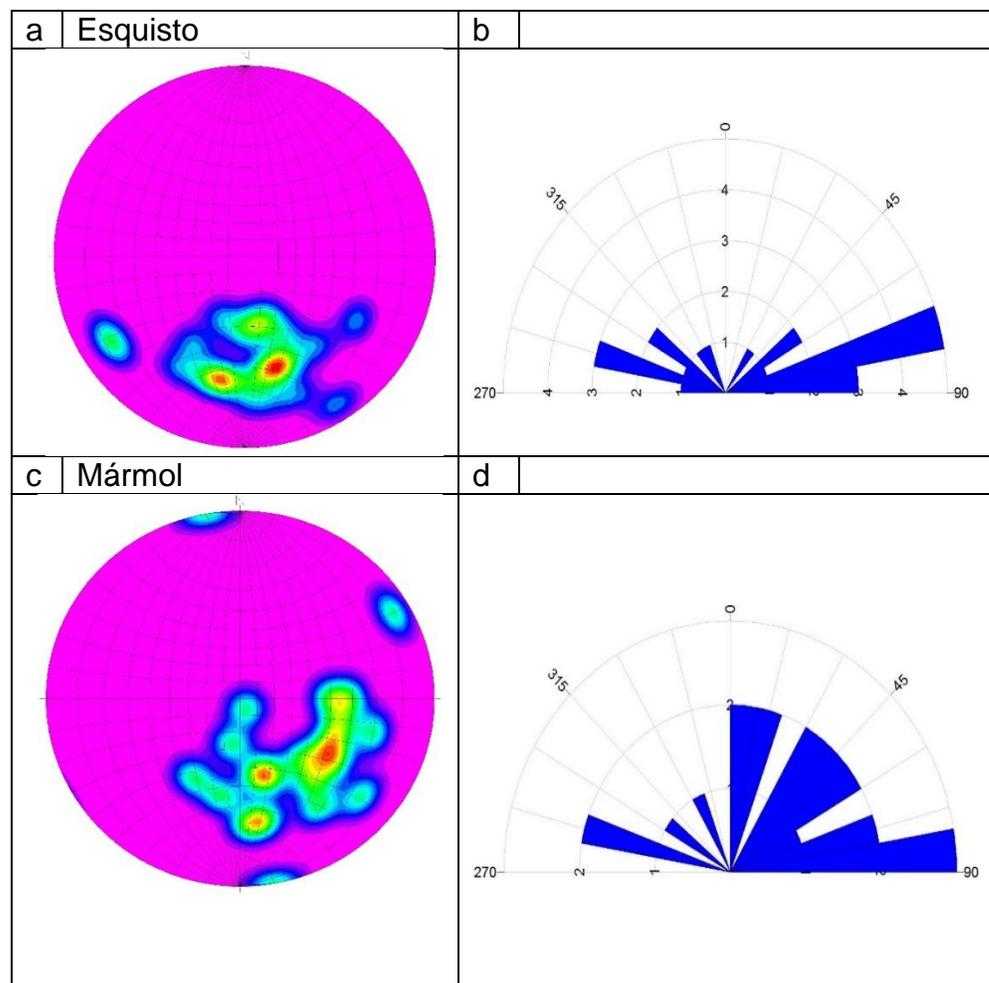
a) Foliación en mármol, b) Foliación en esquisto, c) Foliación en gneis biotítico, d) Foliación en gneis cuarzofeldespatico.

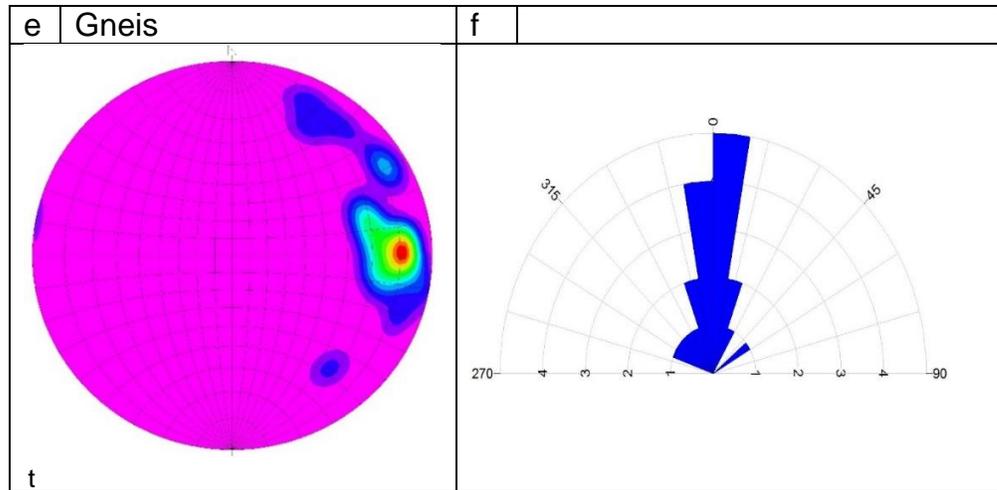


Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

La figura 6 (a, b, c, d, e y f) muestra comportamiento general de la foliación, tomando en cuenta los datos recolectados en las unidades litológicas (20 datos en la unidad de mármol, 20 datos en la unidad de gneis y 21 datos en la unidad de esquisto), los cuales fueron analizados por medio de (a, c y e) polos de los planos de foliación y (b, d y f) la dirección de los rumbos de los planos de foliación.

FIGURA 6
(a) POLOS DE FOLIACIONES, (b) ROSETA DE FOLIACIONES



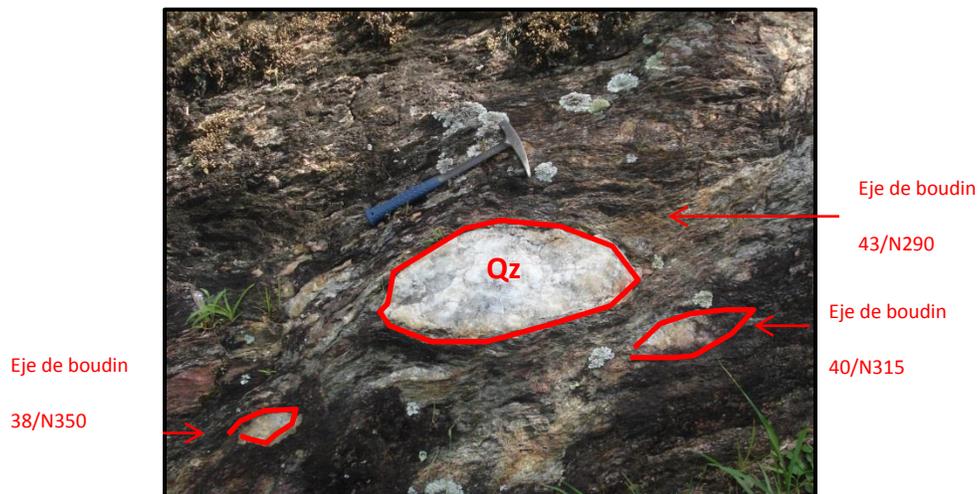


gación de campo, 2013.

b. Boudinage

Son estructuras de dominio dúctil que se forman durante la cristalización/recristalización de un macizo rocoso que fue afectado por un proceso tectónico, donde regularmente afloran como “ojos” de composición de cuarzo de forma paralela al rumbo de la foliación. Estas estructuras son cuerpos que se forman por extensión de los pliegues, se encuentran visibles regularmente en la unidad de gneis y en la unidad de esquistos. (fotografía 11).

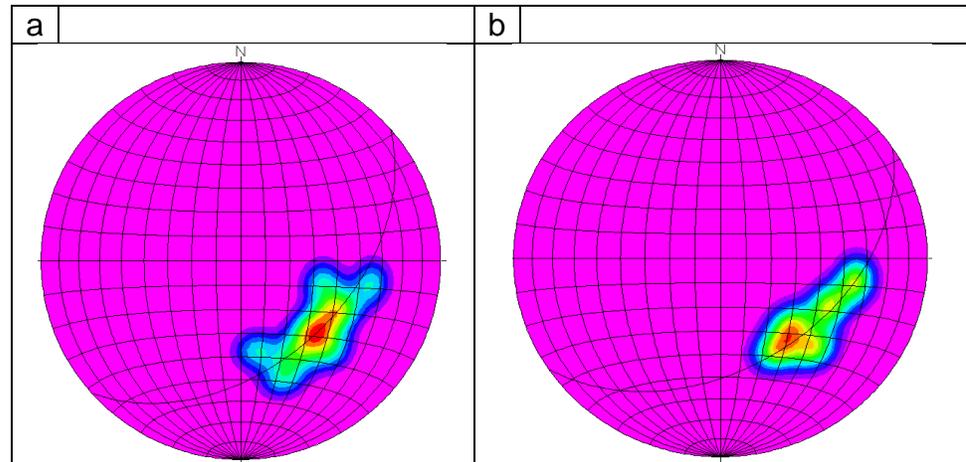
**FOTOGRAFÍA 11
BOUDINAGE EN ESQUISTO.**



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

Generalmente se localizan boudinages dentro de la unidad de esquisto orientados hacia $N307^\circ$ y dentro de la unidad de gneis a $N298^\circ$ aproximadamente. (figura 7a y 7b)

FIGURA 7
ORIENTACIÓN DE BOUDINAGE EN
(a) ESQUISTOS, (b) GNEIS



Fuente: Investigación de campo, 2013.

c. Ejes de Pliegue

Son estructuras de dominio dúctil, producto del esfuerzo ejercido regionalmente durante la formación de las unidades de esquisto, mármol y gneis, las cuales se localizan espacialmente en varios sectores del área de investigación. (fotografía 12a, 12b, y 12c)

FOTOGRAFÍA 12 PLIEGUES

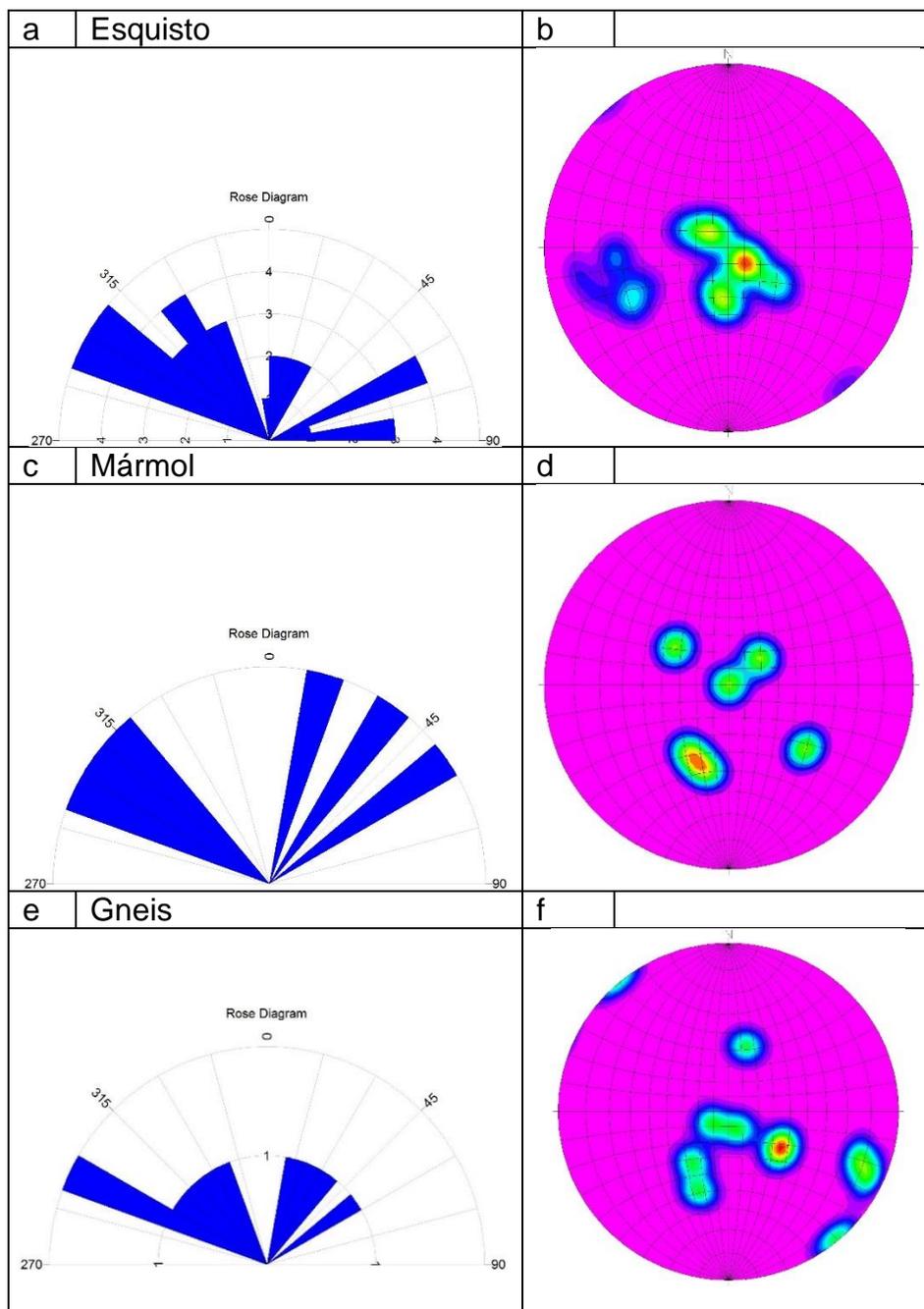
a) Pliegue tipo M en gneis, b) pliegue anticlinal en esquisto, c) pliegue anticlinal en mármol.



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

Estas estructuras recolectadas se representan divididas por las unidades donde se midieron y son presentadas en un estereograma de wulff, así como en un diagrama de rosa. (figura 8a, 8b, 8c, 8d, 8e y 8f)

FIGURA 8
EJES DE PLIEGUE EN a) ESQUISTO b) MÁRMOL Y c) GNEIS

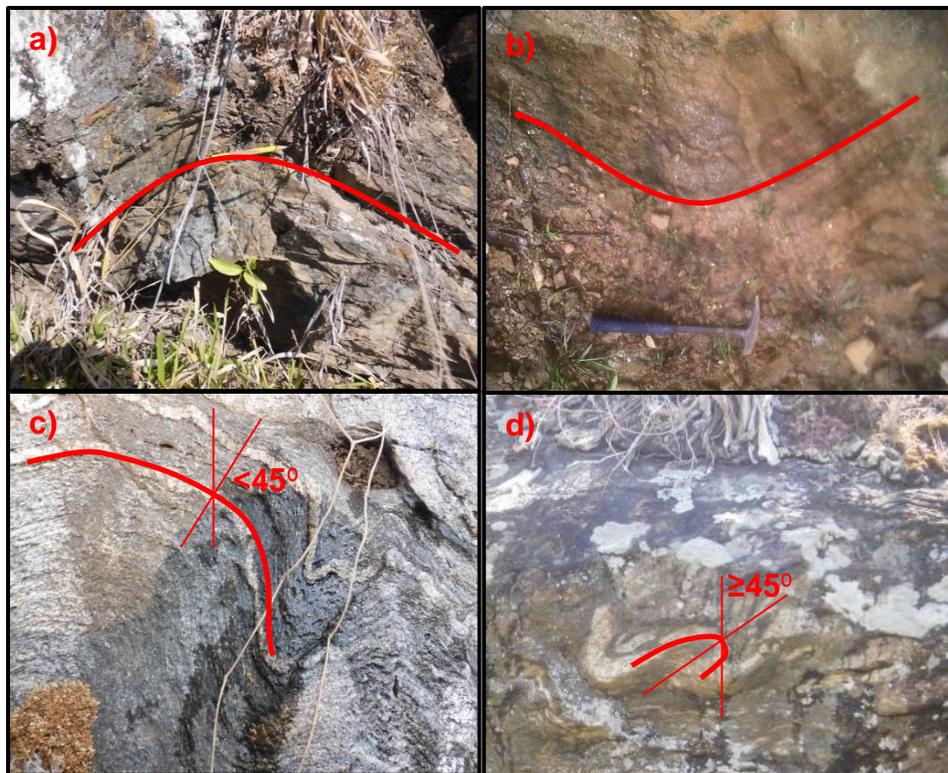


Fuente: Investigación de campo, 2013.

Se encontraron tipos de pliegue anticlinales y sinclinales y según su vergencia se clasificaron en rectos, inclinados y tumbados. Dentro de las unidades los mejores afloramientos para la observación de plegamiento son: en esquisto, en la carretera que va hacia Comaja, dentro del gneis se puede observar el plegamiento en el camino que va hacia la aldea el paraíso y en el mármol en la antigua cantera y en la entrada del área, debajo del cerro Comaja. (fotografía 13 y 14)

FOTOGRAFÍA 13 TIPOS DE PLIEGUES

a) Pliegue Anticlinal en esquisto en el antiguo camino que va hacia comaja, b) Pliegue Sinclinal en esquisto ubicado en la carretera que va hacia el paraíso, c) Pliegue Inclinado no mayor a 45° de inclinación desde la vertical, d) Pliegue Tumbado, mayor a 45° desde la vertical, e) Pliegue tipo Z ubicado en la vereda que va hacia la cantera de Marmol, f) Pliegue tipo S, dentro de la unidad de Gneis ubicado en la Aldea El Conacaste.





Fuente: Investigación de campo 2013.

FOTOGRAFÍA 14
ZONA DE PLIEGUES DENTRO DE LA UNIDAD DE GNEIS, UBICADA EN LAS COORDENADAS UTM (813021/1657349) EN LA CARRETERA QUE VA HACIA LA ALDEA LA LAGUNA.

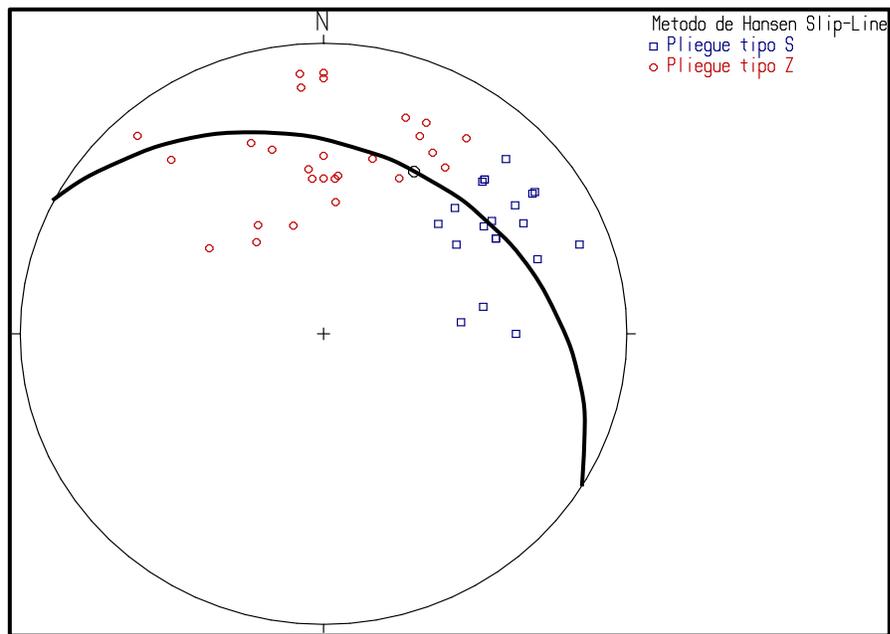


Fuente: Investigación de campo 2013.

Existe una variedad de Ejes de pliegue que se desarrolla en el área de investigación y son las propiamente denominadas “Ejes S”, “Ejes Z”, “Ejes M” y “Ejes W”, donde los tipos “S” y “Z” son de

principal interés para el desarrollo y aplicación del método de Hansen el cual ayuda a determinar la dirección del transporte tectónico, así como sus deformaciones de compresión (ϵ_1) y tensión (ϵ_3). En la figura 9 se observan los pliegues tipo s y tipo z representados en una falsilla para su análisis, dicho análisis está en el capítulo 5.

FIGURA 9
CINEMÁTICA DE PLIEGUES POR EL MÉTODO DE HANSEN UTILIZANDO PLIEGUES TIPO S Y Z



Fuente: Investigación de campo 2013.

4.2.3 Estructuras planares frágiles

Estas estructuras geológicas se midieron como planos y abarca Fallas y fracturas.

a. Fallas

Estas estructuras de dominio frágil se identificaron sobre la Unidad de Gneis (Gn) y Unidad de Mármol (Mrl), con cinemáticas normales y dextrales.

1) Fallas normales

En el movimiento de estas estructuras el bloque techo desciende respecto al bloque piso con un ángulo de cabeceo mayor de 45°. Para su clasificación se utilizó como tectoglifos principal escalones y estrías en el plano de falla (tabla 2).

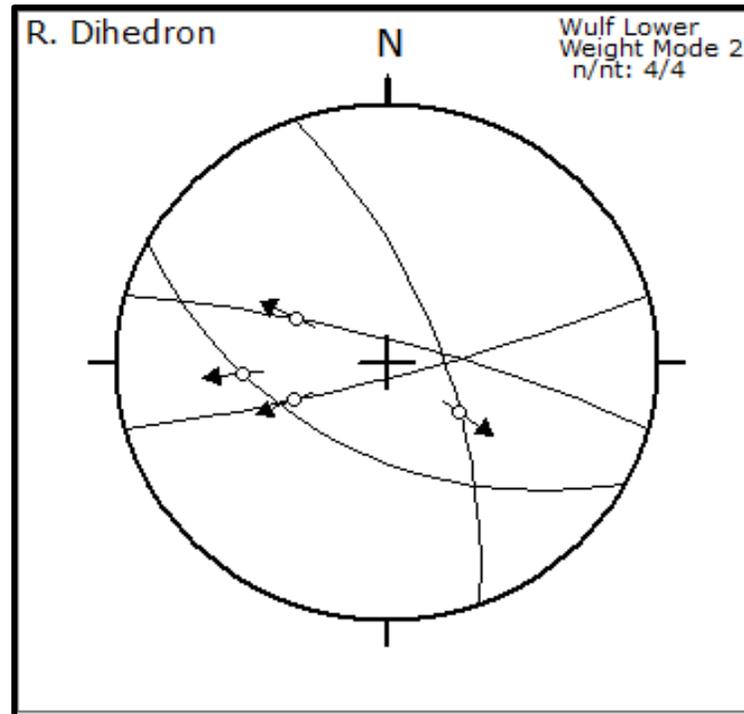
TABLA 2
FALLAS NORMALES SINISTRALES Y
NORMALES DEXTRALES

No	Este/Norte	Orientación	Pitch	Coordenadas/Localidad
Falla normales sinestrales				
1	812525/1655854	80°/N015°	50N	Quebrada los Pinos
Fallas normales dextrales				
2	813973/1658991	51°/N208°	46N	Camino a la aldea Sunzapote
3	815814/1657600	70°/N067°	60E	Carretera hacia aldea las Pilas
4	812347/1657988	83°/N165°	50W	Cerca de la aldea La Laguna

Fuente: Investigación de campo 2013

Figura 10 muestra un estereograma de Wulff, el cual representan las 4 fallas normales con sus respectivas componentes registradas en la zona, las cuales en el capítulo 5 en la sección del análisis estructural serán discriminadas respectivamente en familias basado en su geometría de esfuerzos.

FIGURA 10
FALLAS NORMALES PURAS, NORMALES SINISTRALES Y NORMALES DEXTRALES



Fuente: Investigación de campo 2013

2) Fallas dextrales

Son estructuras geológicas caracterizadas por tener un plano con movimiento lateral. Tanto σ_1 y σ_3 son horizontales y pueden ser clasificadas de acuerdo a su cabeceo. Poseen un movimiento lateral predominante y con un comportamiento no mayor a 45° verticalmente. Dichas estructuras se localizaron en el área de investigación con comportamiento puro, inverso y normal. (tabla 3)

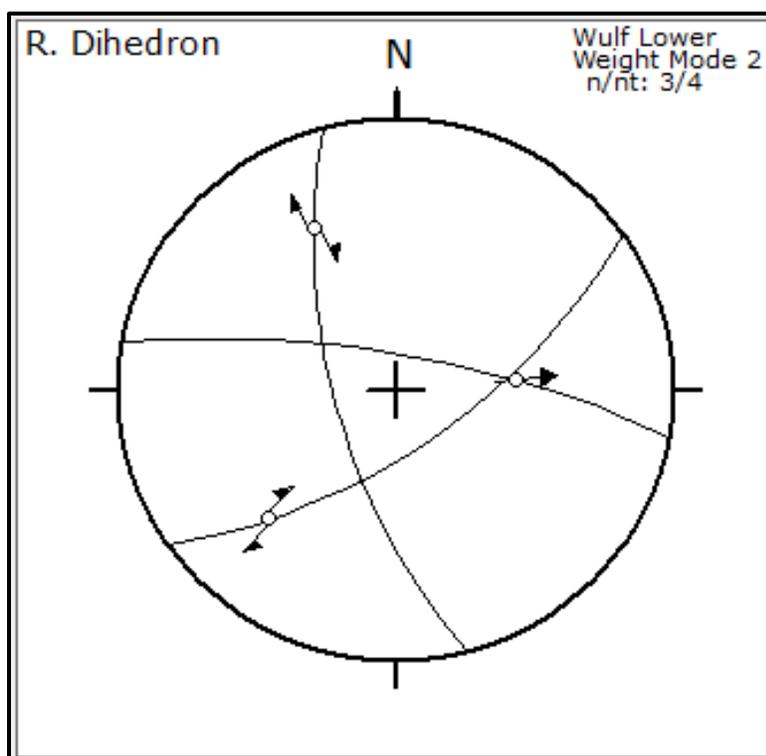
TABLA 3
FALLAS DEXTRALES NORMALES Y DEXTRALES INVERSAS

Este/Norte	Orientación	Pitch	Localidad
Dextral normal			
815395/1658825	65°/N255°	25NE	Cerca del Rio Flautal
815237/1657023	75°/N10°	45E	Camino hacia la aldea El Barranco
Dextral inversa			
814380/1656388	65°/N145°	25SE	Cerca de la aldea El Matochal

Fuente: Investigación de campo 2 013

Figura 11 muestra Diagrama de *Wulff*, en el cual se presentan las fallas dextrales puras, dextrales normales y dextrales inversas encontradas en la zona.

FIGURA 11
FALLAS DEXTRALES NORMALES, DEXTRALES INVERSAS Y DEXTRALES PURAS



Fuente: Investigación de campo, 2013.

y al desgaste del regolito resultante, por la acción combinada de las fuerzas de desplazamiento y de los agentes geomorfológicos con la consecuente remodelada y paulatina reducción de la superficie terrestre, en esta categoría se distinguen las siguientes subunidades:

1) Subunidad de colinas

Dependiendo de la homogeneidad del ángulo de inclinación de los bordes de las colinas se presentaron colinas asimétricas y simétricas, al norte del área de estudio se observaron algunas colinas simétricas (fotografía 15) y hacia el noreste fueron notorias colinas de tipo asimétricas.

FOTOGRAFÍA 15 COLINAS



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

2) Subunidad de crestas

Esta subunidad geomorfológica característica de las cumbres de las formaciones orogénicas, generadas por la erosión de aguas pluviales, se caracteriza también por las formaciones montañosas como cordilleras y sierras o simplemente la cumbre de agudos peñascos de una montaña.

Son características de las partes más altas del área de estudio, la parte norte y noroeste, donde la acción pluvial es más alta. (fotografía 16)

FOTOGRAFÍA 16 CRESTAS



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

3) Subunidad de escarpes

Esta subunidad se caracteriza por tener pendientes demasiado inclinadas (mayor a 70°). Los escarpes observados en el área estaban cubiertos de vegetación y suelo y se encuentran en la parte este cerca del cerro Comaja. (fotografía 17)

FOTOGRAFÍA 17 ESCARPE



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

4) Subunidad de surcos

Los surcos se originan por la erosión del suelo y de las unidades litológicas, debido a la escorrentía de aguas pluviales. Los surcos en el área se localizan en la parte noroeste donde hay mayor influencia de la erosión y de la escorrentía debido al material proveniente de esas partes altas. (fotografía 18)

FOTOGRAFÍA 18 SURCOS



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

5) Subunidad de laderas

Una ladera es la pendiente de una elevación del terreno por cualquiera de sus lados, en el lugar esta subunidad se ve bien diferenciada ya que cuenta con diferentes elevaciones las cuales son formadas por los movimientos de placas tectónicas las cuales alteran la corteza terrestre y da lugar a dichas elevaciones. (fotografía 19). El área de estudio se caracteriza por tener diferentes variaciones de laderas, clasificándose de tres formas, por su longitud, por su inclinación y por su forma. (tabla 4)

FOTOGRAFÍA 19 LADERAS



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

TABLA 4
CLASIFICACIÓN DE LADERAS

Según su longitud	
Longitud (m)	Descripción
Menor de 50	Muy corta
51 – 250	corta
251 – 500	Moderadamente larga
501 – 1000	larga
Según su inclinación	
Inclinación (grados)	Descripción
11 a 15	Suave
16 a 20	Abrupta
21 a 30	Muy abrupta
31 a 45	Escarpada
➤ 46	Muy escarpada
Según su forma	
Clase	Característica
Recta	Movimiento traslacional Fluidos de lodos Fluidos de tierra
Cóncava	Movimiento rotacional
Irregular o escalonada	Erosión diferencial Caída de rocas

Fuente: Investigación de campo, 2013.

6) Subunidad de movimiento de ladera

Son procesos dinámicos que ocurren sobre la superficie terrestre, algunos factores como la precipitación, erosión, topografía, litología, entre otros influenciados especialmente

por fuerzas de la gravedad provocan estos movimientos de ladera.

En el área se identificaron movimientos de ladera como caída de bloques, y deslizamiento de flujo. (Fotografía No. 20)

a) Caída de bloques

La erosión hídrica, la topografía accidentada, las pendientes pronunciadas y el alto grado de fracturamiento de las rocas fueron los principales agentes detonantes que hicieron posible este movimiento. (fotografía 20)

**FOTOGRAFÍA 20
CAÍDA DE BLOQUES**



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.

Los deslizamientos presentan entre 15 y 25m de largo y 10 a 15m de ancho, estos movimientos están mejor expuestos en la aldea El Jute de la Cobana, dentro de la unidad de esquisto, en total se encontraron alrededor de 6 movimientos de este tipo en el área de estudio.

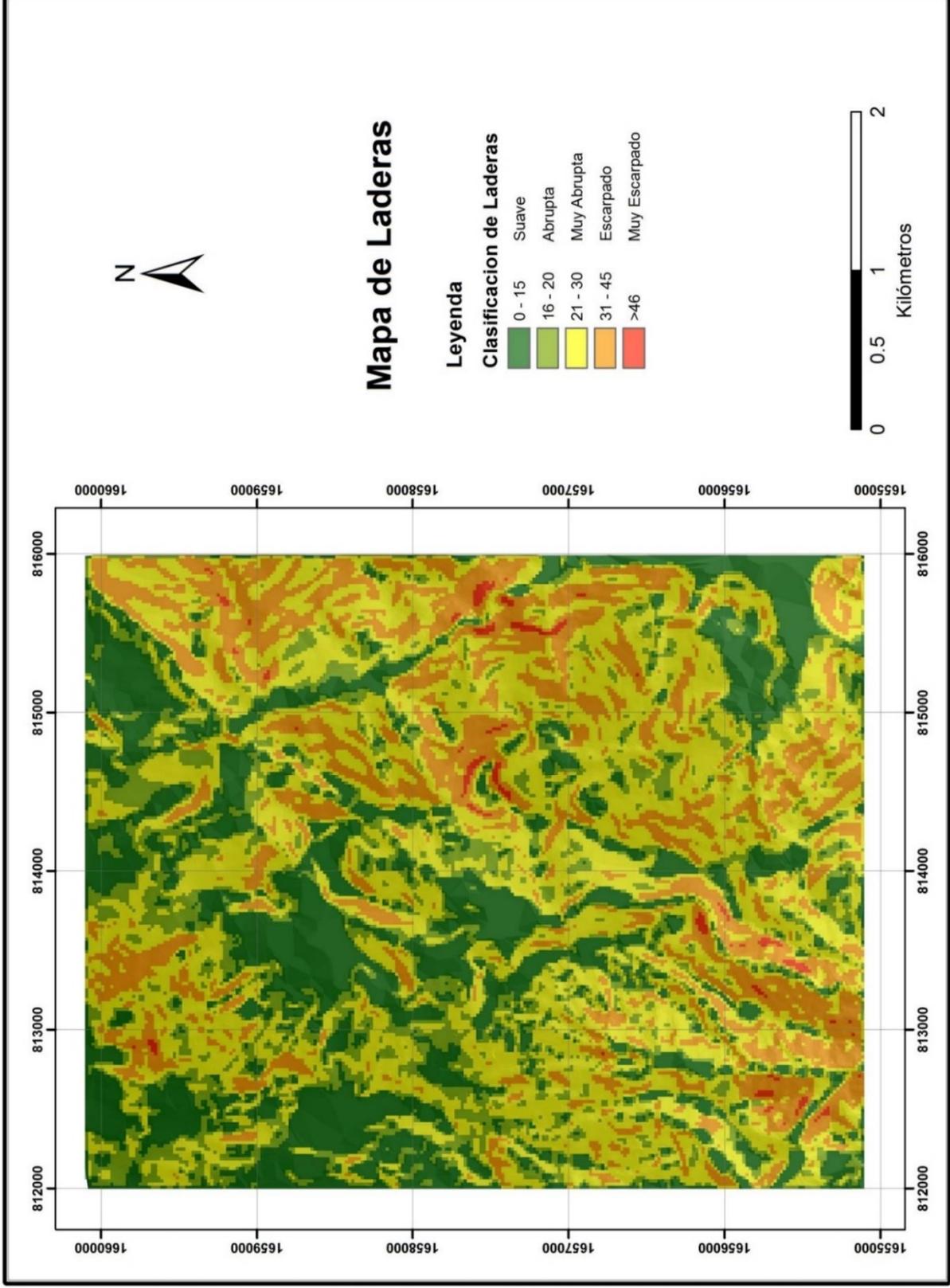
b) Deslizamiento de Flujo

Estos deslizamientos se generan por un plano discreto de ruptura y por la saturación de agua que sufre el suelo, por lo que no tiene la capacidad de resistir y se desprende la roca, estos han sido influenciados por la topografía, tipo de roca y por la gravedad.

Este tipo de deslizamiento es más común ubicarlos en la parte central del área y en la parte sur, en la antigua carretera que conecta a Pasasagua (fotografía 21), estos movimientos afectan únicamente la topografía y vegetación.

**FOTOGRAFÍA 21
DESLIZAMIENTOS DE FLUJO**

Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.



Fuente: Investigación de campo, 2013.

b) Unidad de origen antrópico-denudacional

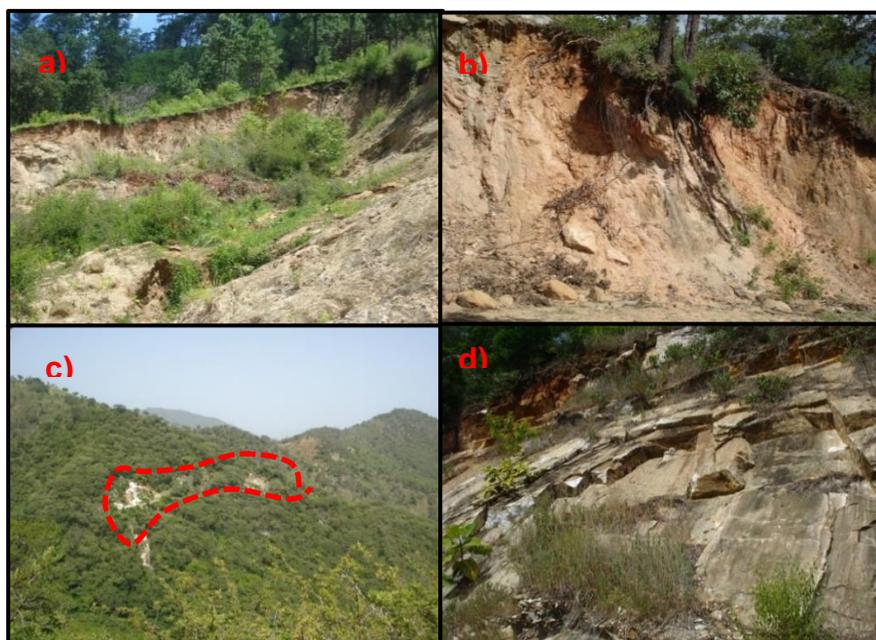
Son materiales heterogéneos dispuestos por el hombre, productos de residuos de construcción o excavaciones para minas, generalmente a cielo abierto donde se obtienen rocas industriales.

1) Subunidad de canteras

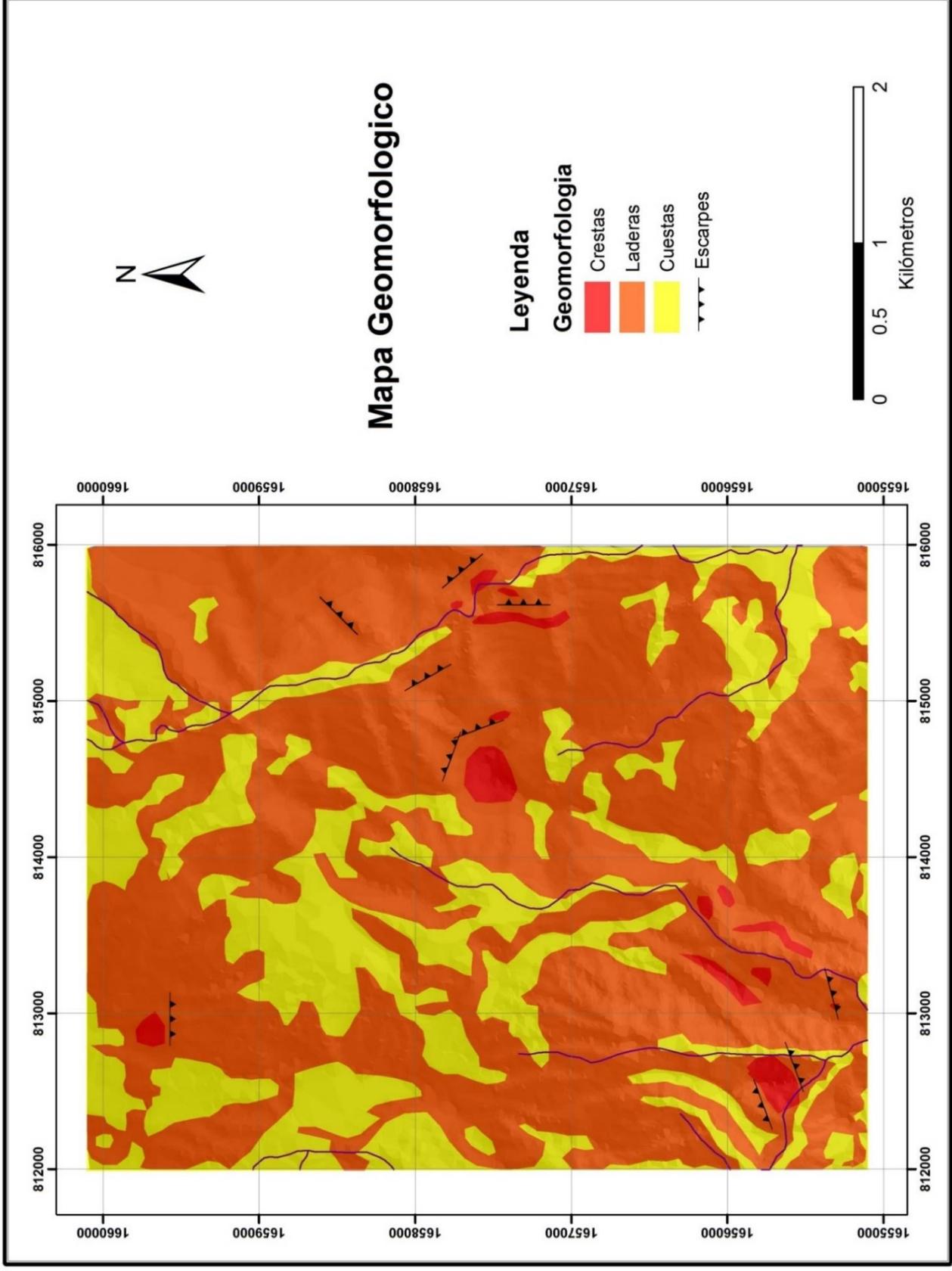
Las canteras suelen ser explotaciones de pequeño tamaño, en el área de estudio se encontraron dos canteras, una en la parte norte del área, esta está mejor expuesta cerca de la aldea Sunzapote, esa cantera es de esquisto y dicho material lo utilizan para rellenos en la carretera. (fotografía 22 a y b). La segunda cantera se encuentra en la parte sur del área, mejor expuesta cerca de la quebrada Los Sapos, dicha cantera es de mármol. (fotografía No. 22 c y d)

FOTOGRAFÍA 22 CANTERAS

a) Y b) canteras de esquisto c) y d) canteras de mármol.



Tomada por: Kevin Dario Guillermo Espina, 2013.



Fuente: Investigación de campo, 2013.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACION DE RESULTADOS

En este capítulo se hará énfasis en el análisis e interpretación de las estructuras y litología presentes en el área, se dará mayor énfasis al análisis de las estructuras encontradas, ya que en base a eso encontraremos el esfuerzo principal por la que se ve afectado el área.

5.1 Análisis e interpretación litológica

Para el estudio que se realizó se propone una columna estratigráfica que va de la unidad más antigua hacia la más joven y son: Unidad de gneis (Gn), Unidad de esquisto (Es), Unidad de mármol (Mrl), Unidad de serpentinita (Sp) y Unidad de coluvión (Qc), la cual fue descrita en el capítulo 4. (figura 5)

5.1.1 Unidad de Gneis (Gn)

Esta unidad se encuentra en contacto con el esquisto, esta unidad varia de mineralogía debido a la temperatura y presión en que estas se formaron y hace que su mineralogía cambie, en la parte central el tipo de gneis que se encuentra es biotítico y la roca es más masiva y en la parte norte y en la parte sur el gneis que se encuentra es cuarzo-feldespático el cual tiene un alto grado de meteorización.

5.1.2 Unidad de esquisto (Es)

La asociación mineralógica que esta contiene es moscovita, biotita, cuarzo y granate, esta unidad se asocia a los esquistos que afloran en la Formación San Agustín, debido a los granates y porque están interestratificado con mármol, también presenta una variación horizontal

ya que el esquistos que aflora en la parte este no contiene granates.

5.1.3 Unidad de mármol (Mrl)

Esta unidad se encuentra interestratificado con el esquistos, la foliación que presenta esta unidad es bien marcada, esto se debe a que en su composición mineralógica hay presencia de biotita y fuxita los cuales marcan la mayoría de la foliación. La foliación media de esta roca aflorante es de 45/N190.

5.1.4 Unidad de serpentinita (Sp)

Esta unidad es parte de los cuerpos cabalgantes que se encuentran a lo largo del río Motagua, presenta una asociación mineralógica que muestra una variación lateral con dirección Norte-Sur, la variación se definió por el grado de alteración que presenta la roca y el contenido de magnetita, ya que en la parte norte la serpentinita presenta un perfil de suelo no mayor a 1 metro con pequeñas cantidades de magnetita y en la parte sur dicho perfil de suelo y la presencia de magnetita es mayor.

Dicha unidad se encuentra en contacto fallado con la unidad de mármol, en donde la unidad de serpentinita está cabalgando a la otra unidad, a lo largo del contacto se evidencian las fallas inversas.

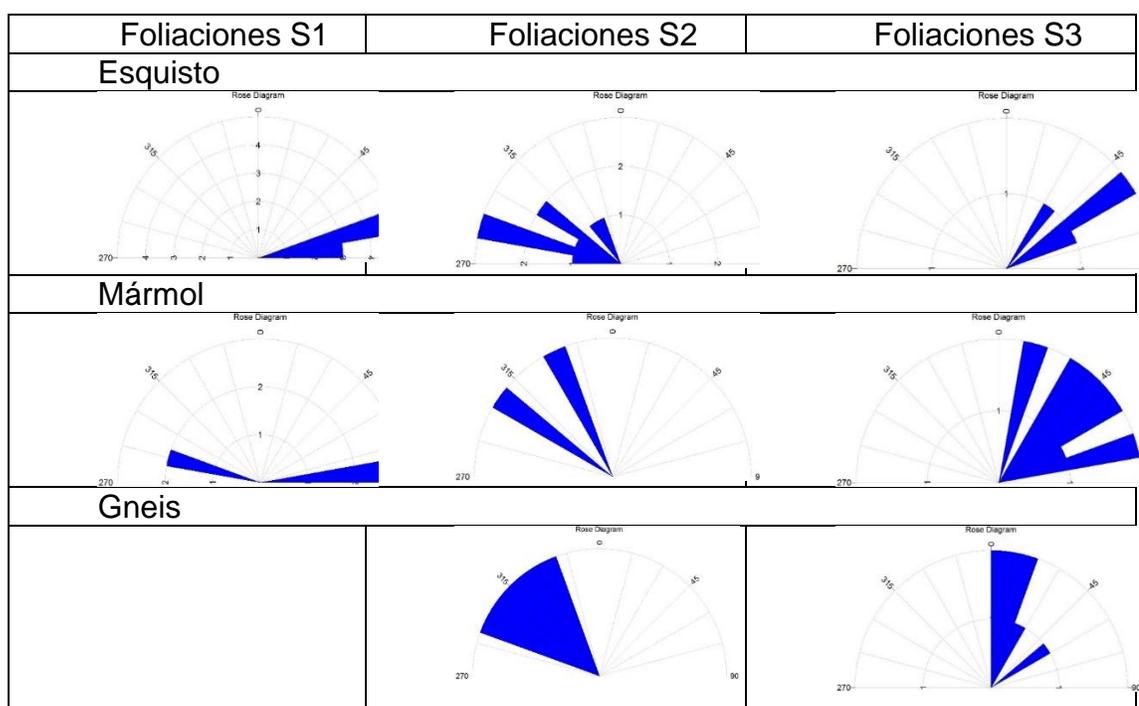
5.2 Análisis e interpretación estructural

Las estructuras encontraron en el área de investigación poseen un patrón confuso, por lo cual han sido analizadas estereográfica, geométrica y estadísticamente para poder establecer la elipse de deformación local.

Las foliaciones se presentan en tres unidades con tres diferentes geometrías; pero no todas son representativas para ser analizadas, siendo

la mayor cantidad de datos registrados, las pertenecientes a los eventos parcialmente definido S2 y S3 los que oscilan con orientaciones *NW* y *NE*, respectivamente las cuales son representadas por medio de diagramas de rosa que representan la orientación de su inclinación.

FIGURA 14
ORIENTACIÓN DE FOLIACIÓN

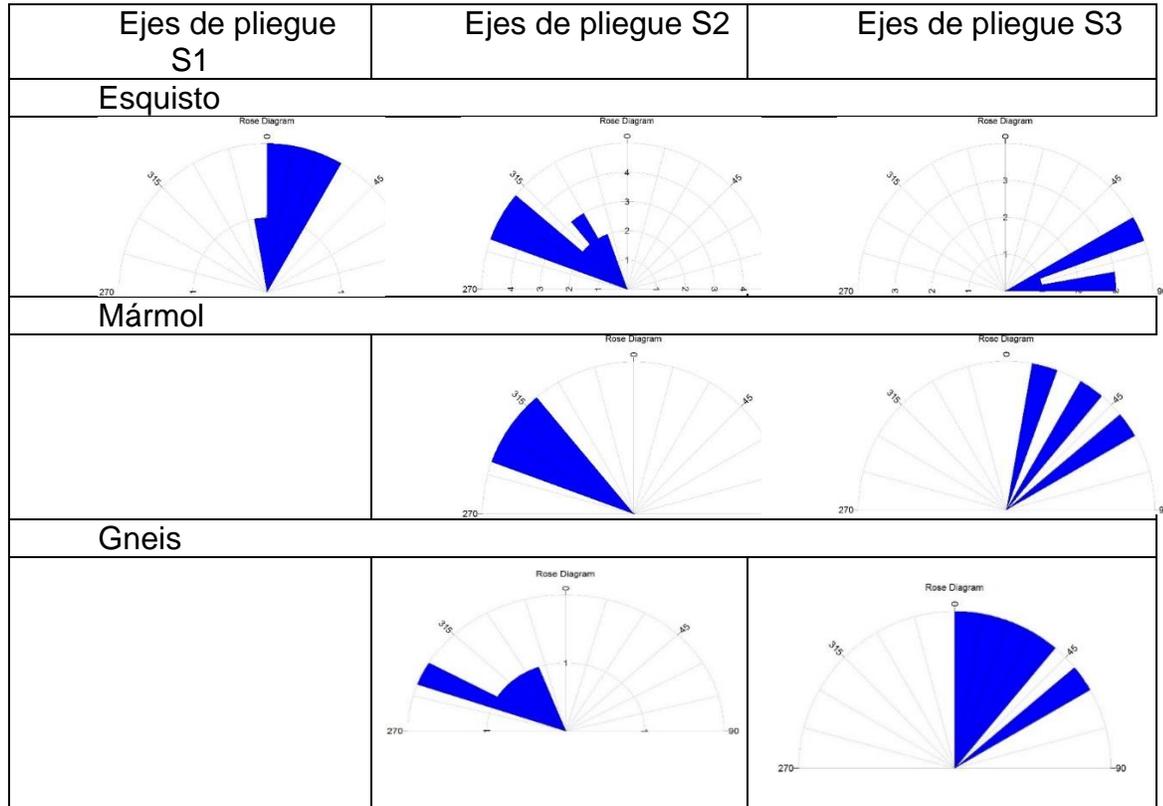


Fuente: Investigación de campo, 2013.

En cuanto a las estructuras lineales, se identificaron de 3 tipos siendo estas, ejes de pliegue, boudinage y grietas de tensión.

Los ejes de pliegue identificados están asociados a las deformaciones aparentemente en 3 eventos; pero siempre con una predominancia de lo que parcialmente se le ha denominado S2 y S3 los que oscilan con orientaciones *NW* y *NE*, respectivamente las cuales son representadas por medio de diagramas de rosa que representan la orientación de su inclinación.

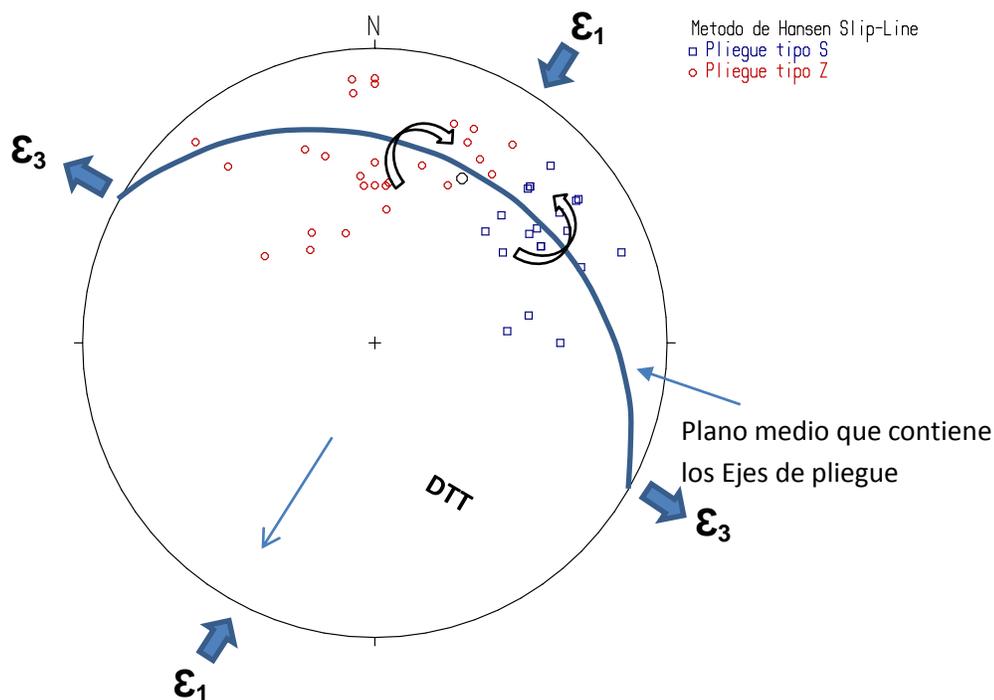
FIGURA 15
ORIENTACIÓN DE EJES DE PLIEGUE



Fuente: Investigación de campo, 2013.

La falsilla que contiene los ejes S y Z muestra las deformaciones \mathcal{E}_1 y \mathcal{E}_3 tomando en cuenta que los ejes Z tienen un sentido horario y los ejes S un sentido anti horario las cuales nos dan una Dirección de Transporte Tectónico (DTT) hacia NE a SW, concordando previamente con las deformaciones S3.

FIGURA 16
ANALISIS DE EJES S Y Z POR EL METODO DE HANSEN



Fuente: Investigación de campo, 2013.

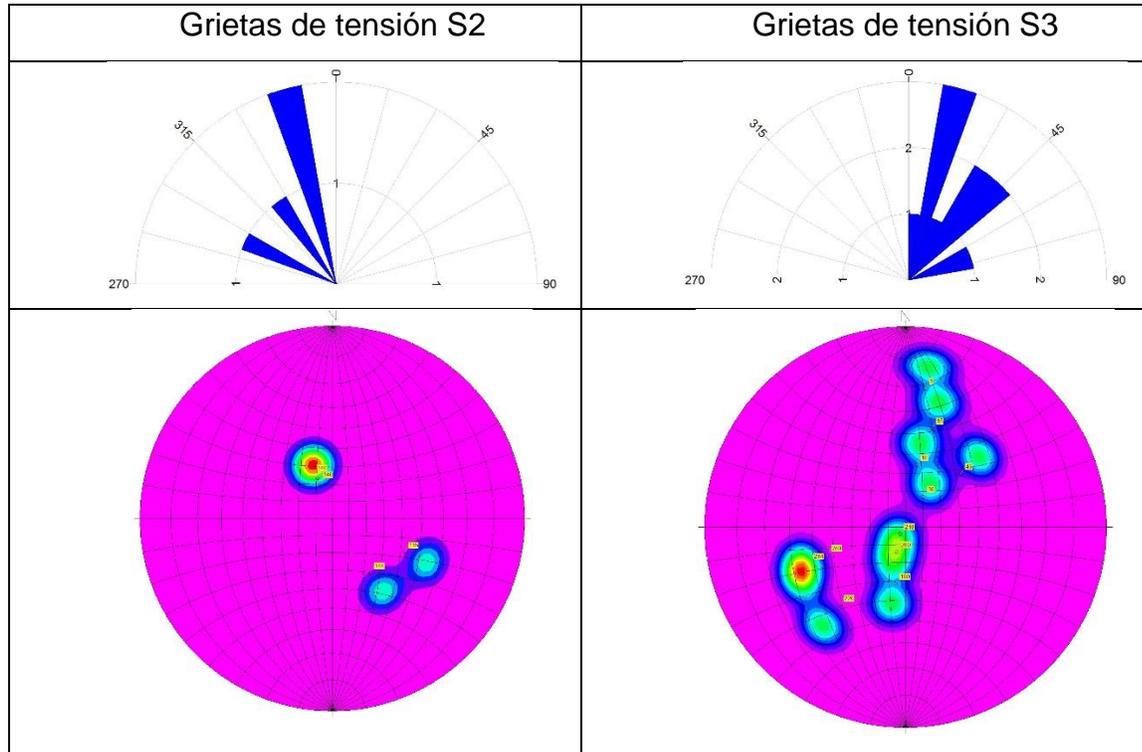
DTT= Dirección del transporte tectónico **NE al SW**

ϵ_1 = Deformación de compresión tensión **N035, N215**

ϵ_3 = Deformación de tensión **N125, N305**

Las grietas de tensión se evidencian 2 geometrías asociadas a eventos detallados anteriormente a los cuales parcialmente se le ha denominado S2 y S3 los que oscilan con orientaciones *NW* y *NE*, respectivamente las cuales son representadas por medio de diagramas de rosa y estereograma de Wulff que representan la orientación de su inclinación.

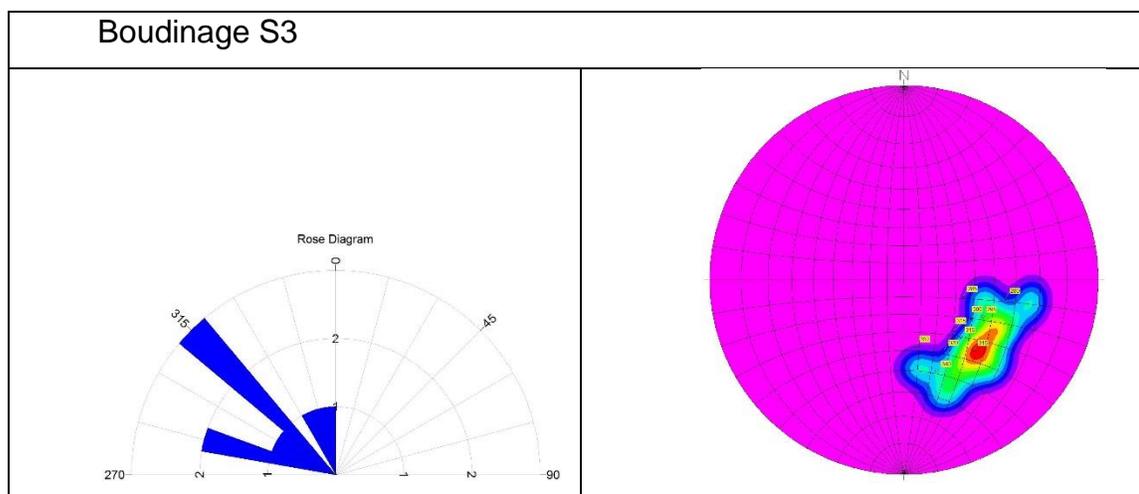
FIGURA 17
ORIENTACIÓN DE GRIETAS DE TENSION



Fuente: Investigación de campo, 2013.

Los boudinage son estructuras ductiles que únicamente se encontraron asociados con la geometría a la cual parcialmente se le ha denominado S3 los que oscilan con orientaciones de esfuerzo compresional a *NE* y esfuerzo tensional a *NW*, las cuales son representadas por medio de diagramas de rosa y estereograma de Wulff que representan la orientación de su inclinación.

FIGURA 18
ORIENTACIÓN DE BOUDINAGE

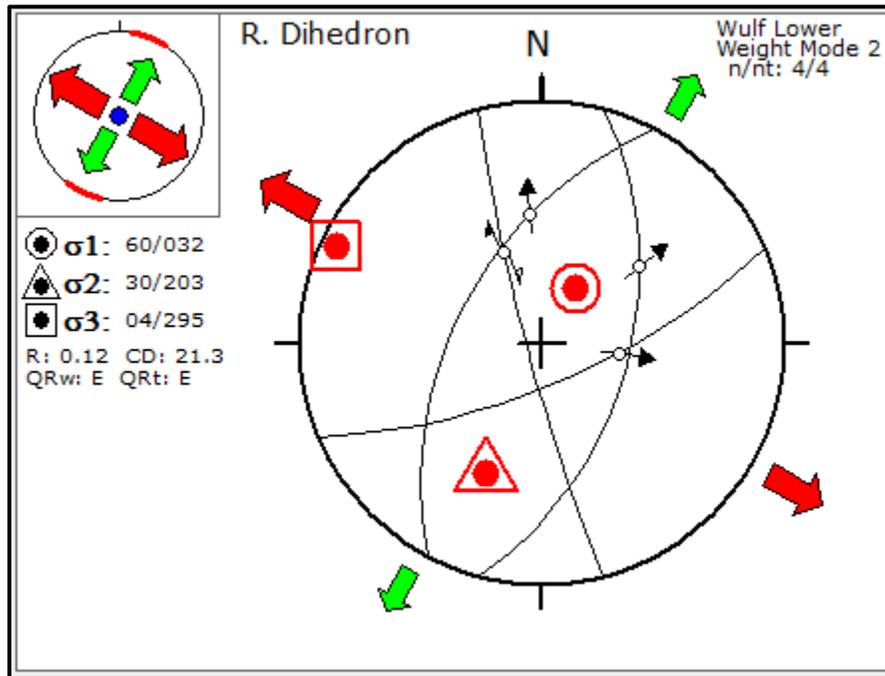


Fuente: Investigación de campo, 2013.

Las estructuras planares frágiles encontradas fueron fallas y fracturas y poseen una amplia distribución a través la unidad de Esquisto (Es), Mármol (Mrl) y Gneis (Gn). Cabe mencionar que todo el análisis estereográfico de fallas se realizó mediante el *Software Wintensor*, el cual genera un gráfico compuesto por 2 estereogramas, donde el más grande representa la distribución de las estructuras evaluadas y el pequeño la orientación de los esfuerzos principales, se representan como Sigma 1 (azul) Sigma 2 (verde) y Sigma 3 (rojo).

Geométrica y estadísticamente se observan un patrón bien definido que se agrupó como “familias de fallas normales F3” debido a su geometría con las estructuras S3 detalladas con anterioridad, el cual se desarrolla con un esfuerzo compresional (σ_1) a 60°/N032° y un esfuerzo tensional (σ_3) a 04/ N295°, la cual está relacionada geoméricamente con las foliaciones S3, ejes de pliegue S3, grietas de tensión S3 y boudinage S3

FIGURA 19
FALLAMIENTO NORMAL F3



Fuente: Investigación de campo, 2013.

Al igual que las fallas normales, se encontraron 2 patrones que geométrica y estadísticamente se agruparon como “familias de fallas dextrales” siendo el primer patrón observable el orientado N-S se le denominó “Fallas dextrales F2” y “Fallas normales F3” debido al comportamiento geométrico que presenta cada una de ellas.

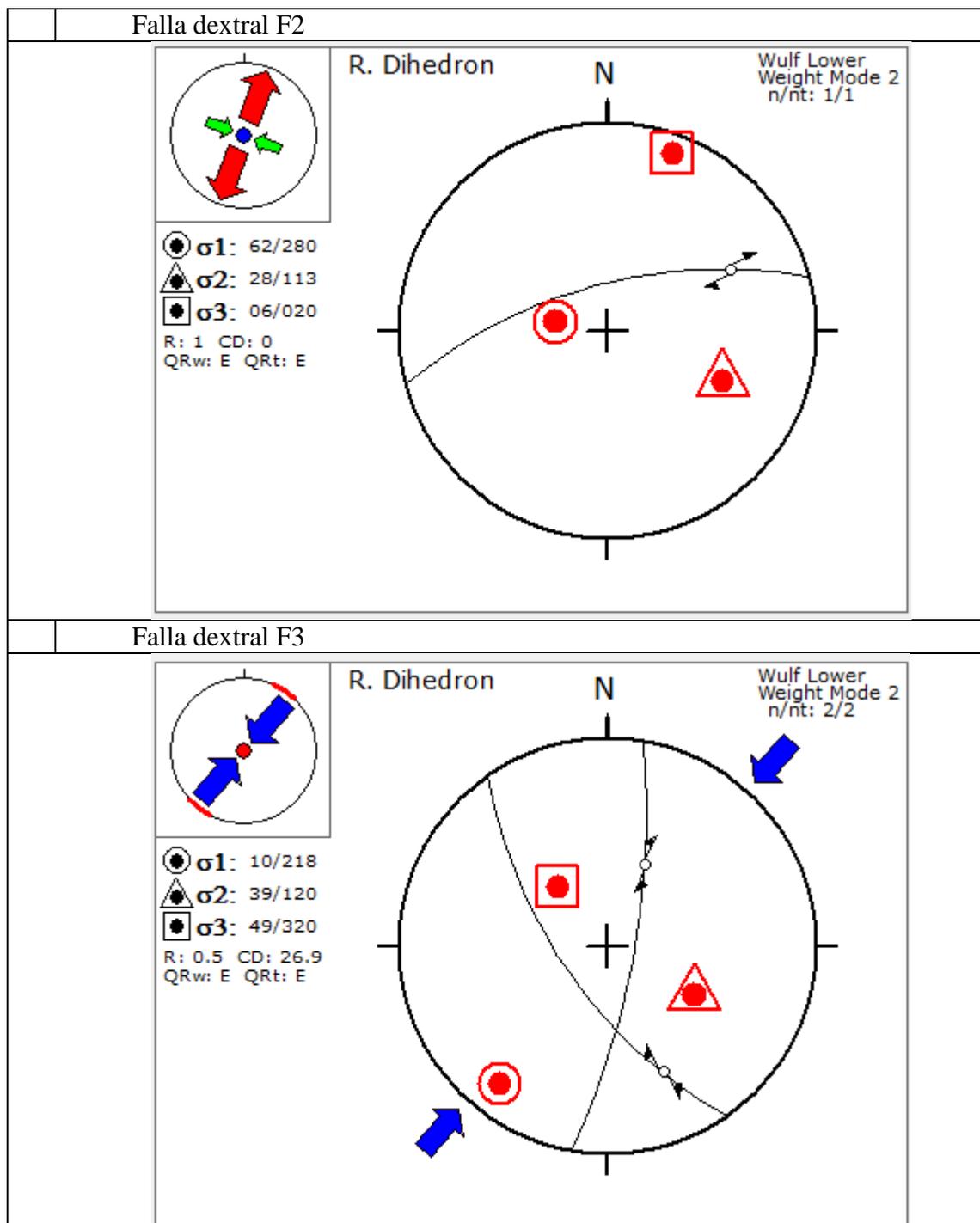
El fallamiento dextral “F2” (figura 20a) presenta esfuerzo compresional (σ_1) a $62^\circ/N280^\circ$ y un esfuerzo tensional (σ_3) a $06^\circ/N020^\circ$, la cual está relacionada geoméricamente con las foliaciones S2, ejes de pliegue S2, grietas de tensión S2 y fallamiento normal F2.

El fallamiento dextral “F3” (figura 20) presenta esfuerzo compresional (σ_1) a $10^\circ/N218^\circ$ y un esfuerzo tensional (σ_3) a $49^\circ/N320^\circ$, la cual está relacionada

geométricamente con las foliaciones S3, ejes de pliegue S3, grietas de tensión S3, boudinage S3 y el fallamiento normal F3.

FIGURA 20

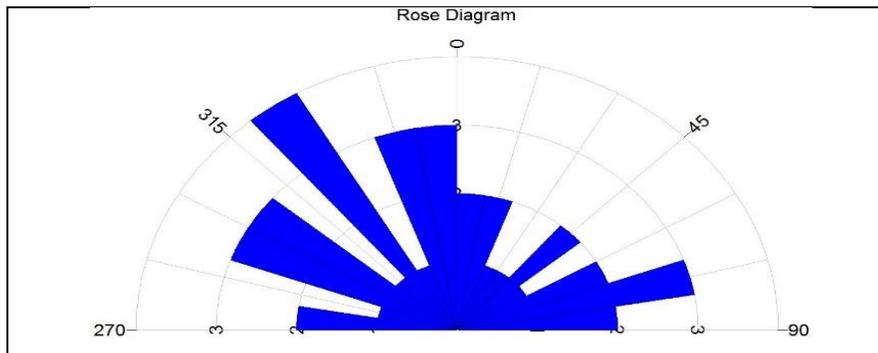
a) FALLAMIENTO DEXTRAL F2 Y b) FALLAMIENTO DEXTRAL F3



Fuente: Investigación de campo, 2013.

Las diaclasas son estructuras geológicas que afectan a todas de las unidades metamórficas identificadas en el área. Estas se analizaron por medio de un diagrama de rosa y se determinó que cuentan con una orientación preferencial N300°, N350° y N320° aproximadamente (figura 21)

**FIGURA 21
FRACTURAS**



Fuente: Investigación de Campo, 2013.

5.2.1 Modelos estructurales

En la elaboración del modelo estructural local, se formaron tres modelos parciales para contrastar las estructuras que son compatibles entre sí de forma geométrica, para lo cual se vincularon las estructuras correspondientes a los tres eventos de deformación general.

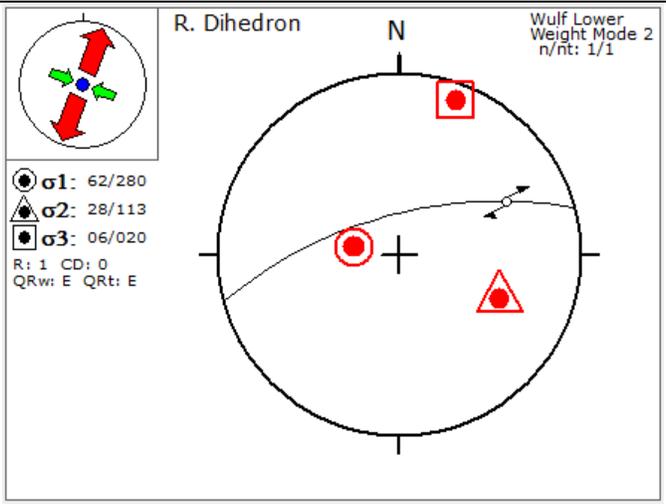
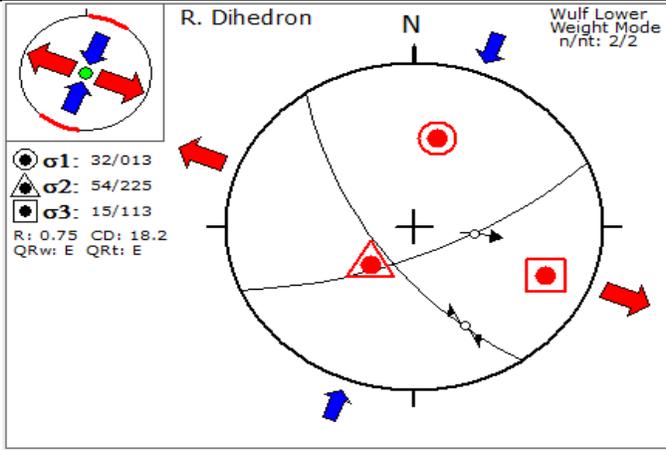
De estos tres eventos parciales se debe descartar al menos el primero (Deformación S1), debido a que la cantidad de estructuras asociadas es muy pobre, por lo que únicamente se detalla lo obtenido en los otros dos modelos estructurales.

La deformación S1 la cual se encuentra conformada por las estructuras S2 y F2 se encuentra evidencia compatible que pueda reforzar el posible paleo stress *NW-SE*, llegando a la conclusión de que

en el área de investigación geológica, con las evidencias que se poseen hasta el momento.

La deformación S2 la cual se encuentra conformada por las estructuras S3 y F3 se puede concretar que están asociadas a la cinemática actual, ya que se ve reflejada en dichas estructuras siendo esta del tipo sinistral con una compresión NE-SW.

TABLA 5
GEOMETRÍA DE ESFUERZOS EN ESTRUCTURAS DE DEFORMACIÓN FRÁGIL

Estructuras "F1"		
Estructuras	σ_1	σ_3
Fallas dextrales	N280 °	N020 °
		
Estructuras "F2"		
Estructuras	σ_1	σ_3
Fallas dextrales	N038 °	N320 °
Fallas normales	N032 °	N295 °
		

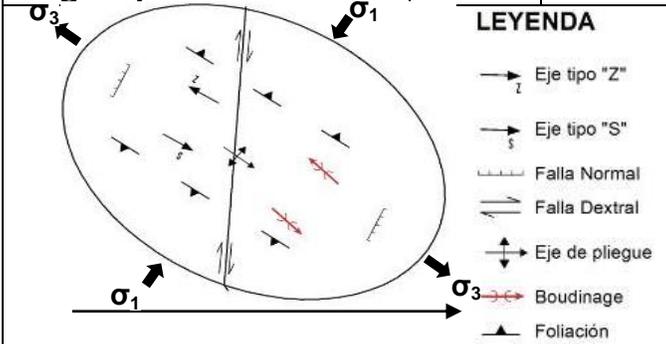
Fuente: Investigación de campo, 2013.

El modelo general de deformación local propuesto mediante el análisis geométrico y estadístico de las diversas estructuras corresponde a una cinemática de tipo sinestral, tomando en cuenta estructuras geológicas de deformación frágil, así como otras estructuras que son compatibles con el sistema (tabla 6),

Dicha elipse de deformación local cuenta con interacciones de estructuras geológicas como fallas normales, falla de rumbo dextral foliaciones en las unidades de esquisto, mármol y gneis, ejes de pliegue en las unidades de esquisto, mármol y gneis, boudinage los cuales se asocian mediante un esfuerzo compresional (Sigma 1) hacia N053° y un esfuerzo extensional (Sigma 3) N328°.

**TABLA 6
ELIPSE DE DEFORMACION LOCAL**

Estructuras	σ_1	σ_3
Fallas normales	N032°	N295°
Fallas dextrales	N038°	N320°
Boudinage	N045°	N315°
Foliación esquisto	N015°	N285°
Foliación de Gneis	N045°	N315°
Foliación de Mármol	N050°	N320°
Ejes de Pliegue tipo S	N032°	N295°
Ejes de Pliegue tipo Z	N038°	N315°
Ejes de Pliegue Esquisto	N035°	N305°
Ejes de pliegue Gneis	N040°	N310°
Ejes de pliegue Mármol	N040°	N310°
Grites de tensión	N015°	N285°
Ángulo promedio	N035°	N305°



LEYENDA

- Eje tipo "Z"
- Eje tipo "S"
- Falla Normal
- Falla Dextral
- ↕ Eje de pliegue
- Boudinage
- ▲ Foliación

Fuente: Investigación de campo, 2013.

CONCLUSIONES

Conclusión General

Se determinó la cinemática de los pliegues utilizando el método de Edward Hansen dando como resultado una deformación compresional *NE-SW*, y con ayuda de esto se logró definir la elipse de deformación local dando como resultado un movimiento sinistral.

Conclusiones Específicas

El cartografiado geológico realizado al noreste de Morazán a escala 1:25 000, evidencio la presencia de cinco unidades litológicas, siendo estas: Unidad de Gneis, Unidad de Esquistos, Unidad de Mármol, Unidad de Serpentinita y la Unidad de Coluvión.

Se determinaron dos unidades geomorfológicas en el lugar de estudio, siendo estas de origen denudacional y de origen antrópico denudacional, las cuales comprenden: colinas, lomas, crestas, escarpes y laderas las cuales son las más abundantes del área.

Con la adquisición de datos en el campo se logró determinar las deformaciones preliminares del área, las cuales se dividieron en S1, S2 Y S3 siendo esta ultima la cinemática actual del lugar, siendo esta del tipo sinistral con una compresión *NE-SW*.

Se obtuvieron en el área datos de pliegues tipo S y Z, distribuidos en las diferentes unidades, los mismos se utilizaron para aplicar el método de Hansen, dando como resultado una deformación compresional $\mathcal{E}_1=35/N310$, y una

Dirección de Transporte Tectónico *NE* a *SW*, concordando con las estructuras S3.

RECOMENDACIONES

Realizar un análisis geoquímico a las unidades del área de estudio, con el fin de correlacionarlas con la litología propuesta por diferentes autores para el grupo Chuacus, Grupo el Tambor y describir de una mejor manera la historia Geológica.

Es de gran importancia correlacionar los datos obtenidos con el método de Edward Hansen con otros métodos similares, con el objetivo de verificar datos y así tener una mejor precisión de los mismos e información del lugar.

Se recomienda realizar un mapeo a menor escala para diferenciar de una mejor manera la litología y mineralogía del lugar, ya que esta varía por la presión y temperatura en la que se forma, por lo que resulta necesario realizar un mapeo a una escala reducida para tener una mejor información del área.

BIBLIOGRAFIA

Chiquín Yoj, Mauricio (Comp.). *Geología del cuadrángulo El Progreso, Guatemala*. 2003. http://digi.usac.edu.gt/dvirtual/investigación_files/informes/puirna/inf-2002-022.pdf (14 de abril de 2 013)

----- *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala, Norte y Centro*. Centro Universitario del Norte- Universidad de San de Guatemala. Coban, Alta Verapaz, Guatemala: Dirección General de Investigación, 2 000.

Instituto Geográfico Nacional, -IGN- *Atlas Nacional de Guatemala*. Guatemala: IGN., 1 972.

Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación -MAGA-, *Mapa de Provincias fisiográficas de Guatemala*. Guatemala: MAGA., 2 001.

Moran Ical, Sergio David. *Mapeo geológico de superficie del cuadrángulo Granados, escala 1:50 000*, Guatemala. <http://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/puirna/INF-2000-009.pdf> (16 de abril de 2 013)

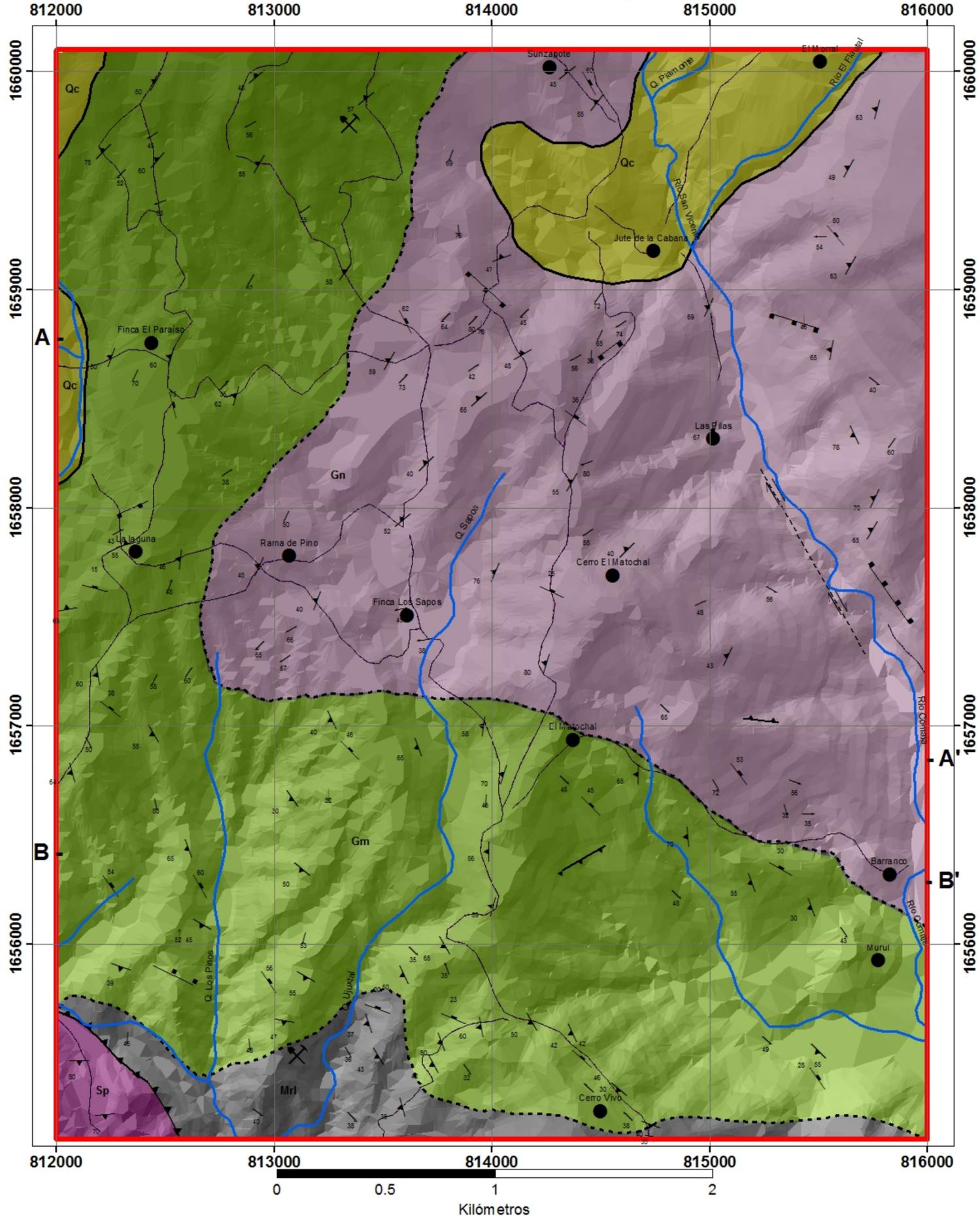


V.º B.º
[Handwritten signature]

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario



Mapa Geológico



Leyenda

- Qc Unidad de Coluvión
- Sp Unidad de Serpentina
- Mrl Unidad de Marmól
- Gm Unidad de Esquisto
- Gn Unidad de Gneis

Simbología

- Area
- Poblados
- Carreteras
- Ríos
- Cantera
- Foliación
- Fracturas
- Ejes de Pliegue
- Fallas Normales
- Fallas Inversas
- Falla Dextral
- Contacto Gradual
- Contacto Definido
- Contacto Fallado Inverso



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

GEOLOGIA DEL PROGRESO: Análisis cinemático de los pliegues, en un área de 20km² a escala 1:25 000, ubicada al norte del municipio de Morazán, El Progreso

Contiene: Mapa Geológico

Realizado por: Guillermo Espina, Kevin Dario

Escala:
1:25 000

Referencia Espacial:
WGS 84 UTM, Zona 15N.

ANEXO

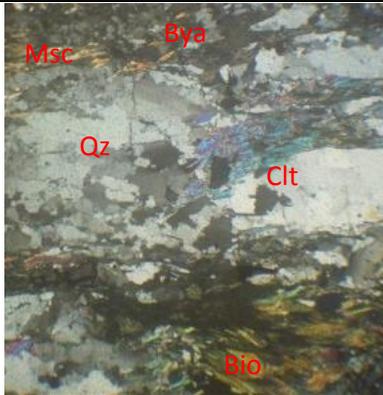
**ANEXO
DESCRIPCION PETROGRÁFICA**

DATOS GENERALES			
NO. DE MUESTRA: KGU-025			
FECHA:	Septiembre 2014	PROYECTO:	Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: Aldea Comaja, San Agustín Acasaguastlan	UTM (E) : 191579	UTM (N) 1655876	UTM ZONA: 16
LOCALIDAD:	Parte norte del área de estudio		
HOJA TOPO/GEO: Topográfica 2260-IV	NOMBRE: San Agustín Acasaguastlán	SERIE: Segunda Edición -ING-	ESCALA: 1: 50,000

TIPO DE ROCA: Metamórfica
UNIDAD LITODEMICA: Gneis
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural, mineralógica.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO
DISPOSICIÓN: Roca Masiva
LITOLOGÍA: Gneis
ESTRUCTURAS: Se observan foliaciones en dirección NW.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: Moderada	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Cuarzo, feldespato y micas	
TEXTURA: Granular	
COLOR: Negra	

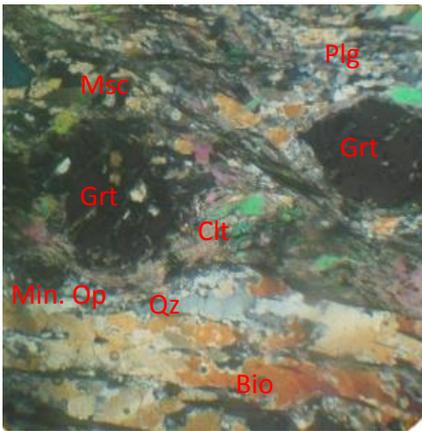
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
MINERALES:	Cuarzo (Qz)	30%	
	Biotita (Bio)	8%	
	Feldespato (Fd)	22%	
	Bytownita (Bya)	10%	
	Moscovita (Msc)	12%	
	Clorita (Clt)	3%	
TEXTURAS: Granoblástica			
NOMBRE DE LA ROCA: Gneis con cuarzo y feldespato			

DATOS GENERALES			
NO. DE MUESTRA: KGU-012			
FECHA:	Septiembre 2014	PROYECTO:	Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: Aldea el Paraiso, Morazan	UTM (E) : 812300	UTM (N) 1657457	UTM ZONA: 16
LOCALIDAD:	Parte central del área de estudio		
HOJA TOPO/GEO: Topográfica 2260-IV	NOMBRE: San Agustín Acasaguastlán	SERIE: Segunda Edición -ING-	ESCALA: 1: 50,000

TIPO DE ROCA: Metamórfica
NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto moscovítico con granates.
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural, mineralógica.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO
DISPOSICIÓN: Roca Foliada
LITOLOGÍA: Esquisto
ESTRUCTURAS: Se observan foliaciones en dirección Sur Oeste, el afloramiento presenta fracturas y boudines.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: Moderada	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Granates y micas	
TEXTURA: Laminar	
COLOR: Amarillenta	

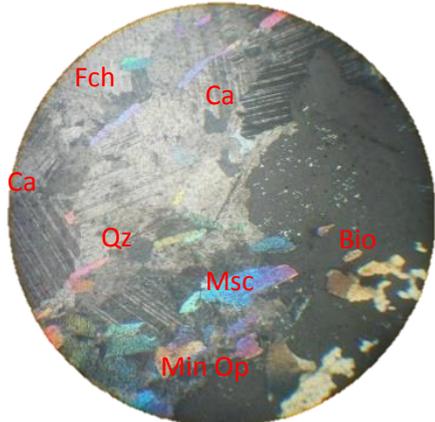
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
MINERALES	Clorita (Clt)	10%	
	Cuarzo (Qz)	25%	
	Moscovita (Msc)	20%	
	Granate (Grt)	15%	
	Plagioclasa (Plg)	10%	
	Mins. Opacos (Min. Op)	10%	
	Biotita (Bio)	10%	
TEXTURAS: Lepidoblástica			
NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto con muscovita y granates			

DATOS GENERALES			
NO. DE MUESTRA: KGU-008			
FECHA:	Septiembre 2014	PROYECTO:	Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: Aldea Comaja, San Agustín Acasaguastlan	UTM (E) : 813478	UTM (N) 1655712	UTM ZONA: 16
LOCALIDAD:	Parte norte del área de estudio		
HOJA TOPO/GEO: Topográfica 2260-IV	NOMBRE: San Agustín Acasaguastlán	SERIE: Segunda Edición -ING-	ESCALA: 1: 50,000

TIPO DE ROCA: Metamórfica
NOMBRE DE LA ROCA: Mármol
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural, mineralógica, uso de HCl.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO
DISPOSICIÓN: Granular
LITOLÓGÍA: Marmol
ESTRUCTURAS: Se observan foliaciones e interestratificación con esquistos

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: Moderada	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Calcita y micas	
TEXTURA: Granular	
COLOR: Blanca, Rosa y negra.	

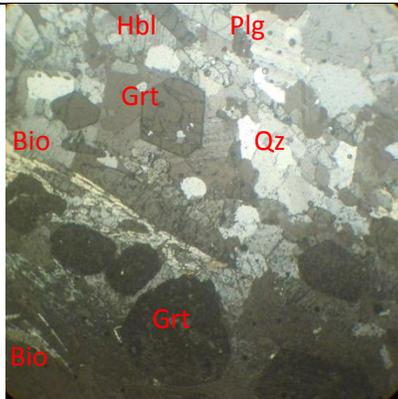
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
MINERALES	Calcita (Ca)	45%	
	Cuarzo (Qz)	5%	
	Moscovita (Msc)	5%	
	Fucsita (Fch)	20%	
	Mins. Opacos (Min. Op)	10%	
	Biotita (Bio)	5%	
TEXTURAS: Granoblastica			
NOMBRE DE LA ROCA: Marmol			

DATOS GENERALES			
NO. DE MUESTRA: KGU-015			
FECHA:	Septiembre 2014	PROYECTO:	Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: Aldea Comaja, San Agustín Acasaguastlan	UTM (E) : 813878	UTM (N) 16575406	UTM ZONA: 16
LOCALIDAD:	Parte norte del área de estudio		
HOJA TOPO/GEO: Topográfica 2260-IV	NOMBRE: San Agustín Acasaguastlán	SERIE: Segunda Edición -ING-	ESCALA: 1: 50,000

TIPO DE ROCA: Metamórfica
NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Granatífero
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural, mineralógica.

DESCRIPCIÓN DEL AFLORAMIENTO
DISPOSICIÓN: Roca con granates
LITOLOGÍA: Gneis
ESTRUCTURAS: Se observan foliaciones y fracturamiento.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: Moderada	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Granates Horblenda	
TEXTURA: Granular	
COLOR: Cafe	

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
MINERALES	Biotita (Bio)	15%	
	Cuarzo (Qz)	15%	
	Moscovita (Msc)	5%	
	Granate (Grt)	35%	
	Plagioclasa (Plg)	15%	
	Horblenda (Hbl)	15%	
TEXTURAS: Inequigranular, poiquiloblastica			
NOMBRE DE LA ROCA: Gneis con cuarzo y granates			

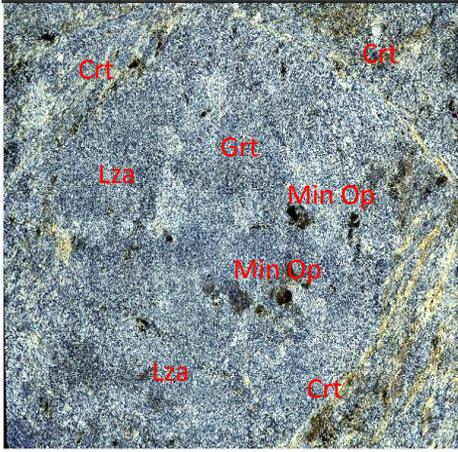
DATOS GENERALES			
NO. DE MUESTRA: KGU-008			
FECHA:	Septiembre 2014	PROYECTO:	Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: Aldea Matochal, San Agustín Acasaguastlan	UTM (E) : 1655500	UTM (N) 813450	UTM ZONA: 16
LOCALIDAD:	Parte norte del área de estudio		
HOJA TOPO/GEO: Topográfica 2260-IV	NOMBRE: San Agustín Acasaguastlán	SERIE: Segunda Edición -ING-	ESCALA: 1: 50,000

TIPO DE ROCA: Metamórfica
NOMBRE DE LA ROCA: Serpentinita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural, mineralógica.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO
DISPOSICIÓN: Roca Fracturada
LITOLÓGIA: Serpentinita
ESTRUCTURAS: Se observan fracturas y fallas en el lugar.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: Moderada	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
TEXTURA:	
COLOR: verdosa	

DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA		
MINERALES	Lizardita (Lza)	45%
	Crisotilo (Crt)	40%
		%
		%
	Mins. Opacos (Min. Op)	15%
TEXTURAS: Pseudomorfica		
NOMBRE DE LA ROCA:		
Serpentinita		



DATOS GENERALES			
NO. DE MUESTRA: KGU-008			
FECHA:	Septiembre 2014	PROYECTO:	Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: Aldea Comaja, San Agustín Acasaguastlan	UTM (E) : 191579	UTM (N) 1655876	UTM ZONA: 16
LOCALIDAD:	Parte norte del área de estudio		
HOJA TOPO/GEO: Topográfica 2260-IV	NOMBRE: San Agustín Acasaguastlán	SERIE: Segunda Edición -ING-	ESCALA: 1: 50,000

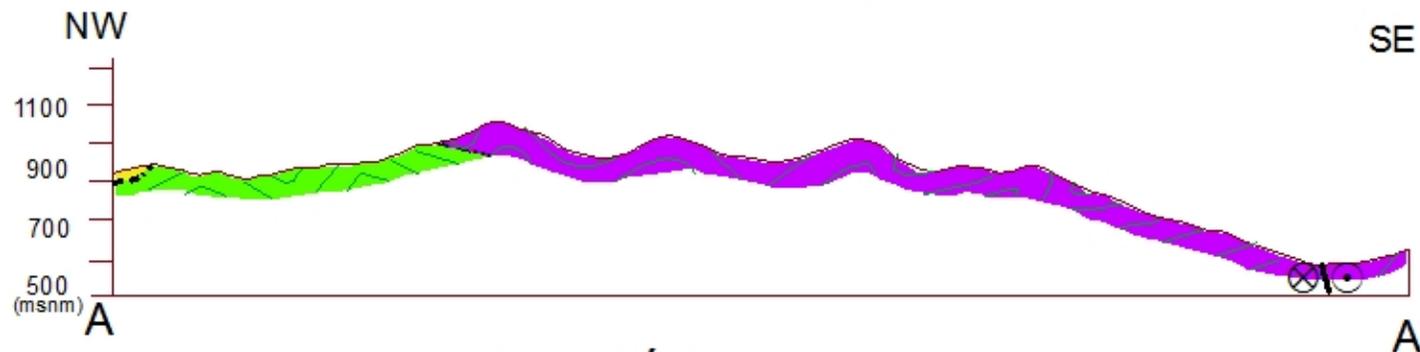
TIPO DE ROCA: Metamórfica
NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto moscovítico con granates.
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Textural, mineralógica.

DESCRIPCION DEL AFLORAMIENTO
DISPOSICIÓN: Roca Foliada
LITOLOGÍA: Esquisto
ESTRUCTURAS: Se observan foliaciones en dirección Sur Oeste, el afloramiento presenta fracturas y boudines.

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: Moderada	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Granates y micas	
TEXTURA: Laminar	
COLOR: Amarillenta	

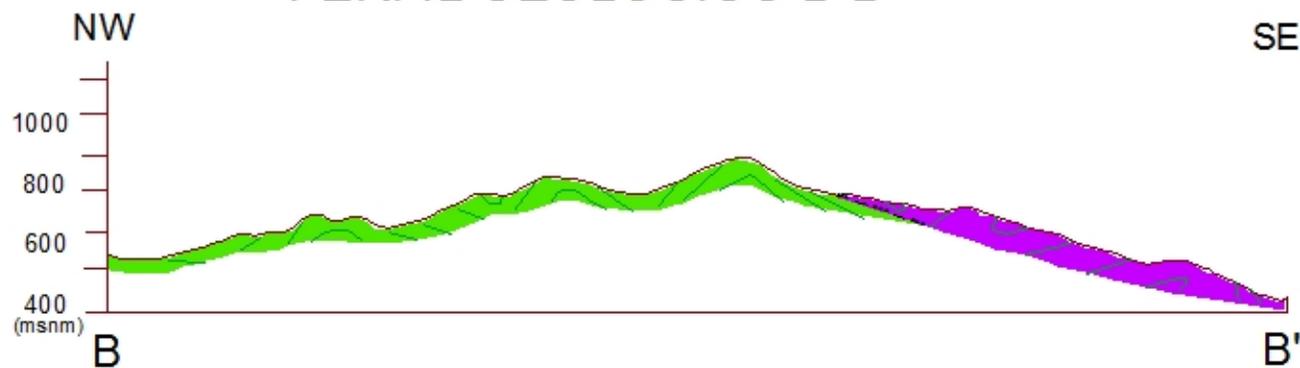
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA			
MINERALES	Clorita (Clt)	10%	
	Cuarzo (Qz)	15%	
	Moscovita (Msc)	25%	
	Granate (Grt)	5%	
	Plagioclasa (Plg)	15%	
	Mins. Opacos (Min. Op)	15%	
	Biotita (Bio)	15%	
TEXTURAS: Lepidoblástica			
NOMBRE DE LA ROCA: Esquisto			

PERFIL GEOLÓGICO A-A'



- ⊗ ⊙ Falla Dextral
- Plegamiento
- Plano de falla
- - - - Contacto discordante
- ····· Contacto gradual
- Topografía

PERFIL GEOLÓGICO B-B'

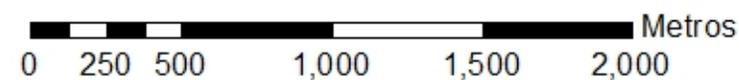


- Unidad de Aluvión
- Unidad de Esquisto
- Unidad de Gneis

Litología

Unidades

- Unidad de Esquisto
- Unidad de Gneis



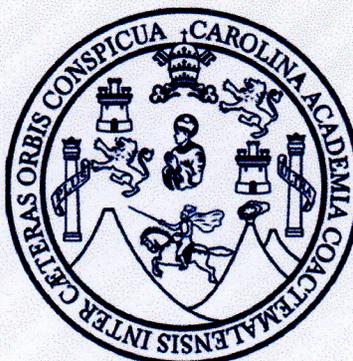
LEYENDA

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE CARRERA DE GEOLOGÍA TRABAJO FINAL DE CAMPO		
LA GEOLOGÍA DE EL PROGRESO: Análisis cinemático de los pliegues, en un área de 20 km ² a escala 1:25,000 ubicada al noroeste del municipio de Morazán, El Progreso.		
ANEXO II PERFILES GEOLÓGICOS		
KEVIN DARÍO GUILLERMO ESPINA		
ASESOR: ING. GEOL. SERGIO D. MORÁNICAL	REFERENCIA ESPACIAL WGS 84 ZONA 15	ANEXO II

No. 003-2017

**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:

TRABAJO FINAL DE CAMPO

GEOLOGIA DE EL PROGRESO: Análisis cinemático de los pliegues, en un área de 20 km² a escala 1:25 000, ubicada al noreste del municipio de Morazán.

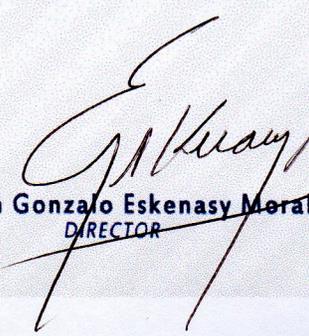
Presentado por el (la) estudiante:

KEVIN DARIO GUILLERMO ESPINA

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 20 de Enero de 2017.


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

