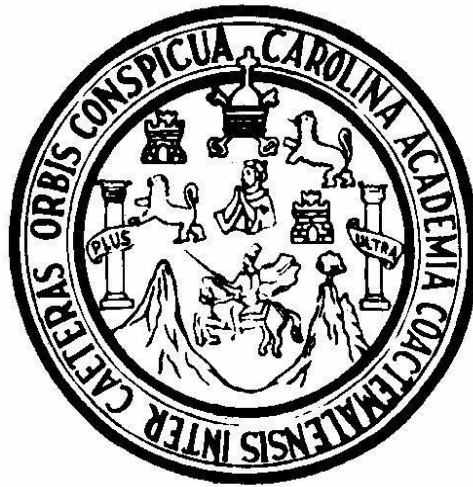


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE  
CARRERA DE GEOLOGÍA**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**



**TRABAJO FINAL DE CAMPO:  
GEOLOGÍA EN ZACAPA: ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS  
UNIDADES LITODÉMICAS EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS  
EL ZAPOTE Y EL JUTE, EN EL MUNICIPIO DE GUALÁN**

**PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ**

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2 015**

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

**TRABAJO DE GRADUACIÓN**

**TRABAJO FINAL DE CAMPO**

**GEOLOGÍA EN ZACAPA: ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS  
UNIDADES LITODÉMICAS EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS  
EL ZAPOTE Y EL JUTE, EN EL MUNICIPIO DE GUALÁN**

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

**POR**

**PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ  
CARNÉ: 200540061**

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

**COBÁN, ALTA VERAPAZ, AGOSTO DE 2 015**

## **AUTORIDADES UNIVERSITARIAS**

### **RECTOR MAGNÍFICO**

Dr. Carlos Alvarado Cerezo

### **CONSEJO DIRECTIVO**

PRESIDENTE	Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovani Macz Choc
SECRETARIO	Licda. Floricelda Chiquín Yoj
REPRESENTANTE DOCENTE	Ing. Geol. César Fernando Monterroso Rey
REPRESENTANTE EGRESADOS	Ing. Agr. Julio Oswaldo Méndez Morales
REPRESENTANTES ESTUDIANTILES	Br. Fredy Enrique Gereda Milián PEM. César Oswaldo Bol Cú

### **COORDINADOR ACADÉMICO**

Lic. Zoot. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales

### **COORDINADOR DE LA CARRERA**

Ing.Geol. Sergio David Morán Ical

### **COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

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

### **REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO**

Ing. Civil Msc. Julio Enrique Reynosa

### **REVISOR TRABAJOS DE GRADUACIÓN**

Ing. Geol. Luis Gustavo Chiquín Marroquín

### **ASESOR**

Ing. Geol. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-257/2014  
16 de septiembre de 2014

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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [geologiausac@gmail.com](mailto:geologiausac@gmail.com)

Señores  
Comisión Trabajos de Graduación  
Nivel Técnico, Carrera Geología  
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel técnico, del estudiante **PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ**, carné No. **200540061**, titulado: **“LA GEOLOGÍA EN ZACAPA: ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS UNIDADES LITODÉMICAS EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS EL ZAPOTE Y EL JUTE, EN EL MUNICIPIO DE GUALÁN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

A handwritten signature in dark ink, appearing to read 'S. D. Moran Icaal'.

Ing. Geol. Sergio David Moran Icaal  
Docente Asesor  
Carrera Geología  
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-259/2014  
18 de septiembre de 2014

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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [geologiausac@gmail.com](mailto:geologiausac@gmail.com)

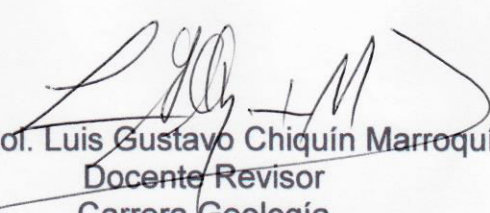
Señores  
Comisión Trabajos de Graduación  
Nivel Técnico, Carrera Geología  
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel técnico, del estudiante **PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ**, carné No. **200540061**, titulado: **“LA GEOLOGÍA EN ZACAPA: ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS UNIDADES LITODÉMICAS EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS EL ZAPOTE Y EL JUTE, EN EL MUNICIPIO DE GUALÁN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

**“ID Y ENSEÑAD A TODOS”**

  
Ing. Geol. Luis Gustavo Chiquín Marroquín  
Docente Revisor  
Carrera Geología  
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-245/2015  
31 de julio de 2015

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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz  
Telefax: 7952-1064 y 7956-6600 Ext. 209  
Guatemala, C. A.  
E-mail: [geologiausac@gmail.com](mailto: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: **“LA GEOLOGÍA EN ZACAPA: ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS UNIDADES LITODÉMICAS EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS EL ZAPOTE Y EL JUTE, EN EL MUNICIPIO DE GUALÁN”**, del estudiante **PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ**, carné No. **200540061**, 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. Civil Julio Enrique Reynosa Mejía  
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 ZACAPA: ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS UNIDADES LITODÉMICAS EN LOS ALREDEDORES DE LAS ALDEAS EL ZAPOTE Y EL JUTE, EN EL MUNICIPIO DE GUALÁN, COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE TÉCNICO EN GEOLOGÍA.**



Pablo Gabriel Sandoval Pérez  
200540061

## **RESPONSABILIDAD**

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

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



## **AGRADECIMIENTOS**

A:

Mis padres Gabriel Sandoval y Evelyn Pérez, por su apoyo y paciencia incondicional durante todo este tiempo y guiarme siempre por el buen camino.

Mis hermanas Maribel y Sofía Sandoval por su apoyo en todo momento.

Mi abuelo Licho y mi Abuelita Chus, por sus sabias palabras, consejos y paciencia.

Los catedráticos de la Carrera de Geología por su asesoría y apoyo durante la realización de este trabajo.

Mis amigos Zoser, Pablo, Kesho, Ruano y Conrado por estar siempre en los momentos alegres y difíciles, durante toda esta etapa y echarme la mano en todo momento.

La Familia Hidalgo de León, por brindarme su apoyo y recibirme en su casa en todo momento.

Mis compañeros de clases del 2014, por estar presentes en todo momento durante estos últimos años.

Y finalmente a mi abuelita María Isabel Guzmán Rojas ( † ), a quien dedico el siguiente trabajo de graduación, quien fue una persona que me brindo mucho de su tiempo, paciencia y consejos para que pudiera salir adelante en la vida.

## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
BIBLIOGRAFÍA	iv
ÍNDICE DE MAPAS	iv
ÍNDICE DE TABLAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	v
ÍNDICE DE IMÁGENES	vi
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

### CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1 El problema	3
1.2 Planteamiento del problema	4
1.3 Objetivos	5
1.3.1 General	5
1.3.2 Específicos	5

### CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 Localización y extensión del área	7
2.2 Geología regional	8
2.2.1 Estratigrafía	8
a. Estratigrafía del Paleozoico	8
b. Estratigrafía del Cenozoico	9
c. Columna estratigráfica regional	10
2.2.2 Tectónica	11
a. Falla del Motagua	11
b. Falla Jalpatagua	12
c. Mapa tectónico regional	14
2.2.3 Geomorfología	15
a. Meteorización	15
b. Suelos	15
c. Erosión	16
d. Mapa fisiográfico regional	16

### **CAPÍTULO 3**

#### **DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS**

3.1	Marco metodológico	19
3.1.1	Etapa de recopilación y análisis bibliográfico	19
3.1.2	Etapa de trabajo de campo	19
3.1.3	Etapa de trabajo de laboratorio	20
3.1.4	Etapa de gabinete	21

### **CAPÍTULO 4**

#### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

4.1	Unidades lito-estratigráficas	24
4.1.1	Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático	24
4.1.2	Unidad de Esquisto Micáceo	42
4.1.3	Unidad de Granito	47
	a. Diques de Granito	48
4.1.4	Unidad de Depósitos Pomáceos	55
4.1.5	Unidad de Aluvión	56
4.1.6	Columna lito-estratigráfica local	58
4.2	Geología estructural local	59
4.2.1	Lineamientos	59
4.2.2	Foliación	61
	a. Foliación sector 1	62
	b. Foliación sector 2	63
4.2.3	Pliegues	65
	a. Pliegues "M" y "W"	66
	b. <i>Boudines</i>	68
	c. Plano axial	69
4.2.4	Fracturas	70
4.2.5	Grietas de tensión	71
	a. Grietas de tensión sector 1	72
	b. Grietas de tensión sector 2	73
	c. Grietas de tensión sector 3	74
	d. Grietas de tensión sector 4	74
4.2.6	Fallas	75
	a. Fallas normales	76
	b. Fallas inversas	79
	1) Estructura en flor positiva	81
4.2.7	Modelo tridimensional local	84

4.3 Geomorfología local	87
4.3.1 Unidades de origen denudacional	87
a. Subunidad de colinas	87
b. Subunidad de escarpe	88
c. Subunidad de ladera media de transporte	89
d. Patrón de drenaje	90
1) Surgencias	92
e. Erosión	93
1) Cárcavas	93
2) Planicie aluvial	94
f. Movimiento de ladera	95
1) Movimiento rotacional	95
2) Reptación	96
4.3.2 Unidades de origen agradacional	97
a. Subunidad de ladera coluvial	97
b. Subunidad de aluviones	100
4.3.3 Mapa geomorfológico local	103
a. Relieve	103
b. Pendiente	105

## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

5.1 Características petrográficas en las unidades litodémicas	109
5.2 Historia geológica local y relieve actual	115

CONCLUSIONES	121
RECOMENDACIONES	123
BIBLIOGRAFÍA	125

## **ANEXOS**

Anexo		
I	Mapa geológico	131
II	Perfil geológico A-A'	133
III	Perfil geológico B-B'	133
IV	Análisis petrográfico	135
IV.I	Rocas metamórficas	135
IV.I.I	Análisis en muestra PGZ-03	135
IV.I.II	Análisis en muestra PGZ-18	137
IV.I.III	Análisis en muestra PGZ-20	139
IV.I.IV	Análisis en muestra PGZ-26	141

IV.I.V	Análisis en muestra PGZ-27	143
IV.I.VI	Análisis en muestra PGZ-28	145
IV.II	Rocas ígneas	147
IV.II.I	Análisis en muestra PGZ-05	147
IV.II.II	Análisis en muestra PGZ-09	150
IV.II.III	Análisis en muestra PGZ-10	153
IV.II.IV	Análisis en muestra PGZ-12	156
IV.II.V	Análisis en muestra PGZ-17	159
V	Mapa de ubicación de muestras	163
VI	Mapa de sectorización de estructuras	165
VII	Mapa geomorfológico	167

### ÍNDICE DE MAPAS

Mapa		
1	Topografía del área a escala 1:50 000	8
2	Tectónico esquemático de Guatemala	14
3	Regiones fisiográficas de Guatemala	17
4	Lineamientos	60
5	Redes de drenajes	91
6	Elevación digital del área	104
7	Pendientes del área	106

### ÍNDICE DE TABLAS

Tabla		
1	Coordenadas UTM del área de estudio	6
2	Porcentaje de minerales en sección PGZL-01	26
3	Porcentaje de minerales en sección PGZL-09	29
4	Porcentaje de minerales en sección PGZL-08	32
5	Porcentaje de minerales en sección PGZL-07	35
6	Porcentaje de minerales en sección PGZL-10	38
7	Porcentaje de minerales en sección PGZL-11	40
8	Porcentaje de minerales muestra triturada PGZLT-01	43
9	Porcentaje de minerales en sección PGZL-02	49
10	Familias de fracturas y dirección preferencial	70
11	Base de datos fallas normales	76
12	Base de datos fallas inversas	79
13	Estructuras para modelo de tridimensional I	84
14	Estructuras para modelo tridimensional II	84
15	Clasificación del relieve en base a los intervalos de alturas	103
16	Clasificación de pendientes en base a los intervalos de alturas	105
17	Correlación entre zonas de Barrow	112

18	Asociaciones minerales en metabasitas y metapelitas	112
19	Clasificación del relieve en base a los intervalos de alturas	119
20	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-03	135
21	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-18	137
22	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-20	139
23	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-26	141
24	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-27	143
25	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-28	145
26	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-05	147
27	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-09	150
28	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-10	153
29	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-12	156
30	Descripción macroscópica y microscópica en muestra PGZ-17	159

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura		
1	Columna estratigráfica generalizada del Bloque	10
2	Chortís Elipse de deformación para movimiento sinestral	12
3	Elipse de deformación para movimiento dextral	13
4	Columna litoestratigráfica generalizada local	58
5	Diagrama de rosas de lineamientos	61
6	Estereograma que incluye los polos de la foliación del sector 1	63
7	Estereograma que incluye los polos de la foliación del sector 2	64
8	Estereograma que incluye las líneas de los ejes de pliegue	66
9	Estereograma que incluye las líneas los pliegues "M" y "W"	67
10	Estereograma en donde se incluyen los ejes de los boudines	69
11	Diagrama de rosas que incluye los datos obtenidos del plano axial	70
12	Diagrama de rosas que muestra el patrón de fracturamiento	71
13	Estereograma de grietas de tensión sector 1	73
14	Estereograma de grietas de tensión sector 2	73
15	Estereograma de grietas de tensión sector 3	74
16	Estereograma de grietas de tensión sector 4	75
17	Estereogramas de sistemas de fallas conjugadas normales	77
18	Estereogramas de sistemas de fallas conjugadas inversas	80
19	Abanicos imbricados, dúplex extensional y compresional	81
20	Modelo de estructura en flor positiva	82
21	Modelo tridimensional para fallas conjugadas normales	86
22	Modelo tridimensional para fallas conjugadas inversas	86
23	Modelo de P y T para facies y series de facies metamórficas	114
24	Modelo tridimensional para fallas conjugadas normales	116
25	Modelo tridimensional para fallas conjugadas inversas	117

26	Abanicos imbricados, dúplex extensional y compresional	118
27	Diagrama QAPF de Streckeisen en muestra PGZ-05	148
28	Diagrama QAPF de Streckeisen en muestra PGZ-09	151
29	Diagrama QAPF de Streckeisen en muestra PGZ-10	154
30	Diagrama QAPF de Streckeisen en muestra PGZ-12	157
31	Diagrama QAPF de Streckeisen en muestra PGZ-17	160

## INDICE DE FOTOGRAFÍAS

### Fotografía

1	Afloramientos de gneis	25
2	Sección delgada PGZL-01	27
3	Sección delgada PGZL-09	30
4	Afloramientos de Gneis y Diques de Granito	31
5	Sección delgada PGZL-08	33
6	Sección delgada PGZL-07	36
7	Afloramientos Gneis y Anfibolita	37
8	Sección delgada PGZL-10	39
9	Sección delgada PGZL-11	41
10	Afloramientos ubicados en cercanías de aldea el Zapote	43
11	Afloramientos ubicados en carretera hacia aldea los Jutes	45
12	Afloramientos ubicados en cercanías de caserío el Volcán	46
13	Afloramientos ubicados en cercanías del río el Zapote	47
14	Sección delgada PGZL-02	50
15	Sección delgada PGZL-03	51
16	Sección delgada PGZL-04	52
17	Sección delgada PGZL-05	53
18	Sección delgada PGZL-06	54
19	Depósitos pomáceos ubicados en caserío los Limones	56
20	Aluvión en los alrededores del caserío Los Limones	57
21	Foliación en afloramientos del sector 1	62
22	Foliación en afloramientos del sector 2	64
23	Pliegues	65
24	Pliegues "M" y "W"	67
25	Boudines	68
26	Grietas de tensión	72
27	Estructura en flor positiva en unidad de depósitos pomáceos	83
28	Subunidad de escarpe	88
29	Subunidad de ladera media de transporte	89
30	Subunidad de ladera media de transporte	90
31	Surgencias	92
32	Erosión de cárcavas	93
33	Planicie aluvial	94
34	Movimiento rotacional	96

35	Movimiento de reptación	97
36	Subunidad de ladera coluvial	98
37	Subunidad de ladera coluvial	98
38	Subunidad de ladera coluvial	99
39	Subunidad de ladera coluvial	99
40	Subunidad de aluviones	101
41	Subunidad de aluviones	101
42	Subunidad de aluviones	102
43	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-03	136
44	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-18	138
45	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-20	140
46	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-26	142
47	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-27	144
48	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-28	146
49	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-05	149
50	Características petrográficas en muestra PGZ-09	152
51	Afloramiento y sección delgada de muestra PGZ-10	155
52	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-12	158
53	Afloramiento y características petrográficas en muestra PGZ-17	161





## RESUMEN

La zona donde realizó el estudio, está localizada al sur del río Motagua y al sureste del municipio de Gualán, Zacapa, de 20 km<sup>2</sup>, el objetivo principal consistió en un mapeo geológico a escala 1:25 0000, que detalla la geología, las estructuras geológicas y la geomorfología, siendo estas evaluadas a un nivel local.

Geológicamente en el área se identificaron tres unidades litodémicas, que de acuerdo a sus características petrográficas son: Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático (Gn), Unidad de Esquistos Micáceos (Es) y Unidad de Granito (Gr), las cuales se infiere que pertenezcan al complejo Las Ovejas. A la vez se identificaron dos unidades lito-estratigráficas, según sus características físicas se les nombró como: Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp) y Unidad de Aluvión (Qa).

Petrográficamente las unidades litodémicas, se componen principalmente de gneises ricos en cuarzo, feldespatos y cierto contenido de silimanita que nos indica el medio donde se originó la roca. Los esquistos se encuentran ricos en micas y anfíboles y bajo contenido de granate. Los llamados granitoides o granitos deformados, conservan ciertas texturas ígneas pertenecientes a los granitos, pese al leve grado de deformación. Estas unidades están expuestas con rocas metaígneas como la diorita y el gabro, que intruyen paralelamente a la foliación, una de las características del Complejo Las Ovejas.

El metamorfismo regional que ocurre en este complejo es de alto grado, así también, ocurre migmatización y plutonismo. Según la asociación de mineral obtenida, se dice que pertenece a una serie de facies Barroviana, de media presión y temperatura media-alta, denominada también de tipo distena-silimanita.

La sucesión de facies indica que las rocas surgieron en un ambiente poco profundo, de un sistema dúctil y con un gradiente geotérmico aparente entre 20°C/km -40°C/km.

Entre la geología estructural local, según los esfuerzos principales de compresión (Sigma 1) y distensión (Sigma 3), las estructuras se asocian a modelos para fallas normales e inversas, de sistemas frágiles y dúctiles, muy comunes en márgenes transformantes.

El régimen tectónico a lo largo de márgenes transformantes varía de transpresión a transtensión. Las estructuras en flor positiva, son de las estructuras más notables en el área, originadas por deformación no planar, que responden a un caso de dúplex compresional. En estas estructuras, las fallas secundarias que ocupan el dúplex, tienen un comportamiento mixto, transcurrente-inverso, que genera compresión en la zona interior, la somete a levantamiento y modifica la morfología de la región, creando unidades de origen denudacional y agradacional, son estas unidades bastantes comunes en zonas de fallas transformantes.

## INTRODUCCIÓN

En los alrededores de las aldeas el Zapote y los Jutes, y los caseríos El Volcán y Los Limones del municipio de Gualán, departamento de Zacapa, se realizó el cartografiado, en un área de 20 km<sup>2</sup>, que consistió principalmente de un mapeo geológico, que detalla la geología de las principales unidades litodémicas y asociaciones mineralógicas de las mismas. A la vez se detallan las estructuras geológicas, por medio de los datos estructurales obtenidos durante la etapa de campo y se definen los rasgos geomorfológicos, desde un punto de vista local.

La geología del área, presenta tres unidades litodémicas, nombradas por sus características petrográficas como: Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático (Gn), Unidad de Esquistos Micáceos (Es) y Unidad de Granito (Gr), las cuales, según T.W. Donnelly, G.S. Horne, *et al.* (1990), pueden pertenecer al Complejo Las Ovejas, siendo del Pre-Carbonífero y Carbonífero Inferior. También se identificaron dos unidades lito-estratigráficas, según sus características físicas se denominaron como: Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp) y Unidad de Aluvión (Qa), del Cuaternario.

Según el análisis petrográfico de las unidades litodémicas, los gneises son ricos en cuarzo y feldespatos, levemente alterados y esquistos ricos en mica. Al describir las principales unidades litodémicas y detallar las condiciones de presión y temperatura que dieron origen a las mismas, se infiere que éstas unidades puedan pertenecer al Complejo Las Ovejas.

Por la asociación mineral obtenida en el análisis de láminas delgadas, pertenecen a una serie de facies Barroviana de presión media y temperatura media-alta. El ambiente en que se generó la sucesión de facies es poco profundo, en un medio más dúctil que frágil, según indicadores térmicos encontrados en microestructuras.

Para las estructuras medidas en campo, se obtuvieron dos modelos tridimensionales para fallas conjugadas, estas se asocian a modelos para fallas normales e inversas, debido a que la geometría de estos bloques concuerda con los esfuerzos de compresión ( $\sigma_1$ ), verticales para fallas normales y horizontales para fallas inversas. Estos esfuerzos, originaron estructuras en flor positiva, que afecta a la geomorfología del área y crean unidades de origen denudacional (relieve alto) y agradacional (relieve moderado), unidades muy comunes en las zonas de fallas transformantes.

# CAPÍTULO 1

## MARCO CONCEPTUAL

### 1.1 El problema

El área de estudio se encuentra al sureste del municipio de Gualán, Zacapa. Esta región pertenece al Bloque Chortís y se ubica al sur de la zona de sutura del Motagua. Según el mapa geológico de Guatemala a escala 1:500 000 (IGN Septiembre de 1970) se encuentran contenidas rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

Según R. Torres De León, L. Solari y J. Solé (2010) el Complejo las Ovejas es una entidad geológica, que posiblemente se encuentre en el área de estudio y se caracteriza por ser de alto grado metamórfico tradicionalmente considerada como parte del basamento del Bloque Chortís. Se encuentra en la región este de Guatemala y noroeste de Honduras formando las Sierra del Merendón y Omoa, respectivamente.

Este complejo está formado por un conjunto basal de unidades metamorfizadas en facies de anfibolitas y un conjunto de cuerpos intrusivos metamorfizados en facies de esquistos verdes o solamente deformados.

El conjunto basal está constituido por gneises, anfibolitas, esquistos, mármoles y cuarcitas interrelacionadas y caracterizados por una foliación espaciada dúctil penetrativa. Mientras que los intrusivos varían de diques, a pequeños cuerpos de algunos centenares de metros, su fábrica varía de fuertemente foliada a lineada.

Según R. Torres de León, Luigi A. Solari y U. Martens (2007) la Filita San Diego es una secuencia metasedimentaria metamorfozada en facies de esquisto verde, compuesta principalmente por filitas y en menor proporción de metareniscas, que en partes forman una secuencia interestratificada.

Los intrusivos se han dividido en dos conjuntos, uno de cuerpos menores y diques que sólo afectan a las secuencias de alto grado metamórfico, y el otro de plutones de dimensiones regionales de composición intermedia a ácida.

## **1.2 Planteamiento del problema**

¿Qué características petrográficas presentan las unidades litodémicas en los alrededores de las Aldeas el Zapote y el Jute, en el municipio de Gualán, Zacapa?

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 General**

Caracterizar los aspectos litológicos, estructurales y geomorfológicos en los alrededores de las aldeas El Zapote y El Jute, en el municipio de Gualán, Zacapa.

### **1.3.2 Específicos**

- a.** Definir las principales unidades litodémicas del área en estudio.
  
- b.** Interpretar las principales asociaciones mineralógicas de las unidades litodémicas.
  
- c.** Proponer un modelo para asociaciones mineralógicas.





## CAPÍTULO 2

### DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

#### 2.1 Localización y extensión del área

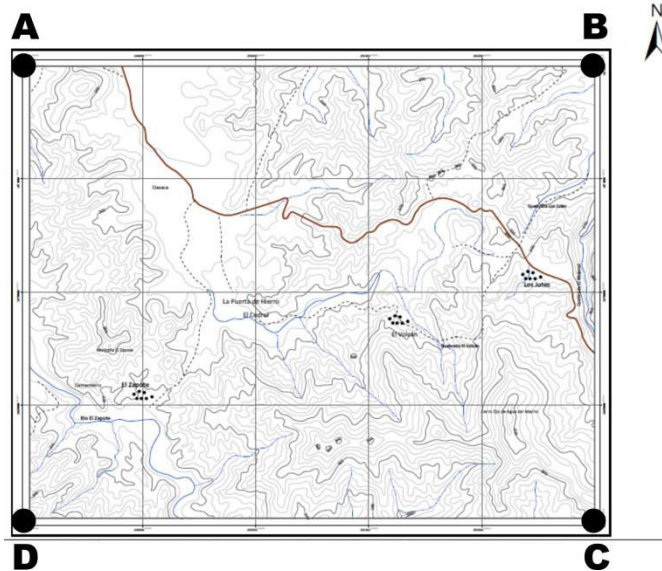
El área cuenta con una extensión de 20 km<sup>2</sup>, se encuentra enmarcada por las coordenadas de la tabla 1 y delimitada en el mapa 1.

**TABLA 1**  
**COORDENADAS UTM DEL ÁREA DE ESTUDIO**

VERTICE	NORTE	ESTE
<b>A</b>	1672000	248000
<b>B</b>	1672000	253000
<b>C</b>	1668000	253000
<b>D</b>	1668000	248000

**Fuente:** Investigación de campo 2 012, datos tomados de la hoja topográfica Gualán a escala 1:50 000, edición: 2-DMA, serie: E754, hoja: 2361 III.

## MAPA 1 TOPOGRAFÍA A ESCALA 1:50 000 DEL ÁREA DE ESTUDIO, DE 20km<sup>2</sup>.



**Fuente:** Extraído de la hoja topográfica Gualán a escala 1:50 000, edición: 2-DMA, serie: E754, hoja: 2361 III.

## 2.2 Geología regional

### 2.2.1 Estratigrafía

#### a. Estratigrafía del Paleozoico

“El nivel del entendimiento estratigráfico del Bloque Chortís está aún muy desorientado y parcialmente confuso, (p.ej Wilson y otros, 1978). Los primeros estudios de la región fueron reconocimientos y la mayor parte no se basó en mapeo detallado.”<sup>1</sup>

“Estructuralmente por debajo de la Filita San Diego aflora el que se conoce como Complejo Las Ovejas, caracterizado por una asociación de rocas metamórficas de Alta Temperatura y Baja Presión. Existen además algunos datos sedimentológicos, estratigráficos y de contenido fosilífero de unidades sedimentarias, principalmente aflorantes en Honduras (Rogers et al., 2003, PhD tesis, y referencias

<sup>1</sup> T.W. Donnelly, G.S. Horne, y Otros. **Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks.** 1990. Pag.27

incluidas). La reducida variación latitudinal que existe entre el sur de México y la posición del Bloque de Chortís hace que esos datos no se excluyan.”<sup>2</sup>

El Complejo Las Ovejas, ordinariamente considerado como el basamento del Bloque Chortís, consiste de un conjunto de unidades metasedimentarias, metamorizadas en facies de anfibolita que ha sido múltiplemente intrusionado.

“Se compone principalmente de gneises, anfibolitas, mármoles, esquistos y cuarcitas. Estas unidades están finamente foliadas y presentan lineación mineral. La mayor variación litológica corresponde a los gneises y esquistos, entre las que predominan: gneises de biotita, gneises de mica blanca, esquistos de biotita, esquistos de biotita±granate±estauroлита ±silimanita y esquistos de mica blanca.”<sup>3</sup>

#### **b. Estratigrafía del Cenozoico**

“Consiste en gruesos depósitos marinos someros a terrestres en una cuenca este; y clásticos terrígenos del Paleógeno sobreyacidos por volcánicos del Cenozoico medio y superior del Cenozoico sobre el resto de la región.”<sup>4</sup>

---

<sup>2</sup> [www.geociencias.unam.mx/chortis.htm](http://www.geociencias.unam.mx/chortis.htm)

<sup>3</sup> [www.geociencias.unam.mx/chortis.htm](http://www.geociencias.unam.mx/chortis.htm)

<sup>4</sup> *T.W. Donnelly, G.S. Horne, y Otros. Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks.*

**C. Columna estratigráfica regional**

**FIGURA 1  
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA  
DEL BLOQUE CHORTÍS**

SISTEMAS / SERIES		GUATEMALA SE	
<b>CENOZOICO</b>	CUATERNARIO	Basalto ? ..... ?	
		Guastatoya ? ..... ?	
	TERCIARIO	Plioceno	San Jacinto
		Mioceno	Padre Miguel
		Oligoceno	Morazán
		Eoceno	? ..... ?
		Paleoceno	Subinal
<b>MESOZOICO</b>	CRETÁCICO	Superior ? ..... ?	
		Inferior	Grupo Yojoa
	JURÁSICO	Todos Santos ? ..... ?	
	TRIÁSICO	? ..... ?	
	PÉRMICO	? ..... ?	
<b>PALEOZOICO</b>	CARBONIFERO	Superior ? ..... ?	
		Inferior	? ..... ?
	PRE-CARBONIFERO	Las Ovejas	
		? ..... ?	

**Fuente:** Modificado de *T.W. Donnelly, G.S. Horne, y Otros. Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks.* 1990. Documento formato pdf Pag.28

## 2.2.2 Tectónica

### a. Falla del Motagua

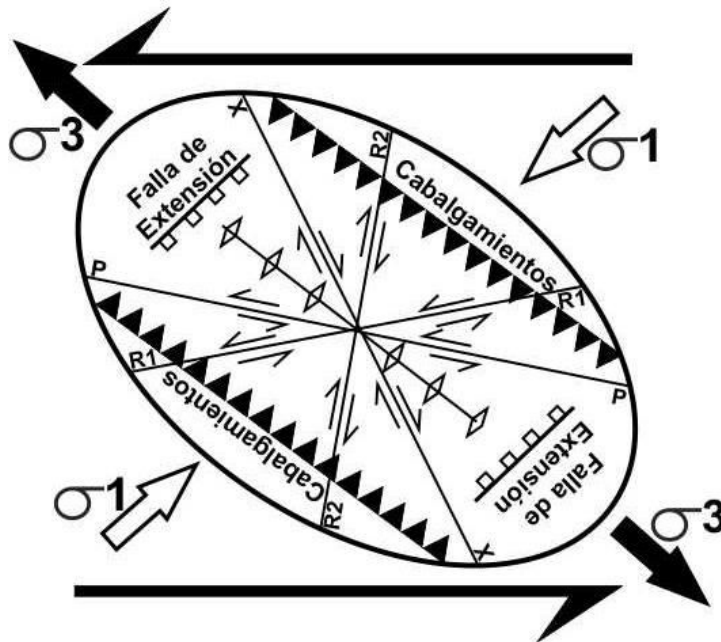
La falla del Motagua es del tipo transformante en Guatemala, localizada al sur de la falla Cuilco-Chixoy-Polochic, sigue el curso del río Motagua desde la costa del mar Caribe hasta Chichicastenango, departamento del Quiché. Forma parte del sistema Motagua-Polochic, y tiene un movimiento de rumbo lateral izquierdo (Sinestral), y es una de las fallas que forman el límite entre la placa de Norteamérica y del Caribe. En Guatemala divide dos terrenos muy diferentes: el Bloque Maya al norte y el bloque Chortís al sur.

“Se cree que se formó a lo largo de una zona de sutura hace 65 millones de años. Antes de esta sutura (desde 120 millones de años, en el Cretácico medio) se piensa que constituía un límite de subducción.”<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> [http://es.wikipedia.org/wiki/Falla\\_de\\_Motagua](http://es.wikipedia.org/wiki/Falla_de_Motagua)

**FIGURA 2**  
**ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO SINISTRAL**



**Fuente:** Investigación de campo 2 012, según modelo Maclay, K. (1987).  
 (Software CorelDraw X6)

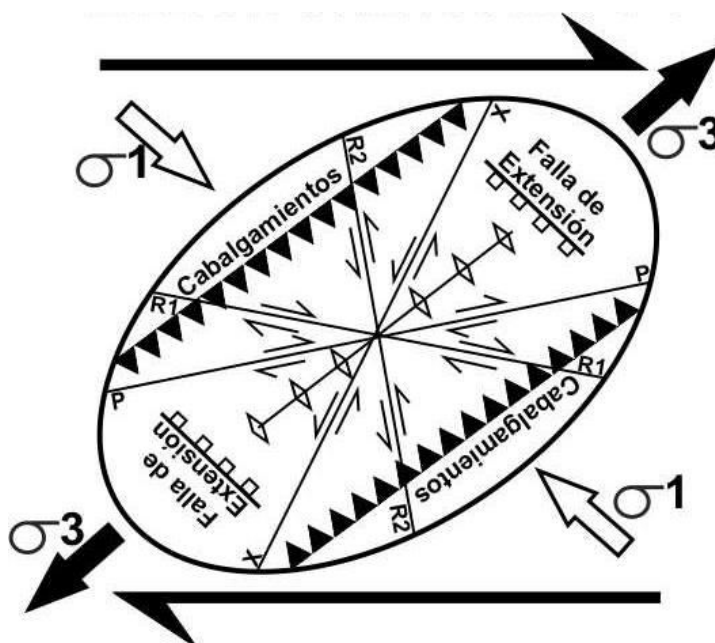
### **b. Falla Jalpatagua**

Carr (1976) asigna la falla Jalpatagua como dextral y propuso que las estructuras neógenas habían sido compensadas por un máximo de 9 km en sentido lateral derecho. Aproximadamente en la frontera entre Guatemala y El Salvador, la falla de Jalpatagua se extingue por línea de origen volcánico que divide por una fisura importante intra-arco, la depresión Central América volcánica.

La zona de falla Jalpatagua delimita al sur con el graben de Guatemala y al norte con la pared de la caldera de Amatitlán, y se extiende al sureste al menos hasta la frontera salvadoreña.

Los estudios detallados de campo aún no se han completado, pero a partir del conocimiento actual, la falla parece constar de dos segmentos principales, la más occidental se extiende hasta el noroeste de la caldera Atitlán.

**FIGURA 3**  
**ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA MOVIMIENTO DEXTRAL**



**Fuente:** Investigación de campo 2 012, según modelo Maclay, K. (1987).

(Software CorelDraw X6)



### c. Mapa Tectónico Regional

El área de estudio se encuentra al sureste del municipio de Gualán, departamento de Zacapa, en el Mapa 2 se muestra el mapa tectónico regional.

## MAPA 2 TECTÓNICA ESQUEMATIZADA DE GUATEMALA



**Fuente:** Investigación de campo 2 012, según Fourcade et. al (1999).

(Software CorelDraw X6)

### 2.2.3 Geomorfología

#### a. Meteorización

Se le denomina meteorización a la desintegración y descomposición de minerales y rocas, que ocurre en la superficie terrestre, cuando estos materiales se encuentran afectados por factores externos como el físico-mecánico, químico y biológico-orgánico.

La meteorización del área en estudio varía de I a V, siendo I roca totalmente sana y V roca que ha sido afectada por los factores externos anteriores, hasta el punto en que esta roca se transforma en suelo.

#### b. Suelos

Según Simmons, Charles S. Tarano y Pinto, Gualán cuenta con suelos que están clasificados en:

“Grupo I: Sobre materiales volcánicos poco profundos sobre relieve escarpado, allí se encuentra el río Motagua y comprende una cuarta parte del departamento de Zacapa.

Grupo II: Suelos sobre materiales mórficos, poco profundos sobre enquistado arcilloso y caliza denominado capucal.

Grupo III: Clases misceláneas de terreno, suelos aluviales no diferenciales denominados el zarzal.”<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> SIMMONS, CHARLES. S. TARANO Y PINTO. **Clasificación de Reconocimiento de los suelos de la República de Guatemala.** 1959.

**c. Erosión**

Éste fenómeno se caracteriza especialmente por el sedimento de la base del subsuelo que se ve erosionada, ya sea por lluvias intensas o falta de la misma. Se observa claramente en la ribera de los ríos y donde están ubicados algunos puentes como el que comunica al municipio de Gualán con el de la Unión, en él se aprecian gaviones utilizados para mitigar el efecto de la erosión del suelo, sin embargo no ha sido suficiente ya que las inundaciones han afectado seriamente la estructura del puente y consecuentemente del terreno. La erosión afecta principalmente a los esquistos, que se ubican en los alrededores de las partes bajas de la región.

**d. Mapa fisiográfico**

El área de estudio se encuentra al sureste del municipio de Gualán, departamento de Zacapa (enmarcada en color rojo en Mapa 2), según Alfredo Guerra Borges, (1983) pertenece a la región fisiográfica de depresión del Motagua.

### MAPA 3 REGIONES FISIOGRAFICAS DE GUATEMALA



**Fuente:** Modificado de Trabajos de consultoría contratados por la Unidad de Políticas e Información Estratégica (UPIE), MAGA, Plan de Acción Forestal para Guatemala (PAFG), Proyecto FAO – GCP/GUA008/NET y el Instituto Nacional de Bosques (INAB)



## **CAPÍTULO 3**

### **DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS**

#### **3.1 Marco metodológico**

Para el desarrollo de la investigación se llevaron a cabo las etapas de: recolección bibliográfica, campo, laboratorio y gabinete que se describen a continuación.

##### **3.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico**

En esta etapa se consultó material bibliográfico relacionado al área de estudio, como mapas, informes, libros de texto, información electrónica en sitios web que contenían información útil para lograr los objetivos de dicha investigación.

##### **3.1.2 Etapa de trabajo de campo**

En la etapa de campo el método que se utilizó fue la medición directa de estructuras, como planos de foliación, planos de estratificación, planos de falla, componentes de pliegues y demás rasgos estructurales de interés, con la finalidad de exponer la historia tectónica de la región de estudio.

Se identificaron las unidades litológicas por medio de observaciones en base a su textura, color y mineralogía de muestras de mano. Se realizó un inventario de movimientos de ladera y surgencias detallado en el mapa geomorfológico.

Se utilizó el método de caminamiento, con el cual se estudiaron los afloramientos presentes en carreteras, veredas o quebradas en dado caso si es necesario se recolectaron muestras de mano debidamente orientadas, para su posterior análisis en laboratorio.

Cada afloramiento se registró en un mapa base, a escala 1:10 000 y se publicó a escala 1:25 000.

### **3.1.3 Etapa de trabajo de laboratorio**

Comprendió el análisis de secciones delgadas de muestras orientadas recolectadas en el campo, para comprender los esfuerzos tectónicos de la zona.

La clase textural, la clase química y la que puede ser la más importante que es la clasificación de las asociaciones mineralógicas, que se encontró en cada sección delgada. Estos criterios están íntimamente ligados entre sí. A partir de estos, se obtuvieron tres parámetros básicos para una buena clasificación de las rocas metamórficas.

“El grado metamórfico se refiere a la intensidad del metamorfismo, que ha influido en una roca. Generalmente el grado metamórfico nombra la temperatura o la presión máxima del metamorfismo.”<sup>7</sup>

---

<sup>7</sup> <http://www.geovirtual.cl/geologiageneral/ggcap06.htm>

“Las zonas metamórficas se distinguen por medio de un mineral determinado o de un grupo de minerales. Por ejemplo la zona de granate se caracteriza por la apariencia de granate y la zona de sillimanita se caracteriza por la apariencia de sillimanita.”<sup>8</sup>

“La composición de algunos minerales metamórficos, que se puede analizar en un microscopio y la textura pueden indicar las condiciones de temperatura y presión características para el grado metamórfico.”<sup>9</sup>

H.G.F. Winkler introdujo una división simple para clasificar a las rocas metamórficas por su grado de metamorfismo. En algunos casos, los distintos minerales forman parte de una sola facies y los límites no están bien definidos. Pero los límites de los grados del metamorfismo están escogidos de tal manera que correspondan a importantes reacciones discontinuas, las cuales pueden ser reconocidas en el campo como isógradas mayores.

#### **3.1.4 Etapa de gabinete**

Esta comprende el análisis, interpretación y organización de los datos obtenidos tanto en la etapa de recolección bibliográfica, de campo como de la etapa de laboratorio, así como posteriores consultas bibliográficas y con asesores, para conformar de tal forma un mapa geológico con las principales unidades litológicas y litodémicas, así como la interpretación y propuesta de un modelo de asociaciones mineralógicas.

---

<sup>8</sup> <http://www.geovirtual.cl/geologiageneral/ggcap06.htm>

<sup>9</sup> <http://www.geovirtual.cl/geologiageneral/ggcap06.htm>





## **CAPÍTULO 4**

### **DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN**

El área de investigación se compone principalmente de gneises ricos en cuarzo y feldespatos, esquistos con granate y mica (moscovita, biotita), granitoides, los cuales están expuestos con rocas metaígneas como diorita y gabro, que intruyen generalmente paralelos a la foliación.

Las muestras se caracterizan principalmente por tener metamorfismo y deformación, se infiere que puedan estar asociadas al Complejo las Ovejas y según James *et. al.* (2009) el metamorfismo regional que ocurre en este complejo es de alto grado, así como también ocurre migmatización y plutonismo pertenecientes al Paleozoico.

Por medio del mapeo geológico en el área de estudio se logró determinar dos unidades lito-estratigráficas (Qa y Qp) y tres unidades litodémicas (Gr, Es y Gn), nombradas a continuación de la más reciente a la más antigua.

- Unidad de Aluvión (Qa)
- Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp)
- Unidad de Granito (Gr)
- Unidad de Esquistos Micáceo (Es)
- Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático (Gn)

## 4.1 Unidades lito-estratigráficas

### 4.1.1 Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático (Gn)

Esta unidad se localiza del noreste al sureste del área en estudio, aflora en casi la totalidad del área, las mejores exposiciones se encuentran sobre los lechos de las quebradas o en las cercanías a la aldea el Zapote, caserío los Limones y finca el Cedral.

Macroscópicamente presenta coloración grisácea, intercalación entre minerales melanocráticos y minerales leucocráticos, estos últimos de mayor tamaño; macroscópicamente presenta abundante cuarzo, feldespatos, mica (biotita) y una textura granoblástica, en el afloramiento la meteorización varía de grado I a II.

En los afloramientos en las cercanías de la aldea el Zapote presenta contacto gradual con la Unidad de Esquistos, con gran variedad de estructuras como pliegues, *boudines* y foliación con una dirección preferencial N001. (Fotografía 1).

De este sector se extrajeron las muestras PGZ-03 y PGZ-04, PGZ-26 (véase Anexo V); las muestras PGZ-03 y PGZ-26 fueron analizadas bajo un microscopio petrográfico porque el grado de meteorización no era avanzado.

## FOTOGRAFÍA 1 AFLORAMIENTOS DE GNEIS EN ALDEA EL ZAPOTE

- a) Contacto gradual entre gneis y esquisto
- b) Pliegue "M" en gneis cuarzo feldespático
- c) Boudin en gneis cuarzo feldespático (16N E: 0249530 N: 1668487)
- d) Gneis en límite sur del área (16N E: 0250031 N: 1668015)



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

El gneis de la muestra PGZL-01 presenta un alto porcentaje cuarzo y feldespatos del tipo anortoclasa con relieve bajo, hábito irregular y forma anhedral, seguido de porfidoclastos de olivinos con relieve medio y forma anhedral, la biotita presenta un bajo relieve, hábito tabular/fibroso y forma subhedral, los anfíboles tiene un alto relieve, hábito irregular y forma anhedral, y finalmente la silimanita se encuentra menor cantidad, siendo esta de la variedad de fibrolita, con alto relieve con hábito tabular/fibroso y forma anhedral (Véase tabla 2 y fotografía 2).

En el cuarzo y las plagioclasas se observa zonación, que indica una variación composicional o textural típicamente concéntrica. Estas zonaciones son comunes en plagioclasas y presentan anillos concéntricos indicativos de las distintas etapas de crecimiento del cristal.

Las biotitas y ciertas plagioclasas tienen una exfoliación, que es la propiedad que tienen ciertos minerales a dividirse en láminas paralelas a las caras cristalográficas.

Las plagioclasas se identificaron por medio del ángulo de extinción, siendo del tipo bytownita, labradorita y andesina, estas últimas las menos abundantes. La extinción ondulante y las maclas acuñadas en las plagioclasas, según Passchier y Trouw (1996) indican condiciones de bajo grado de temperaturas entre los 300°C-400°C.

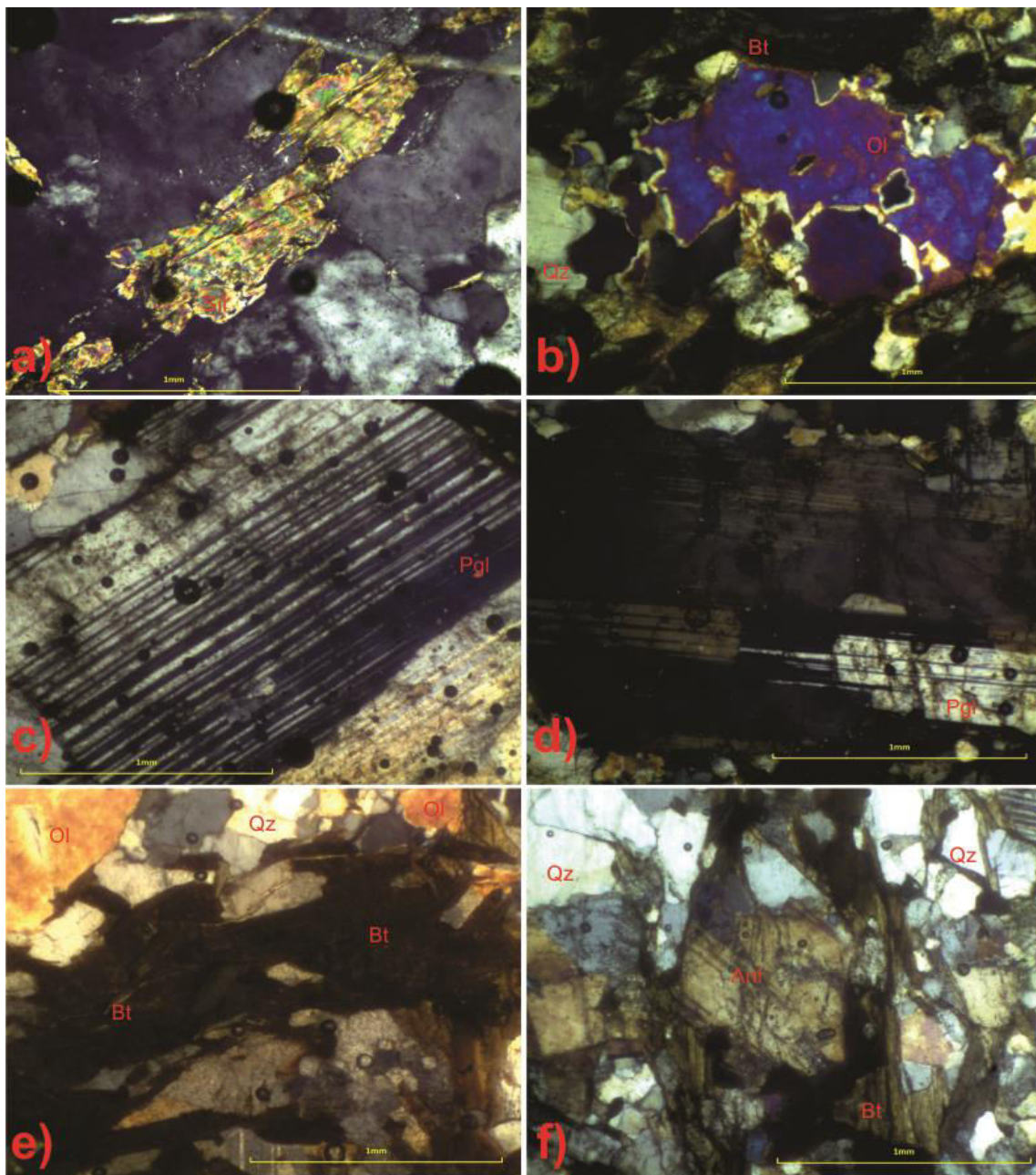
**TABLA 2**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-01 PARA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ -03**

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Cuarzo (Qz)	30
Feldespatos (Fld)	30
Olivinos (Ol)	15
Biotita (Bt)	10
Anfíboles (Anf)	10
Silimanita (Sil)	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 2 MICROESTRUCTURAS EN SECCIÓN DELGADA PGZL-01

- a) Silimanita de la variedad fibrolita
- b) Porfidoclasto de olivino
- c) Plagioclasa del tipo labradorita
- d) Plagioclasa con extinción ondulante y maclas acuñaadas
- e) Biotita con coloración rosa-verde
- f) Anfíbol de la variedad de hornblenda. Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

El gneis de la muestra PGZL-09 presenta un alto porcentaje cuarzo y feldespatos del tipo anortoclasa con relieve bajo, hábito irregular y forma anhedral, seguido de biotita que presentan un bajo relieve, hábito tabular/fibroso y forma subhedral, los olivinos tienen un relieve medio, hábito irregular y forma anhedral, los anfíboles tienen un alto relieve, hábito irregular y forma anhedral, la sericitización tiene un relieve medio, un hábito irregular, forma anhedral y finalmente la silimanita se encuentra en menor cantidad, esta de la variedad de fibrolita, con alto relieve con hábito tabular/fibroso y forma anhedral. (Véase tabla 3 y fotografía 3).

Entre las microestructuras se observan cintas de cuarzo, paralelas a la dirección de foliación, lo que nos indica según Vernon (1976), que se formaron en condiciones de deformación plástica a temperaturas entre los 350°C-400°C.

Las plagioclasas que se identificaron por medio del ángulo de extinción, son del tipo labradorita, andesina y bytownita, estas últimas las menos abundantes.

La cloritización es el tipo más común de alteración. Consiste principalmente en la transformación de la mica biotita en clorita.

La sericitización es un tipo de alteración hidrotermal, en la cual predominan minerales como la sericita, cuarzo y piritita. La sericitización de los silicatos, da como resultado un mosaico de cuarzo y sericita, que a veces destruye la textura original de la roca.

**TABLA 3**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-09 PARA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ -26**

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Cuarzo (Qz)	30
Feldespatos (Fld)	20
Plagioclasas (Pgl)	10
Biotita (Bt)	10
Clorita (Cl)	10
Olivinos (Ol)	10
Anfíboles (Anf)	5
Sericitización (Ser)	3
Silimanita (Sil)	2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

Los afloramientos cercanos a la aldea los Jutes se observa el contacto gradual con la Unidad de Esquistos, contacto discordante entre la Unidad de Gneis y un Dique de Granito, fallas de tipo normal y foliación con dirección N326 (Véase fotografía 4).

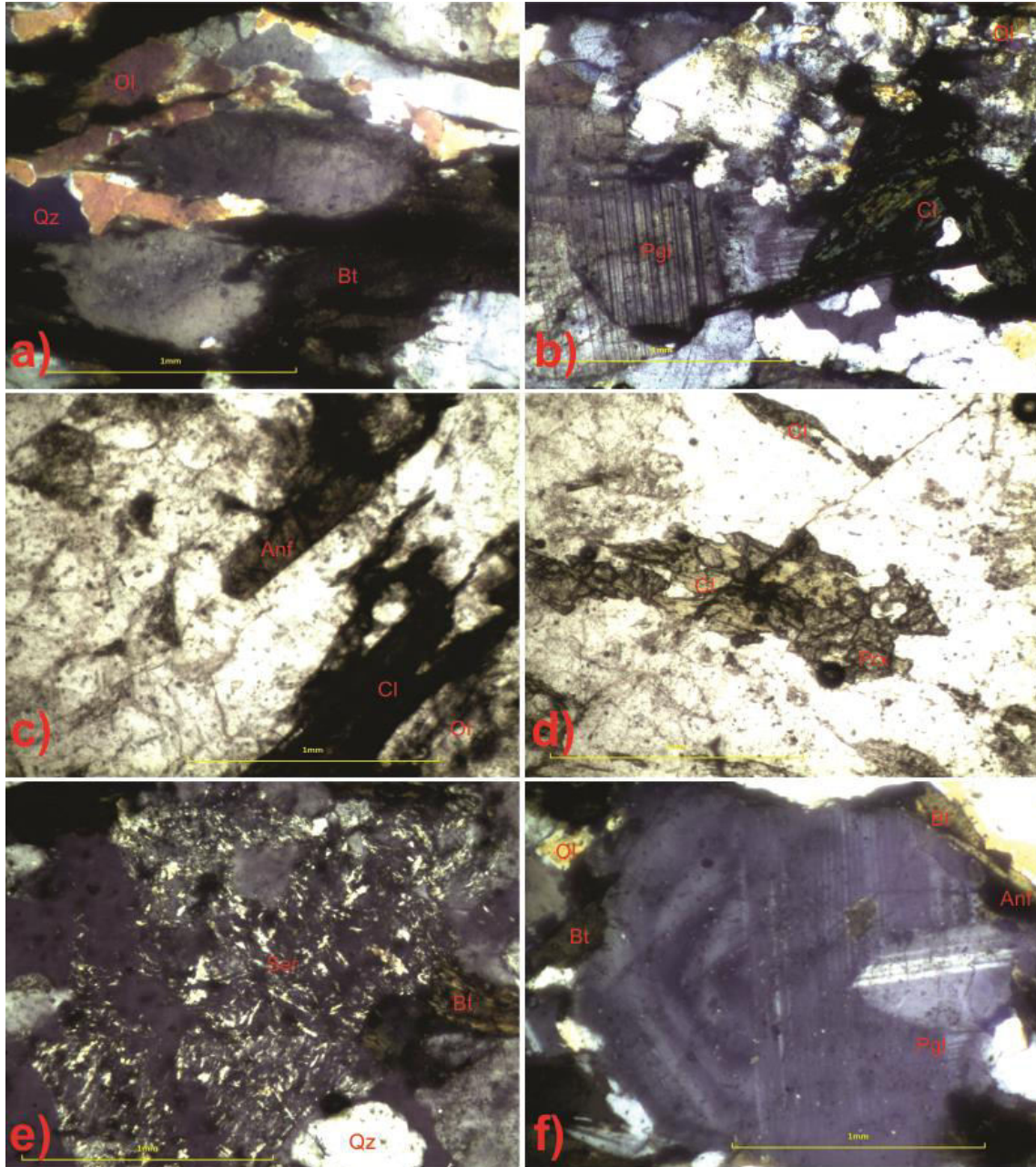
De este sector se extrajeron las muestras PGZ-20 y PGZ-21 (véase Anexo V), la primera PGZ-20 analizada bajo un microscopio petrográfico.

Alrededor de la finca el Cedral se observan los afloramientos de gneis en contacto discordante con un Dique de Granito, el cual es paralelo a la foliación y presenta cierta deformación. La dirección de foliación en el gneis es de N116. (Véase fotografía 4, inciso "a").



### FOTOGRAFÍA 3 MICROESTRUCTURAS EN SECCIÓN DELGADA PGZL-09

- a) Cintas de cuarzo paralelas a la dirección de foliación
  - b) Plagioclasa del tipo labradorita y biotita reemplazada por clorita (cloritización)
  - c) Anfíbol y biotita reemplazada por clorita (cloritización)
  - d) Biotita reemplazada por clorita (cloritización) y piroxeno. Vista en PPL
  - e) Cuarzo reemplazado por sericita (sericitización) y biotita
  - f) Zonación concéntrica en plagioclasa con macla acuñaada y biotita. Vista en PPL.
- Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FOTOGRAFÍA 4 AFLORAMIENTOS DE GNEIS EN FINCA EL CEDRAL

- a)** Contacto discordante entre gneis y dique de granito (16N E: 0250070 N: 1669958)  
**b)** Falla normal en gneis con plano 48/N98 con pitch 33 NE (16N E: 0252992 N: 1669748)  
**c) y d)** Contacto gradual entre gneis y esquisto, en cercanías a aldea los Jutes. (16N E: 0252886 N: 16699926)



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

El gneis de la muestra PGZL-08 presenta un alto porcentaje cuarzo y feldespatos del tipo microclina con relieve bajo, hábito irregular y forma anhedral, seguido de los olivinos que tienen un relieve medio, hábito irregular y forma anhedral, la biotita que presenta un bajo relieve, hábito tabular/fibroso y forma subhedral, los piroxenos tienen un relieve alto, hábito irregular y forma anhedral, la silimanita se encuentra menor cantidad, siendo esta de

la variedad de fibrolita, con alto relieve con hábito tabular/fibroso y forma anhedral, la sericitización tiene un relieve medio, un hábito irregular, forma anhedral, finalmente los anfíboles y la epidota tienen un alto relieve, hábito irregular y forma anhedral (Véase tabla 4 y fotografía 5).

Dentro de la lámina delgada, aun se observan restos de texturas micrográficas y mirmequíticas en feldespatos, típicas de los granitos, los cuales pudieron ser sometidos a grandes presiones y originado gneises.

La epidota identificada en la lámina delgada es del tipo allanita, las plagioclasas que se identificaron por medio del ángulo de extinción, son del tipo bytownita y labradorita como menos abundantes.

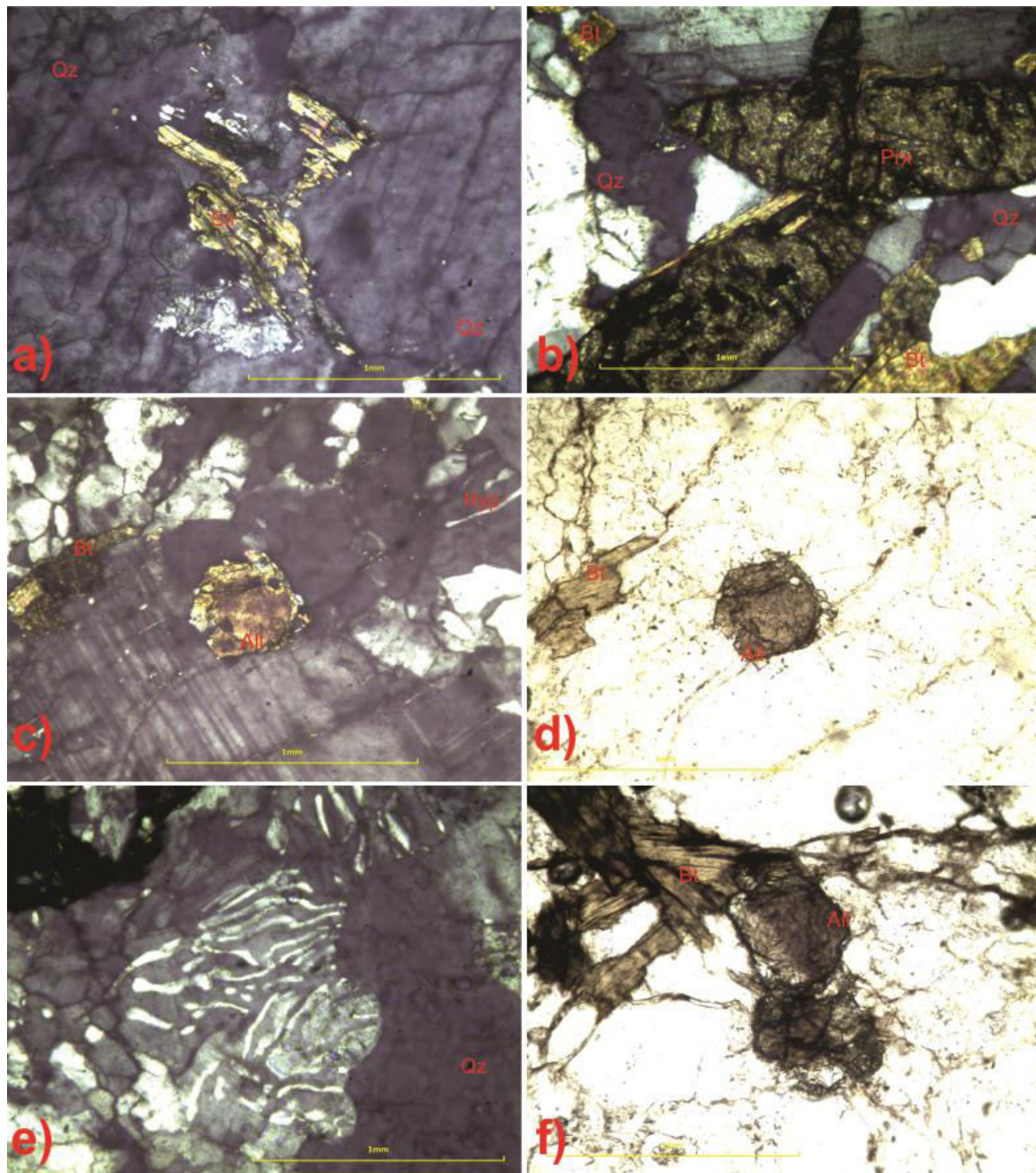
**TABLA 4**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-08 PARA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ -20**

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Cuarzo (Qz)	30
Feldespatos (Fld)	20
Plagioclasas (Pgl)	15
Olivinos (Ol)	10
Biotita (Bt)	10
Piroxenos (Prx)	5
Silimanita (Sil)	5
Sericitización (Ser)	3
Anfíboles (Anf)	2
Epidota (Ep)	2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 5 MICROESTRUCTURAS EN SECCIÓN DELGADA PGZL-08

- a) Silimanita de la variedad fibrolita
- b) Porfidoclasto de piroxeno y biotita en que aún se distingue el hábito fibroso
- c) y d) Epidota del tipo allanita y biotita. Vista en XPL y PPL
- e) Textura del tipo micrográfica en feldespato
- f) Epidota del tipo allanita y biotita. Vista en PPL. Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

En los alrededores de la finca el Cedral se extrajeron las muestras PGZ-17 y PGZ-18 (véase Anexo V), ambas fueron analizadas bajo un microscopio petrográfico.

La lámina delgada PGZ-07 presenta alto porcentaje cuarzo y plagioclasas, ambos con un bajo relieve, hábito irregular y forma anhedral seguido de feldespatos del tipo microclina, con un relieve bajo, hábito irregular y forma anhedral, la biotita tiene un relieve alto, hábito tabular/fibroso y forma subhedral, los olivinos se presentan un relieve medio, hábito irregular y forma anhedral, también se observan alteraciones como la sericitización, epidotización, cloritización y menores cantidades de minerales como la silimanita, clorita y piroxenos. (Véase tabla 5 y fotografía 6).

Las plagioclasas se identificaron por medio del ángulo de extinción y son del tipo bytownita, labradorita y andesina, siendo esta última la de menor abundancia. Los feldespatos que presenta son del tipo microclina, que es una macla polisintética con reticulado perpendicular, la biotita se observa reemplazada por clorita, así como la plagioclasa se encuentra reemplazada por epidota.

**TABLA 5**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-07 PARA LA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ -18**

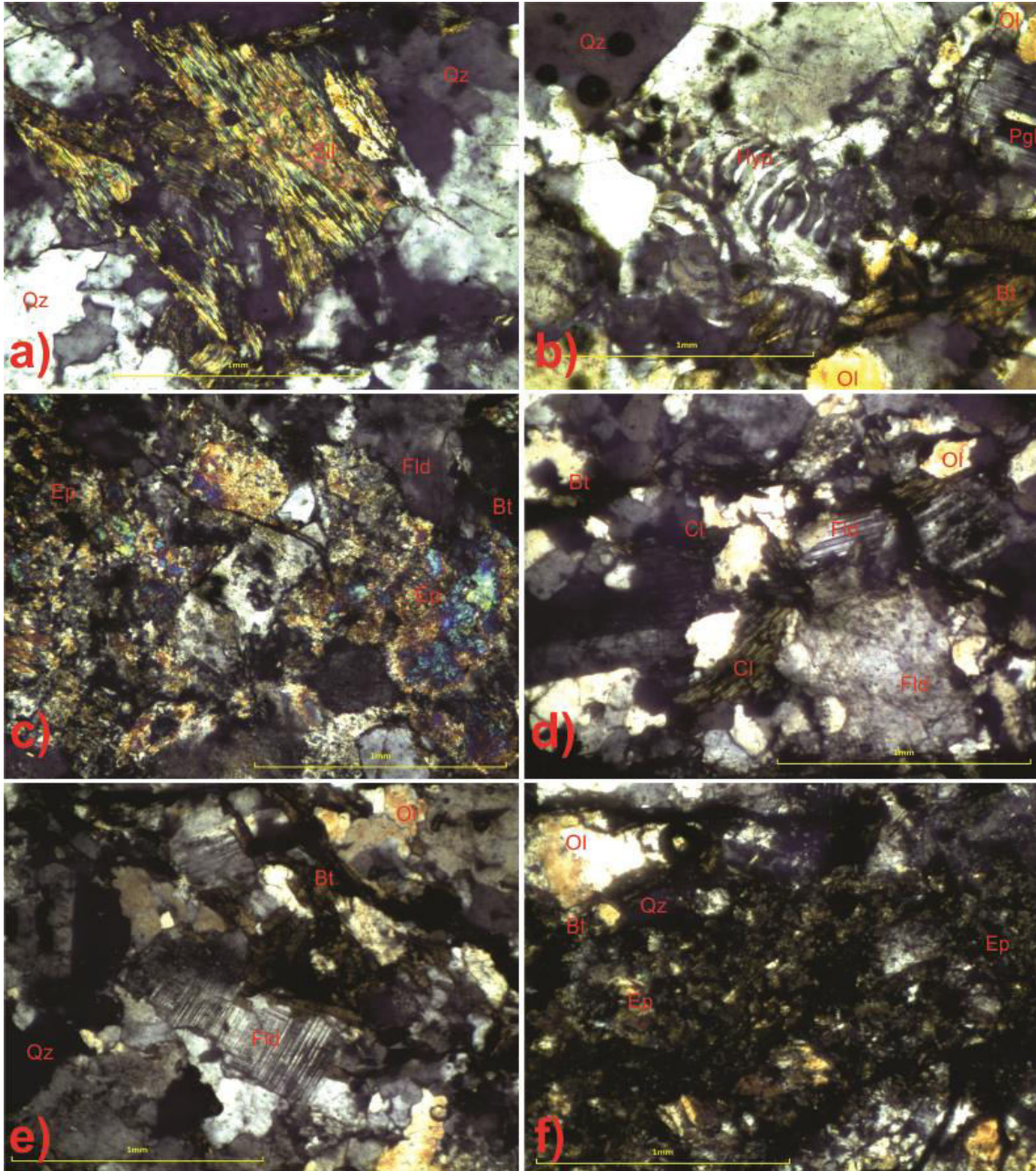
MINERAL	PORCENTAJE (%)
Cuarzo (Qz)	30
Plagioclasas (Pgl)	20
Feldespatos (Fld)	15
Biotita (Bt)	10
Olivinos (Ol)	10
Seritización (Ser)	7
Silimanita (Sil)	3
Anfiboles (Anf)	2
Clorita (Cl)	2
Piroxenos (Prx)	1
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

Finalmente los afloramientos ubicados al noreste del área, en quebrada y aldea Mojanales (los cuales están fuera del mapa base) se observan gneises con características macroscópicas similares a los mencionados anteriormente, se presentan intercalados con anfibolita, también se encuentran varios Diques de Cuarzo, finalmente la dirección de foliación preferencial en los gneises es de N350. (Véase fotografía 7).

## FOTOGRAFÍA 6 MICROESTRUCTURAS EN SECCIÓN DELGADA PGZL-07

- a) Silimanita de la variedad fibrolita
- b) Hipersteno y plagioclasa del tipo bytownita
- c) Plagioclasa reemplazada por epidota (epidotización)
- d) Biotita reemplazada por clorita (cloritización)
- e) Feldespato del tipo microclina, macla polisintética con reticulado perpendicular
- f) Olivino y plagioclasa reemplazada por epidota (epidotización). Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FOTOGRAFÍA 7 AFLORAMIENTOS DE GNEIS EN QUEBRADA MOJANALES

**a) y b)** Intercalación de gneis y anfibolita

**c)** Gneis en quebrada Mojanales, con dique de cuarzo intruyendo paralelo a la foliación. Afloramientos ubicados en cercanías de quebrada y aldea Mojanales.  
(16N E: 0253037 N: 16710404)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

De estos afloramientos se recolectaron las muestras PGZ-27 y PGZ-28 (véase Anexo V), ambas muestras se analizaron bajo un microscopio.

La muestra PGZ-10 perteneciente al gneis presenta alto porcentaje cuarzo y feldespatos, ambos presentan un relieve bajo, un hábito irregular y forma anhedral, seguido de plagioclasas y olivinos, con un relieve bajo en las plagioclasas y relieve alto en los



porfidoclastos de olivino, un hábito irregular y una forma anhedral, la biotita presenta un relieve alto, un hábito tabular/fibroso y forma subhedral, finalmente en menores cantidades se observan piroxenos, anfíboles y epidota (Véase tabla 6 y fotografía 8).

Las plagioclasas se identificaron por medio del ángulo de extinción, estas son del tipo labradorita y andesina, siendo esta última encontrada en menor cantidad. Se observa como la plagioclasa se encuentra reemplazada por epidota.

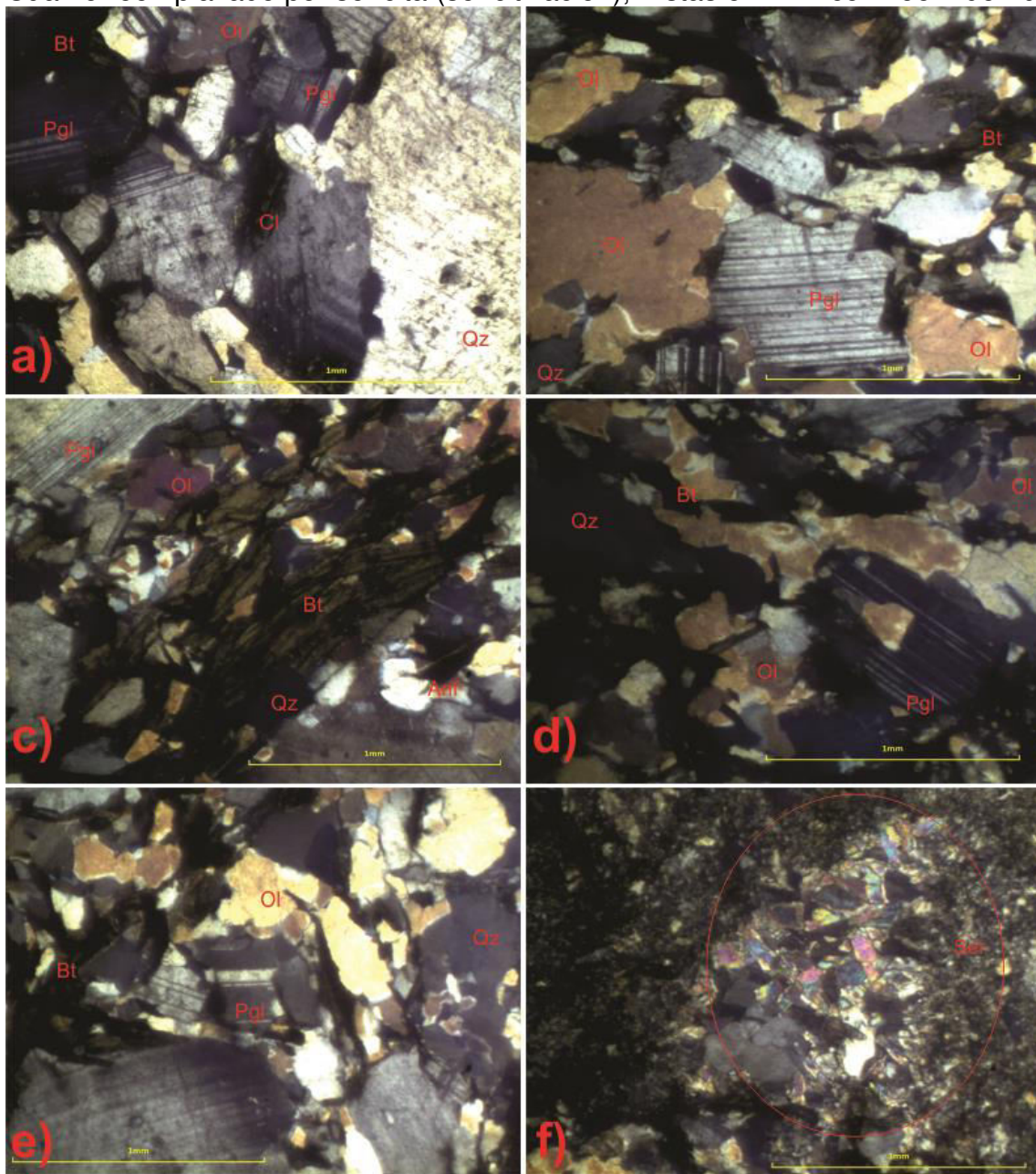
**TABLA 6**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-10 PARA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ -27**

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Cuarzo (Qz)	30
Feldspatos (Fld)	20
Plagioclasas (Pgl)	15
Olivinos (Ol)	15
Biotita (Bt)	10
Piroxenos (Prx)	5
Anfíboles (Anf)	3
Epidota (Ep)	2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 8 MICROESTRUCTURAS EN SECCIÓN DELGADA PGZL-10

- a) Biotita de coloración verde-rosa y plagioclasa del tipo labradorita
- b) Plagioclasa del tipo labradorita y porfidoclasto de olivino
- c) Biotita de coloración verde-rosa
- d) Plagioclasa del tipo labradorita y olivino
- e) Biotita, olivinos y plagioclasas del tipo albita y labradorita
- f) Cuarzo reemplazado por sericita (sericitización), Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

Macroscópicamente la muestra PGZ-11 perteneciente a la anfibolita se encuentra intercalando al gneis, este tipo de roca presenta una textura granoblástica que indica grano fino, finamente laminado y plegado. Las láminas de coloración verde oscuro a negro verdoso, presentan abundancia de anfíboles, las pocas láminas observadas de coloración blanquecina están compuestas de feldespatos y cuarzo en mínimas cantidades.

Microscópicamente la lámina delgada presenta una textura nematoblástica y foliación penetrativa que puede deberse a la alineación de los anfíboles de grano fino y de los feldespatos y cuarzos en las distintas láminas vistas macroscópicamente. Presenta un alto porcentaje de anfíboles y hornblenda, seguido de plagioclasas, que según su ángulo de extinción es del tipo bytownita y anortita, finalmente se compone en menores cantidades de cuarzo y minerales opacos (Véase tabla 7 y fotografía 9).

**TABLA 7**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-11 PARA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ -28**

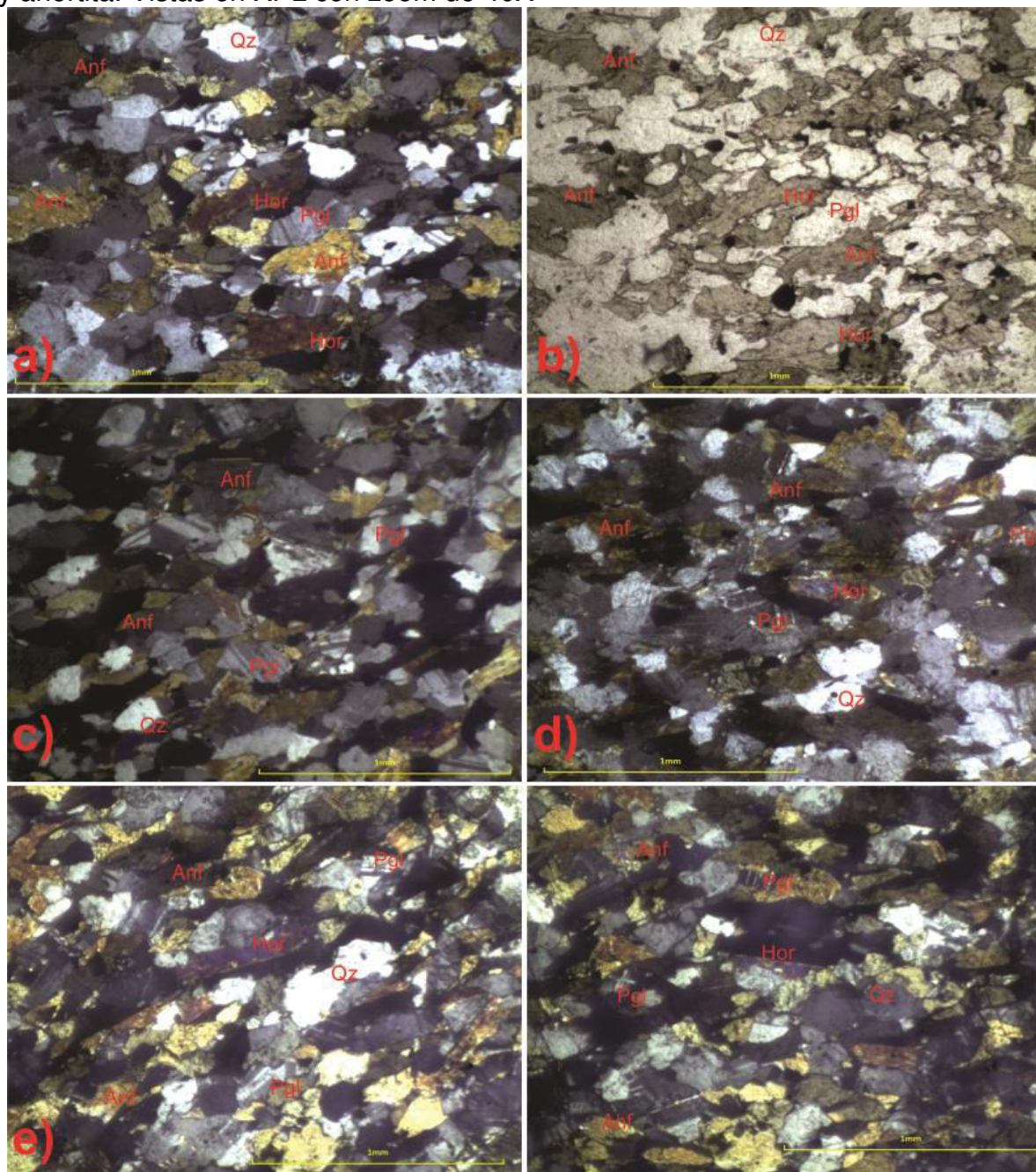
MINERAL	PORCENTAJE (%)
Anfíboles (Anf)	40
Hornblenda (Horn)	25
Plagioclasas (Pgl)	20
Cuarzo (Qz)	10
Minerales opacos	5
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 9 MICROESTRUCTURAS EN SECCIÓN DELGADA PGZL-11

**a) y b)** Anfíboles del tipo hornblenda, cuarzo y plagioclasas del tipo bytownita y anortita. Vista en XPL y PPL

**c), d), e) y f)** Anfíboles del tipo hornblenda, cuarzo y plagioclasas del tipo bytownita y anortita. Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

#### 4. 1. 2 Unidad de Esquistos Micáceos (Es)

Esta unidad se encuentra en la parte central del área en estudio, en cercanías a la aldea el Zapote, finca el Cedral, carretera principal hacia aldea los Jutes y sobre los lechos de las quebradas.

Macroscópicamente el esquisto se caracteriza por la abundancia de minerales laminares, presenta foliación, lo cual favorece que los granos de minerales individuales se fragmenten en láminas delgadas, una textura nematoblástica, normalmente de grano muy fino, con minerales melanocráticos y leucocráticos, presenta abundante mica del tipo moscovita y biotita, anfíboles, cuarzo, feldespatos, presenta una coloración variada de verde, café y beige, la meteorización en los afloramientos varía desde grado III a V.

Los afloramientos ubicados en los alrededores de la aldea el Zapote, se observa en contacto gradual con gneis y una dirección de foliación N03 (Véase fotografía 10).

De este sector se extrajeron las muestras PGZ-02 y PGZ-05 (véase Anexo V), de las cuales la muestra PGZ-02 se trituro y analizó en el estereoscopio.

La muestra PGZ-02 presenta biotita y anfíboles como los minerales más abundantes, cuarzo, minerales metálicos en menor cantidad y granate observado en muestra de mano. Los esquistos suelen nombrarse según la abundancia de sus minerales constituyentes, según los porcentajes obtenidos se tiene un esquisto micáceo (Véase tabla 8).

## FOTOGRAFÍA 10 AFLORAMIENTOS DE ESQUISTOS EN ALDEA EL ZAPOTE

- a) Esquisto micáceo en aldea el Zapote al sureste del área  
(16N E: 0249252 N: 1671062)
- b) Diques de granito en Gneis (16N E: 0249224 N: 1668995)
- c) Pliegue sinforme en esquistos micáceo (16N E: 0249213 N: 1669048)
- d) Contacto gradual entre esquisto y gneis en aldea el Zapote.  
(16N E: 0249419 N: 1669625)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**TABLA 8**  
**PORCENTAJES MINERALES MUESTRA TRITURADA PGZLT-01 EN**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ-02**

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Biotita (Bt)	60
Anfíboles (Anf)	25
Cuarzo (Qz)	10
Metálicos	4
Granate (Grt)	1
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

En los afloramientos ubicados en la carretera principal hacia la aldea los Jutes se observa enjambres de diques en roca caja de esquistos, se componen principalmente de cuarzo, pegmatitas, rocas metaígneas como diorita y gabro, algunos de estos diques se presentan plegados debido a los esfuerzos que estos sufrieron, no se observa una dirección de foliación preferencial en el área debido a la cantidad de pliegues regionales existentes.

La coloración de la roca varía de beige, café, verde, amarillo, rojo. La meteorización en esta zona se encontró de grado III a V, siendo cinco totalmente suelo. Esta zona puede atribuirse a una zona de cizalla, debido al alto plegamiento y gran cantidad de diques existentes en la misma. (Véase fotografía 11).

Seguidamente, los afloramientos situados en los alrededores de la finca el Cedral, caserío y quebrada el Volcán presentan diques de granitos y gabros, en roca caja de esquisto. La morfología del terreno es de pendientes abruptas.

Sobre la quebrada el Volcán se observa que aflora un granitoide (granito deformado) de 150 m de extensión y de un espesor de 3 m a 7 m aproximadamente, el cual intruye paralelo a

la foliación del esquistos (Véase fotografía 12). La dirección de los planos de foliación preferencial en los esquistos es de N170. La coloración de la roca varía de beige, café, verde.

## FOTOGRAFÍA 11 AFLORAMIENTOS DE ESQUISTOS

- a) Esquisto micáceo y diques de cuarzo que sufrieron plegamiento (16N E: 0250172 N: 1671062)
- b) Harina de falla en falla normal con dirección de plano N310 (16N E: 0249453 N: 1671721)
- c) Pliegue sinforme en diques de cuarzo
- d) Pliegue "W" en esquisto micáceo (16N E: 0250022 N: 1671129)

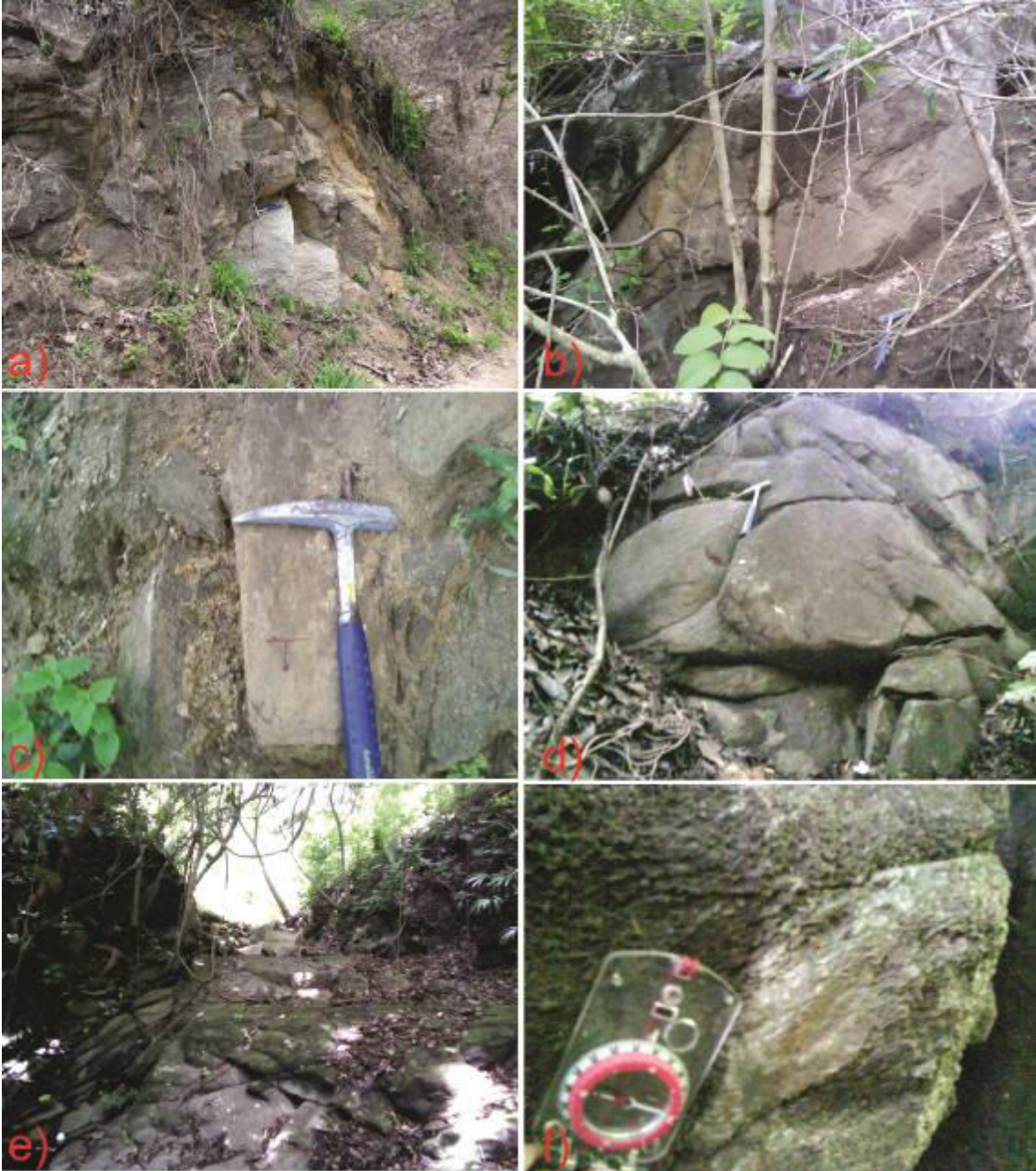


Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012



## FOTOGRAFÍA 12 AFLORAMIENTOS DE GRANITOIDES

- a) Intrusión de granito en esquistos micáceos (16N E: 0251148 N: 1670095)
- b) Intrusión de granito en esquistos micáceos (16N E: 0251197 N: 1670094)
- c) Plano de falla normal con dirección N47 (16N E: 0251263 N: 1670080)
- d) Intrusión de granito en esquistos
- e) Contacto entre esquistos y granitoide (granito deformado)
- f) Boudin encontrado en esquistos en la quebrada el Volcán (16N E: 0251776 N: 1669620)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### 4. 1. 3 Unidad de Granito (Gr)

Esta unidad se sitúa al suroeste del área, en las cercanías del río el Zapote, tiene una extensión aproximada de 1,5 km, con dirección de foliación preferencial N40, debido a que tiene ciertas características de granitoide (Véase fotografía 13).

Macroscópicamente los minerales que se logran identificar son el cuarzo, feldespato y mica del tipo biotita, presenta una coloración grisácea y textura fanerítica, lo cual indica que probablemente el enfriamiento del cuerpo fue lento al momento de la intrusión, por lo que la mayoría de los cristales están bien desarrollados.

#### FOTOGRAFÍA 13 AFLORAMIENTOS DE GRANITO

a) Intrusivo de granito y dique de cuarzo

b) Intrusión de granito levemente foliado en dirección N40 (16N E: 0249058 N: 1668787)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### **a. Diques de Granito**

Los cuerpos de roca que conforman la mayoría de diques afloran de manera perpendicular a la foliación, tanto en la Unidad de Gneis, como en la Unidad de Esquisto, lo cual no modifica el relieve de una forma considerable.

Macroscópicamente se observan minerales como el cuarzo, feldespato y mica del tipo biotita. Donde mejor se exponen estos diques es en la parte suroeste y central del área en estudio, en los cuales su dirección varía de N094 a N310.

Estos Diques de Granito presentan una coloración de beige-café, con una textura fanerítica, que indica un enfriamiento de los mismos lento al momento de la intrusión, por lo que la mayoría de los cristales están bien desarrollados.

Las muestras de granito que se tomaron en campo y se les hizo sección delgada están identificadas como PGZ-05, PGZ-09, PGZ-10, PGZ-12 y PGZ-17 (véase Anexos V).

El Dique de Granito que se menciona a continuación está identificado como PGZ-05 debido a que el resto de muestras presentan características petrográficas similares (véase fotografías 14, a 18).

La muestra PGZL-02 presenta microtexturas texturas mirmequítica, holocristalina, granular y micrográfica, se observa un alto porcentaje cuarzo y feldespatos, con bajo relieve, hábito irregular, forma anhedral en cuarzo y subhedral en feldespatos, seguido de olivinos con relieve medio, hábito irregular, forma anhedral, la moscovita y biotita tiene un relieve alto, un hábito tabular/fibroso, forma anhedral, finalmente se observan

plagioclasas y anfíboles en menor cantidad. (Véase tabla 9 y fotografía 14).

Otras de las características que presenta es exfoliación en moscovita y biotita, así como zonación en plagioclasas y cuarzo. Las plagioclasa más abundante según su ángulo de extinción es labradorita.

Algunos de los feldespatos son del tipo microclina, con un maclado polisintético con reticulado perpendicular. También se observan textura mirmequítica en feldespatos, así como hipersteno, fenocristales de olivinos y moscovita.

Según el diagrama QAPF de Streckeisen para la clasificación de rocas de origen plutónico (véase Anexo IV), el granito de la muestra PGZL-02 es del tipo monzogranito. Aunque algunos granitos analizados en este mismo diagrama, resultan ser del tipo sienogranitos.

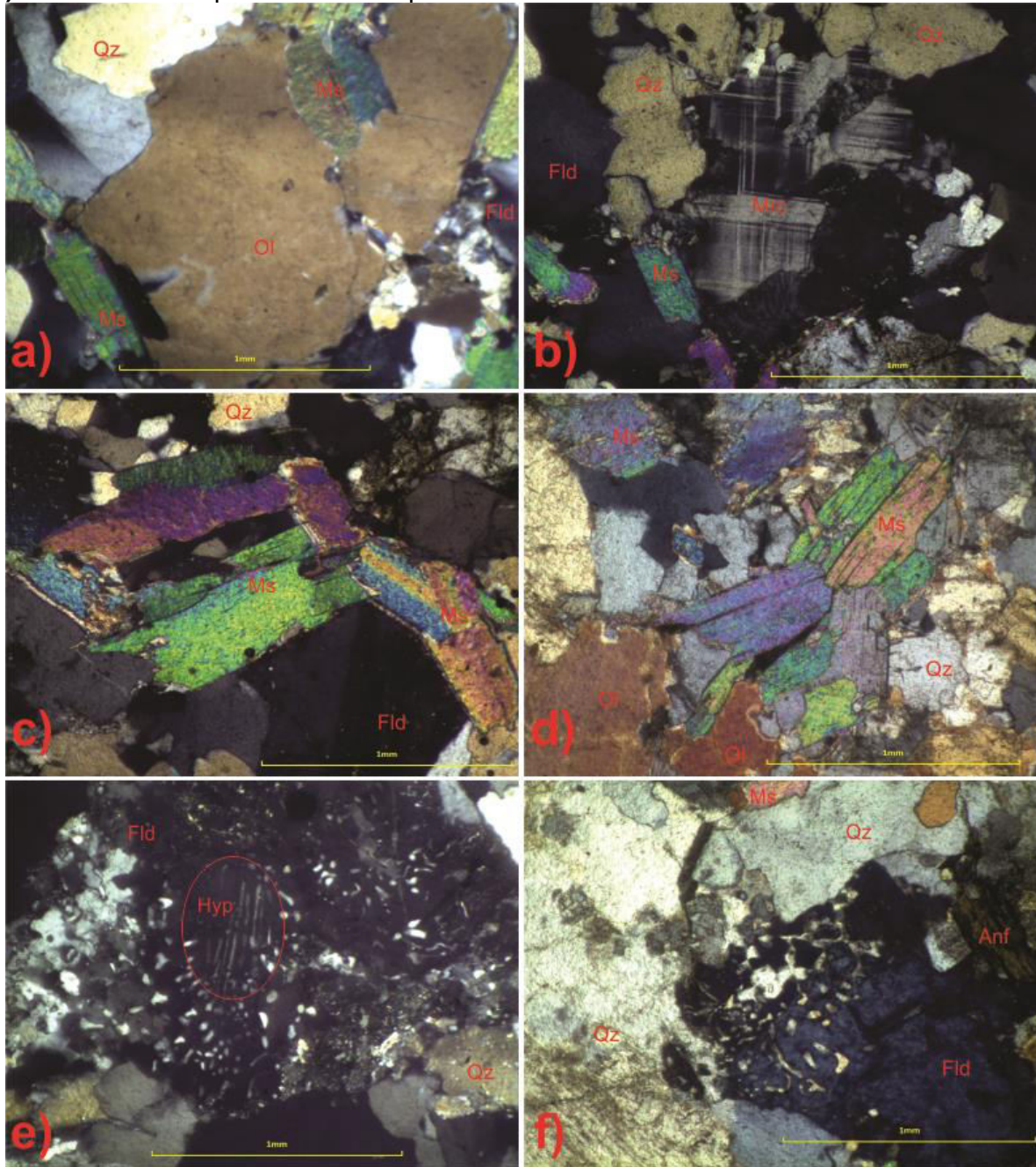
**TABLA 9**  
**PORCENTAJES MINERALES EN SECCIÓN PGZL-02 PARA**  
**MUESTRA DE CAMPO PGZ-05**

MINERAL	PORCENTAJE (%)
Cuarzo (Qz)	30
Feldespatos (Fld)	30
Olivinos (Ol)	20
Moscovita (Ms)	10
Biotita (Bt)	5
Plagioclasas (Pgl)	3
Anfíboles (Anf)	2
<b>TOTAL</b>	<b>100</b>

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## IMAGEN 14. MICROESTRUCTURAS PRESENTES EN LA SECCIÓN DELGADA PGZL-02

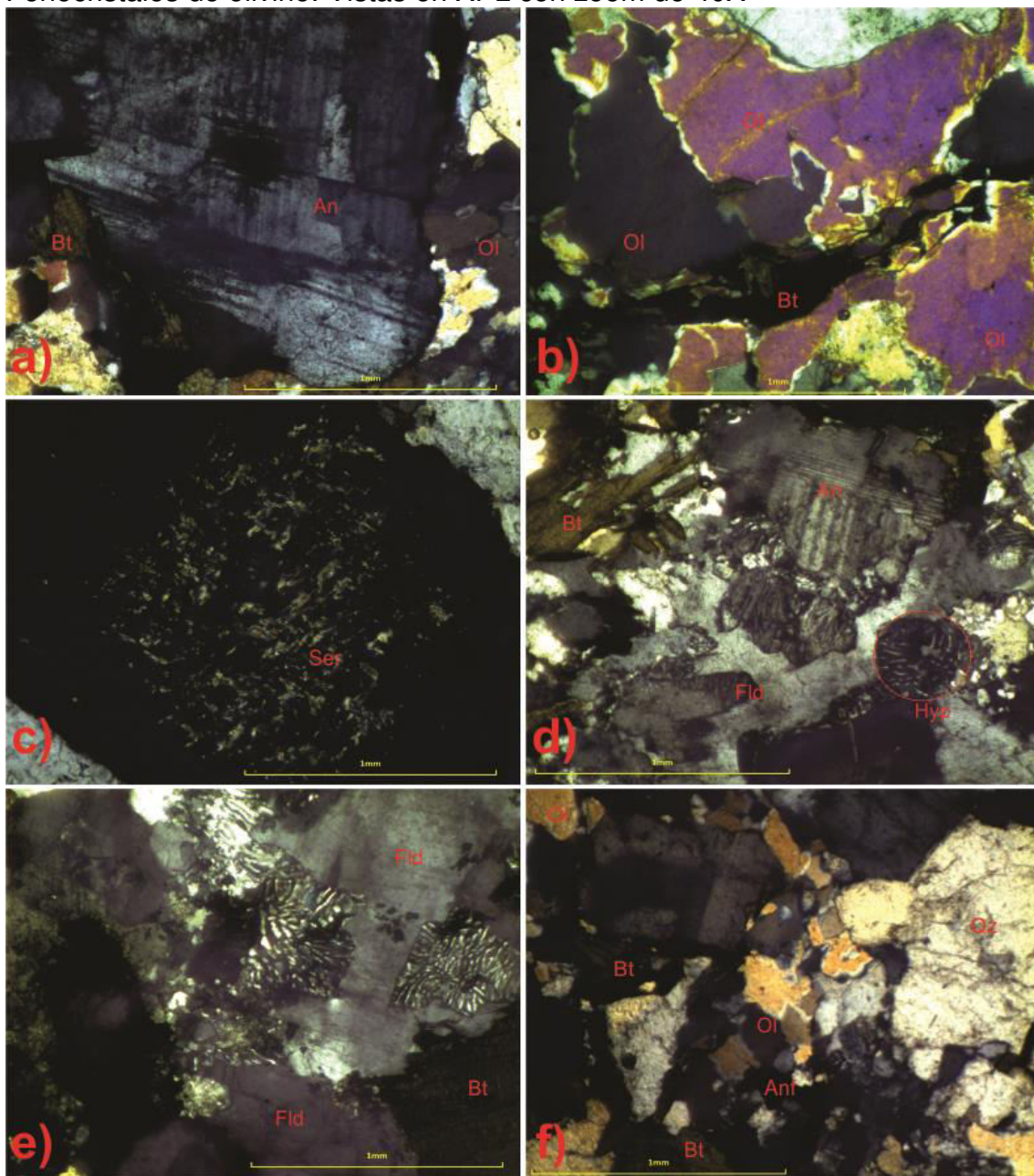
- a) Fenocristal de Olivino
- b) Microclina con maclado polisintético con reticulado perpendicular
- c) Fenocristal de moscovita
- d) Fenocristales de olivino y moscovita
- e) Hipersteno y textura mirmequítica en feldespato
- f) Textura mirmequítica en feldespato. Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FOTOGRAFÍA 15 MICROESTRUCTURAS PRESENTES EN SECCIÓN DELGADA PGZL-03

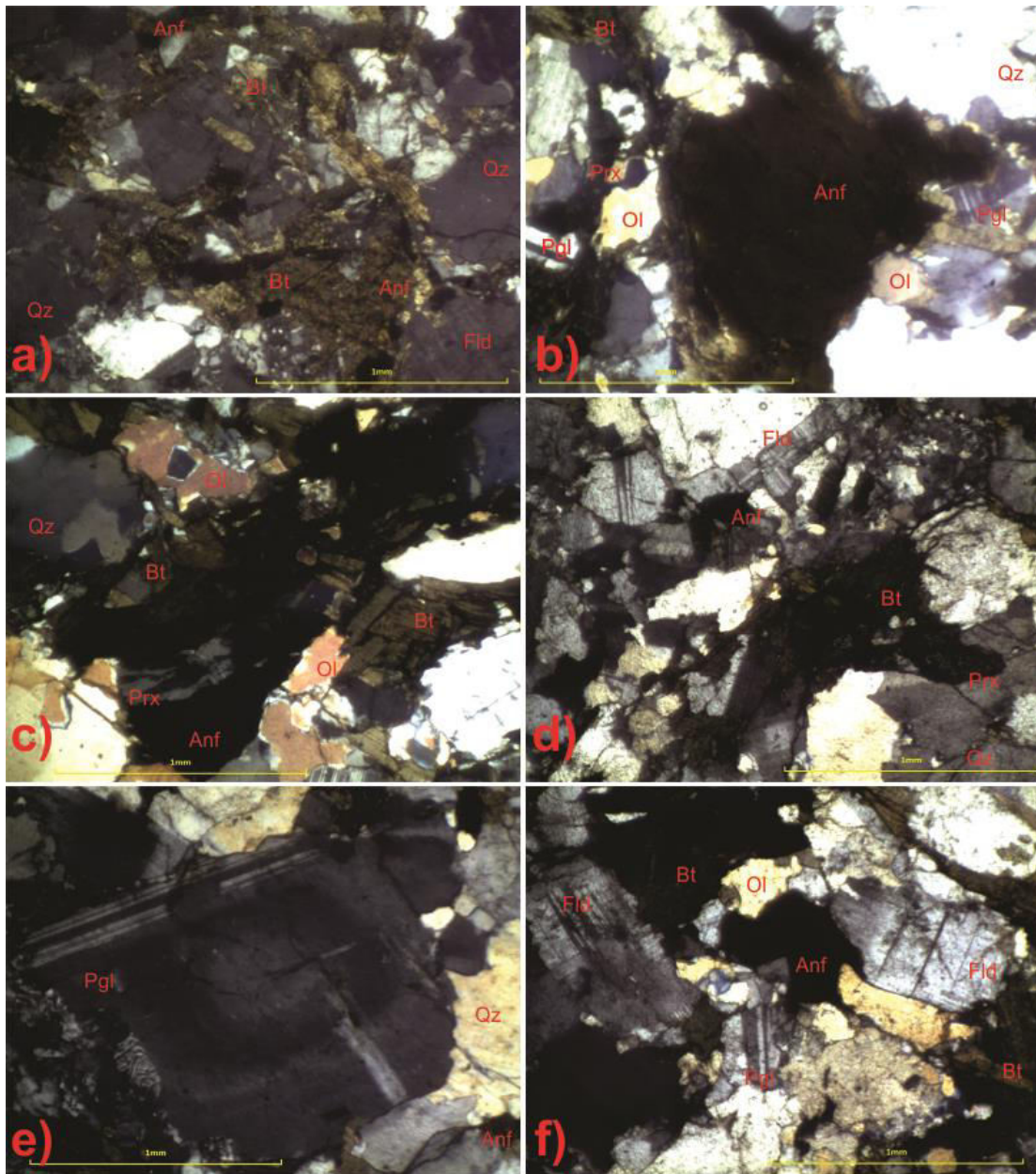
- a) Fenocristal de feldespato del tipo anortoclasa, con maclado en tartán
- b) Fenocristal de olivino
- c) Feldespato reemplazado por sericita (sericitización)
- d) Hipersteno y feldespato del tipo anortoclasa,
- e) Textura micrográfica en feldespato
- f) Fenocristales de olivino. Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FOTOGRAFÍA 16 MICROESTRUCTURAS PRESENTES EN SECCIÓN DELGADA PGZL-04

- a) Fenocristal de anfíbol coloración café y biotita coloración rosa-verde
- b) Fenocristal de anfíbol coloración café y hábito tabular-fibroso
- c) Fenocristales de biotita coloración rosa-verde
- d) Fenocristal de piroxeno y biotita rosa-verde y microfracturamiento en feldespatos
- e) Zonación concéntrica en plagioclasa
- f) Fenocristales de Biotita y plagioclasa del tipo bytownita. Vistas en XPL con zoom de 40X

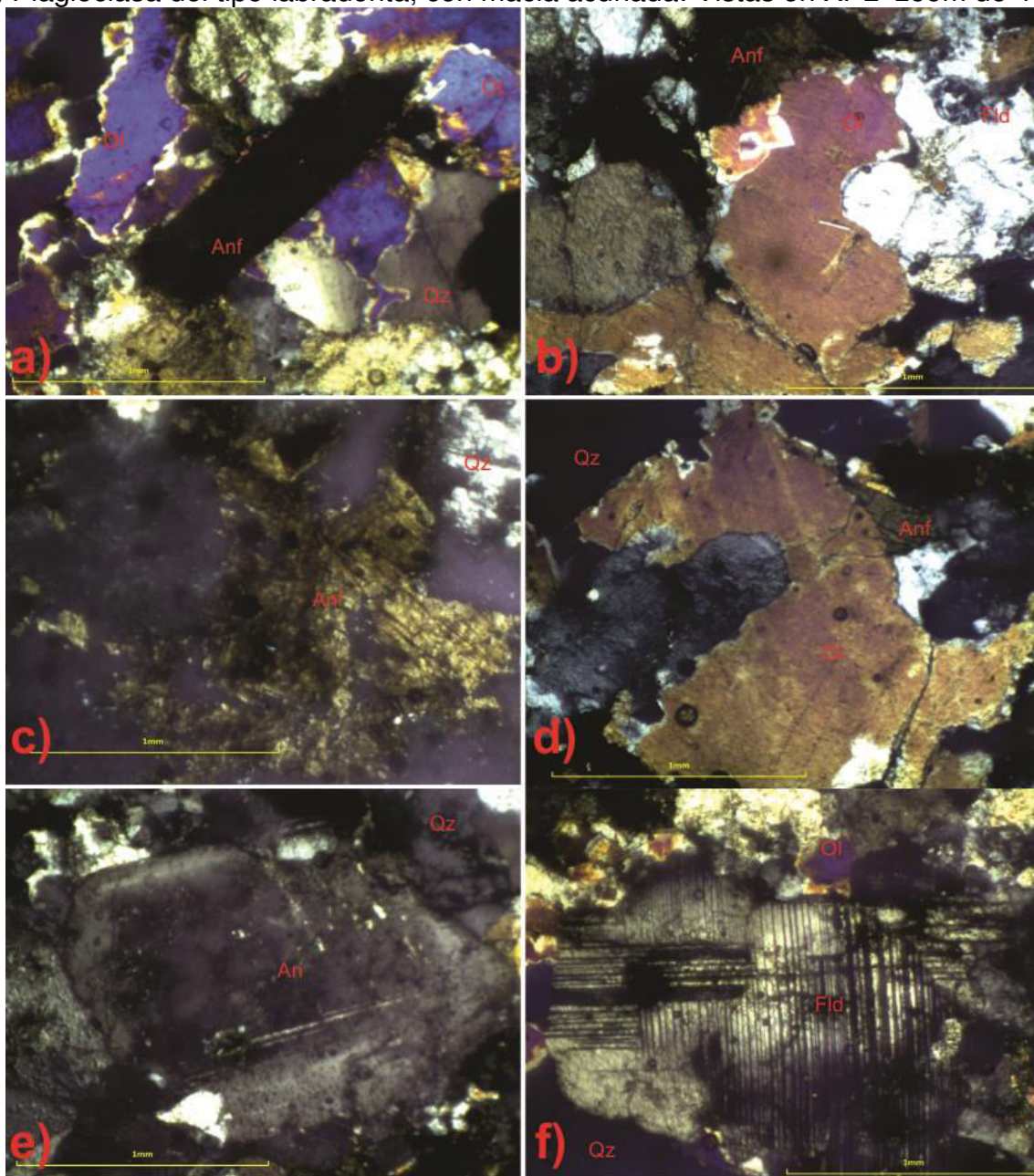


Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FOTOGRAFÍA 17

### MICROESTRUCTURAS PRESENTES EN SECCIÓN DELGADA PGZL-05

- a) Fenocristal de anfíbol rodeado de fenocristales de olivinos
- b) y d) Fenocristal de olivino con un relieve alto
- c) Anfíbol de coloración café claro
- e) Fenocristal de feldespato del tipo anortoclasa, con maclado en tartán, que es una variación de la macla polisintética, con reticulado en ángulo agudo
- f) Plagioclasa del tipo labradorita, con macla acuñada. Vistas en XPL zoom de 40X

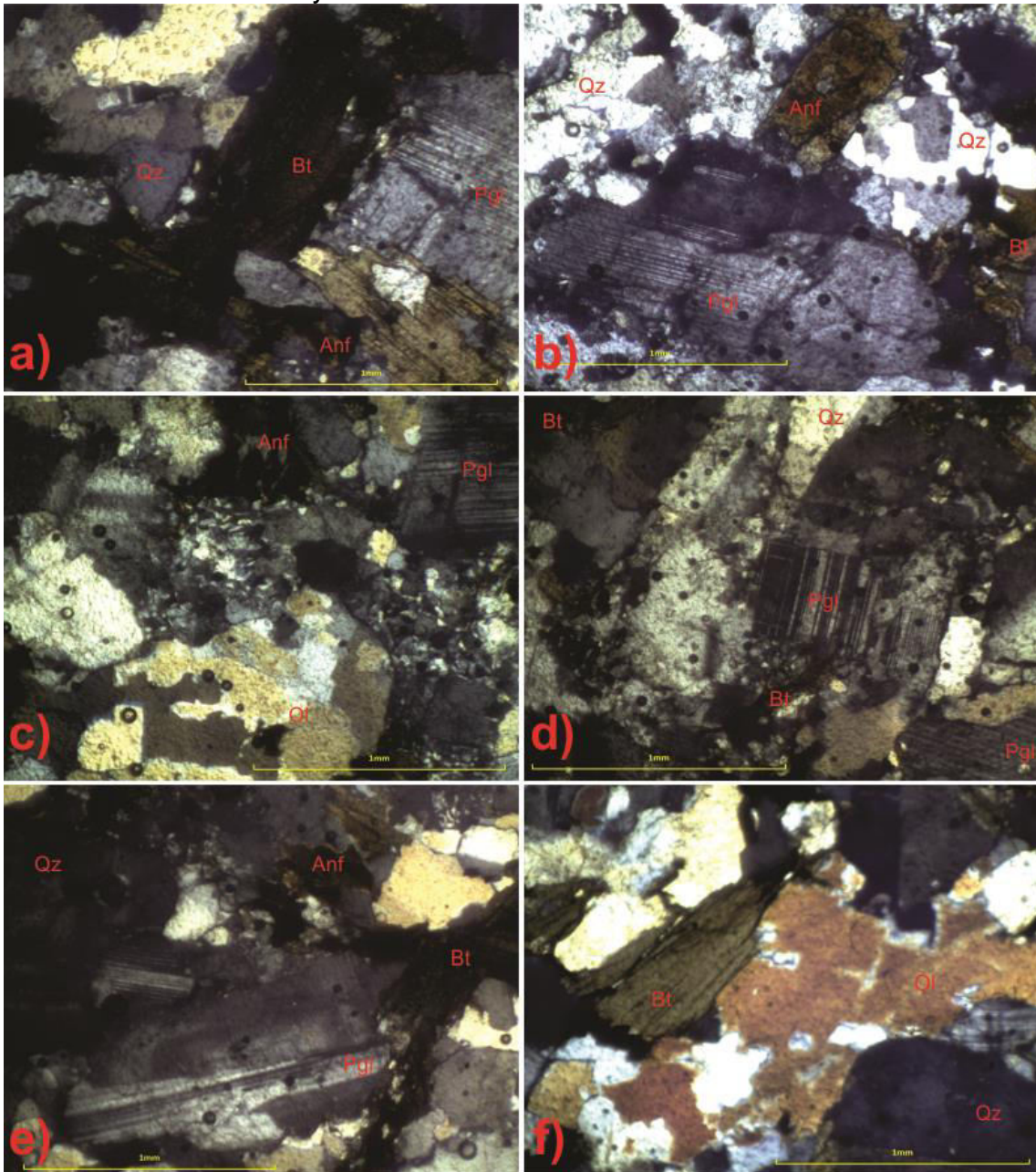


Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012



## FOTOGRAFÍA 18 MICROESTRUCTURAS PRESENTES EN SECCIÓN DELGADA PGZL-06

- a) Fenocristal de biotita coloración café y plagioclasa del tipo labradorita
- b) Fenocristal de anfíbol coloración café y plagioclasa del tipo labradorita
- c) Fenocristales de olivino y textura mirmequítica en feldespatos
- d) Textura mirmequítica y fenocristal de plagioclasas del tipo labradorita
- e) Deformación y zonación concéntrica en plagioclasa,
- f) Fenocristales de biotita y olivino. Vistas en XPL con zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

#### **4. 1. 4 Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp)**

Esta unidad está situada al noreste del área, sobre la aldea los Jutes y caserío el Volcán, y al noroeste del caserío Los Limones y finca Oaxaca, donde el relieve del terreno es suave. Estos presentan una textura fina, con una coloración de café a blanco, se componen principalmente de pequeños fragmentos de pómez (véase fotografía 19).

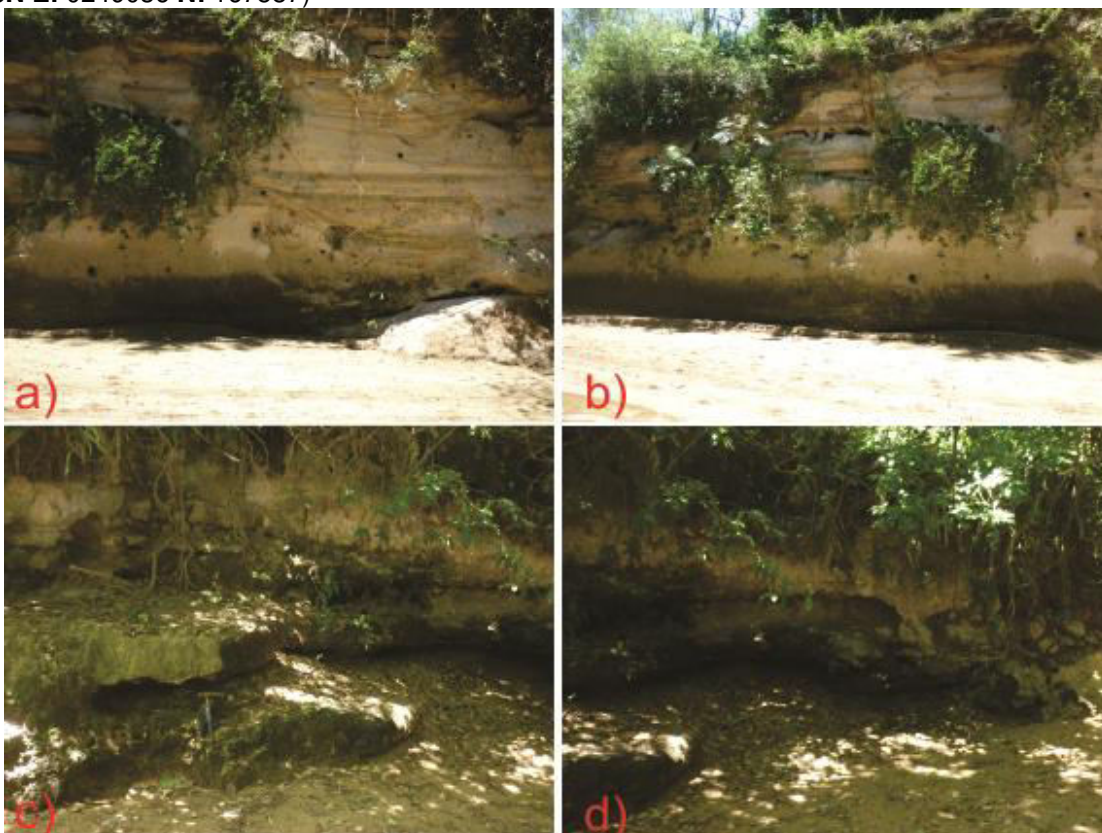
Los depósitos pomáceos en cercanías a caserío Los Limones, presenta una estructura en flor positiva la cual se origina por deformación no planar y responde al caso de una dúplex extensional

Entre estos depósitos también se observan brechas originadas por transporte aluvial, se extiende alrededor de 200 m entre los depósitos pomáceos y el aluvión, están compuestas de cantos angulosos de rocas metamórficas, envuelto en una matriz de pómez, dicho afloramiento se ubica en los alrededores del caserío Los Limones.

## FOTOGRAFÍA 19 DEPOSITOS POMÁCEOS EN CASERÍO LOS LIMONES

**a) y b)** Depósitos pomáceos que presentan una estructura en flor positiva  
(16N E: 0249010 N: 1671714)

**b) y d)** En estas imágenes se observan los Depósitos pomáceos  
(16N E: 0249036 N: 167587)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### 4. 1. 5 Unidad de Aluvión (Qa)

Esta unidad se sitúa al noroeste del área en el caserío Los Limones y finca Oaxaca, y al suroeste del río el Zapote. El Aluvión alrededor de unos 4 km<sup>2</sup> del área total mapeada, y se encuentra donde la pendiente es más suave (Véase fotografía 20).

El termino aluvión se utiliza cuando se refiere a material no consolidado, que ha sido transportado y depositado de manera transitoria o permanente, por corrientes de agua, o de manera

repentina como inundaciones, creando de esa manera planicies aluviales.

Sobre el aluvión del caserío Los Limones, también se observan brechas originadas por transporte aluvial, que se sitúan junto al aluvión y están compuestas de cantos angulosos de rocas metamórficas, envuelto en una matriz de pómez.

## FOTOGRAFÍA 20 ALUVIÓN EN CASERÍO LOS LIMONES

a) y b) Aluvión en cercanías a caserío los Limones

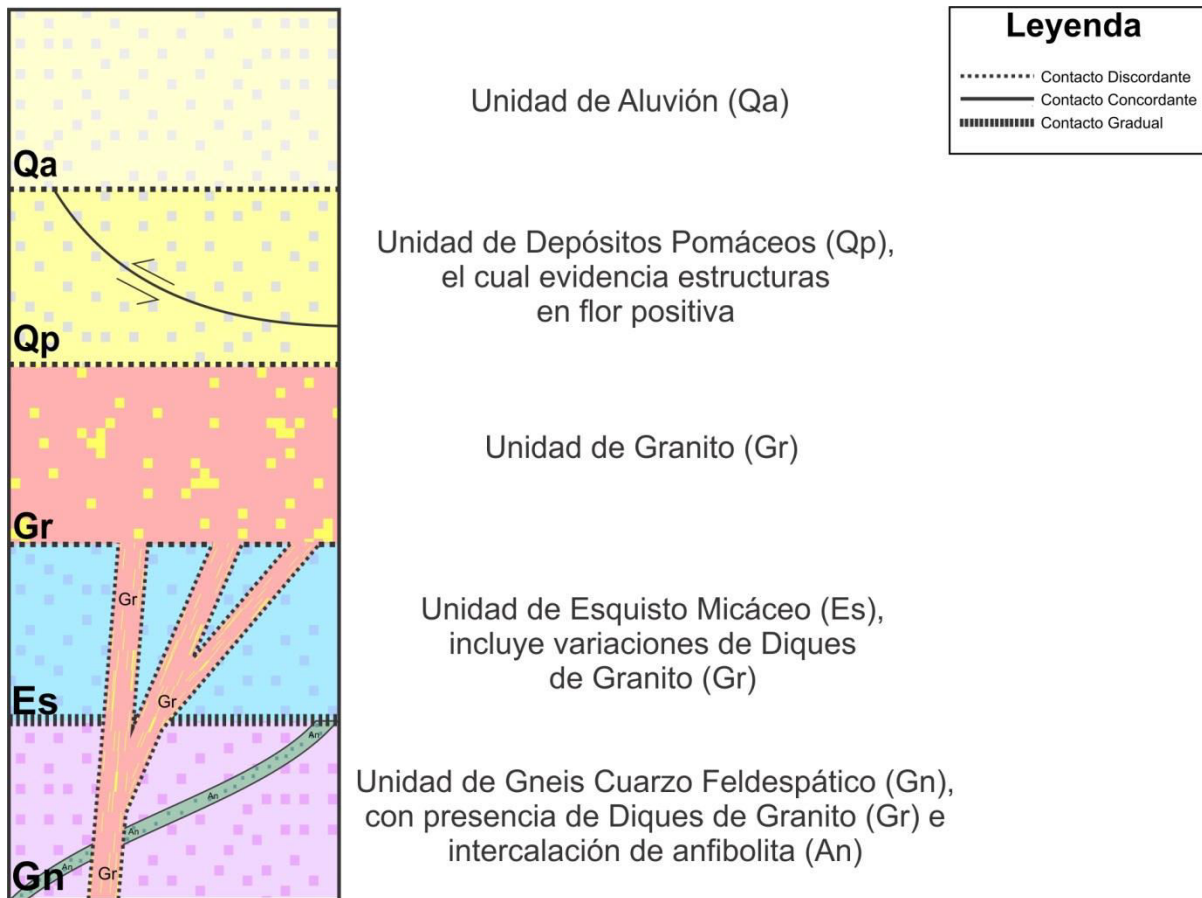
c) y d) Muestran brechas originadas por transporte aluvial (16N E: 0249036 N: 1671587)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

#### 4.1.6 Columna lito-estratigráfica local

**FIGURA 4**  
**COLUMNA LITO-ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA**  
**(MÁS RECIENTE ARRIBA)**



Fuente: Investigación de Campo. 2 012 (Software CorelDraw X6)

## 4.2 Geología estructural local

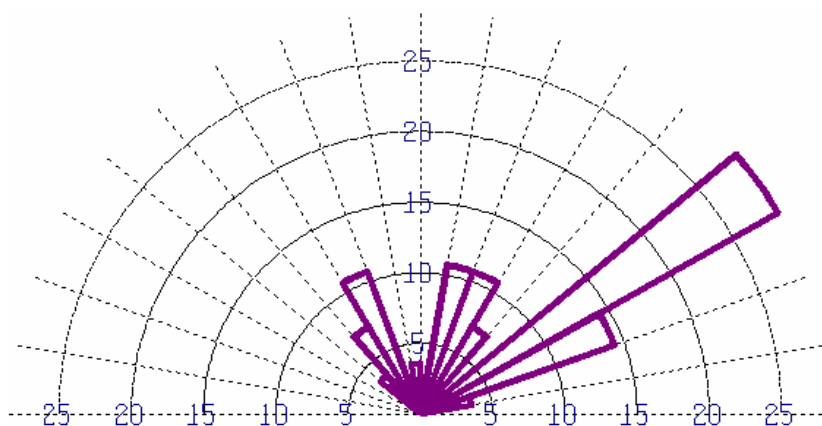
A continuación se incluyen los diagramas que indican las orientaciones preferenciales en las foliaciones, pliegues, fracturas, grietas de tensión y fallas. Los datos que contienen estos diagramas fueron obtenidos durante la etapa de campo y se plotearon en estereogramas y rosetas, utilizando *software* especializado como *Rose-Rockware*, *Geoplot* y *CorelDrawX6*

### 4.2.1 Lineamientos

Las fotografías aéreas de donde se obtuvieron los datos de lineamientos tienen los números de identificación 0666 y 0667, a escala 1: 40 000, de la cual se hizo el respectivo mapa de lineamientos (Mapa 4). El mapa muestra tres direcciones preferenciales de los lineamientos una principal a N055, y dos secundarias a N020 y N335 respectivamente (Véase Diagrama de Rosas figura 5).



**FIGURA 5**  
**DIAGRAMA DE ROSAS DE LINEAMIENTOS**  
 N= 28



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

#### 4.2.2 Foliación

Los planos de foliación muestran una orientación preferencial *NE-SW* de un evento primario en dirección sinistral, que puede estar asociado a la zona de falla del Motagua y un evento secundario en dirección *NW-SE*, que se puede atribuir a un evento dextral, posiblemente de la falla Jalpatagua. Los estereogramas presentan un evento de foliación de plano axial ( $S_2$ ), debido a que existen evidencias de ejes de pliegue, pliegues parásitos y planos axiales, los cuales se encuentran a nivel local.

Los planos de foliación fueron sectorizados según el tipo de roca, porque presentan una foliación preferencial y no se pueden incluir en un solo paquete. Finalmente al sectorizarlas y analizarlas, dan como resultado dos sectores distintos, que a continuación se mencionan. (Véase Anexo VI).



### a. Foliación sector 1

Los planos de foliaciones pertenecientes a este sector muestran un esfuerzo principal de compresión en dirección *NE-SE* (N042), asociado a la zona de falla del Motagua (indicado con flechas color azul) y un esfuerzo secundario de compresión en dirección *NW-SW* (N324), que se puede atribuir a la Falla Jalpatagua (indicado con flechas rojas), ambos eventos de compresión se ilustran en el estereograma de la figura 6. Estas foliaciones pertenecen al área que comprende las aldeas el Zapote y los Jutes, caserío el Volcán, finca el Cedral, porque la dirección de foliación al norte del área, varía de manera considerable, como para incluirlas en el estereograma de la figura 6.

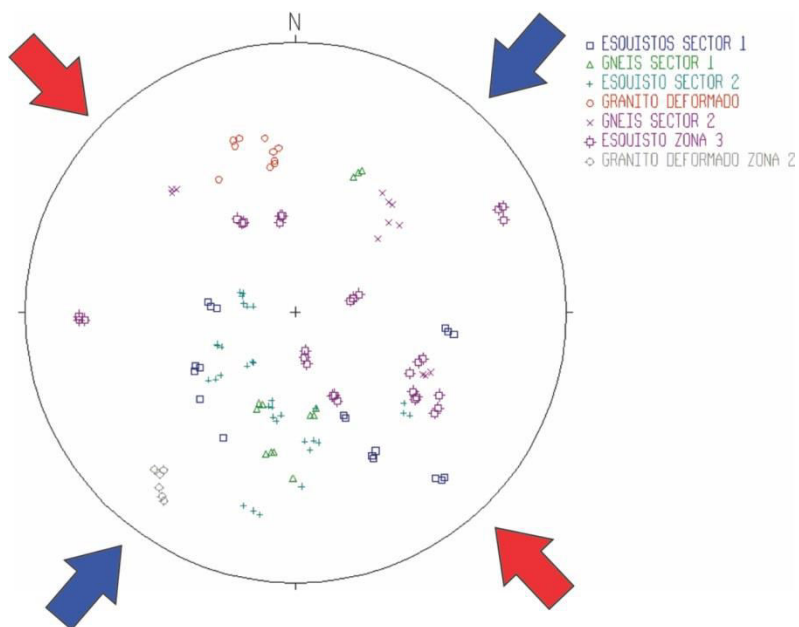
## FOTOGRAFÍA 21 FOLIACIÓN EN AFLORAMIENTOS DEL SECTOR 1

- a)** Foliación en esquistos con dirección 44/N009, afloramiento ubicado en las cercanías a aldea el Zapote (16P E: 249419 N: 1669625)  
**b)** Esquistos con dirección de foliación 40/N356, afloramiento ubicado en cercanías a caserío el Volcán (16P E: 251165 N: 1670094)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**FIGURA 6**  
**ESTEREOGRAMA DE POLOS EN FOLIACIÓN DEL SECTOR 1**  
 N=124



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

### b. Foliación Sector 2

Los planos de foliaciones pertenecientes a este sector muestran un esfuerzo de compresión principal *NE-SE* (N050), asociado a la zona de falla del Motagua, como lo indica el estereograma de la figura 7. Estas foliaciones pertenecen al parte norte del área, y no se incluyeron en el estereograma anterior debido a la gran variación de dirección de foliación. Véase fotografía 22.

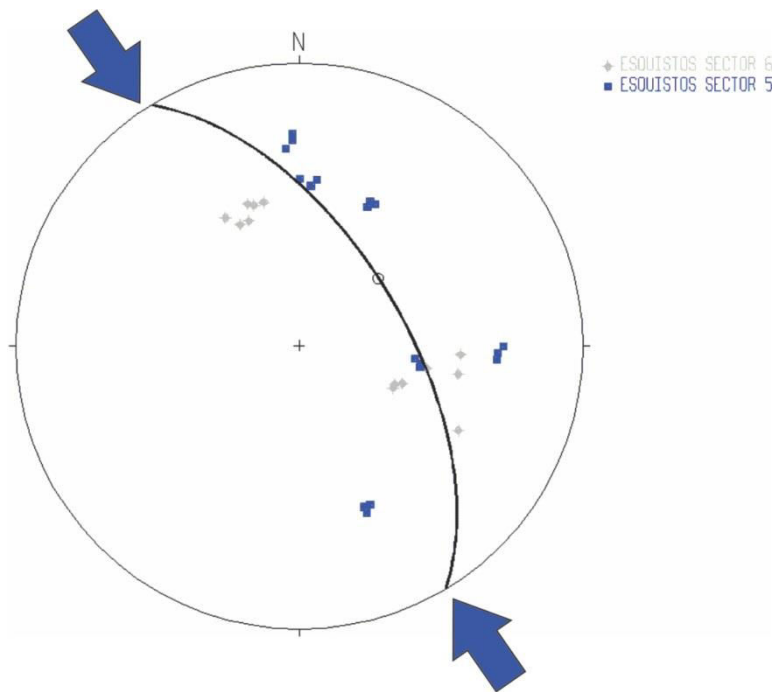
## FOTOGRAFÍA 22 FOLIACIÓN EN AFLORAMIENTOS DEL SECTOR 2

- a) Foliación en esquistos con dirección 40/N158 (16P E: 250032 N: 1671084)  
 b) Esquistos con dirección de foliación 48/N280. Afloramientos ubicados sobre la carretera principal hacia aldea los Jutes (16P E: 250088 N: 1671362)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FIGURA 7 ESTEREOGRAMA DE POLOS EN FOLIACIÓN DEL SECTOR 2 N=31



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

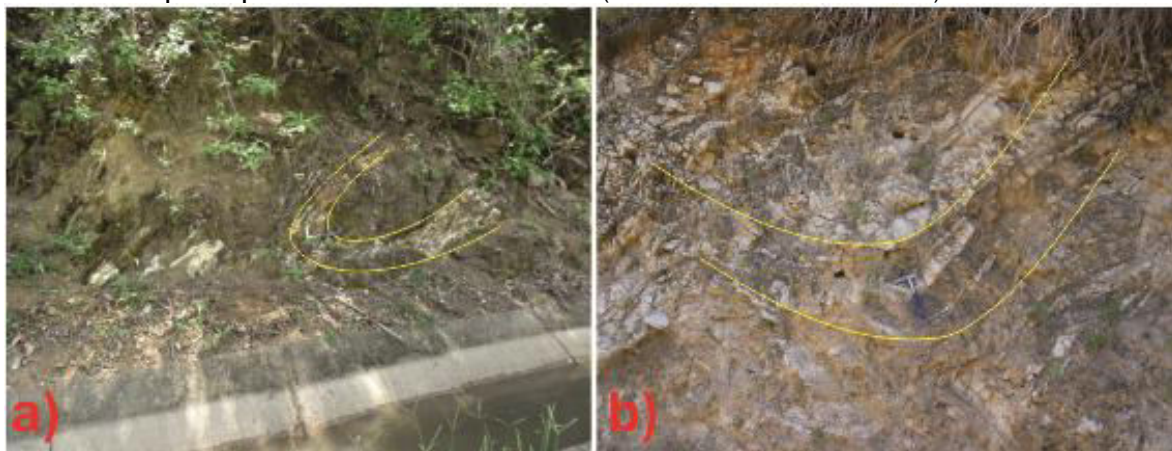
### 4.2.3 Pliegues

Los pliegues encontrados en campo son del tipo antiforme, sinforme, volcado. Estos pliegues fueron originados debido a la foliación de plano axial, esto indica, que la roca es más dúctil y en lugar de romperse se dobla o pliega. Véase fotografía 23.

Los ejes de pliegue muestran un esfuerzo de compresión en dirección *NE-SW* (N305), asociado a la zona de falla del Motagua (indicado con flechas rojas) y otro esfuerzo en dirección *NW-SE* (N040), que puede atribuirse a la falla Jalpatagua (indicado con flechas azules). Véase figura 8.

## FOTOGRAFÍA 23 PLIEGUES EN AFLORAMIENTOS DE ESQUISTOS

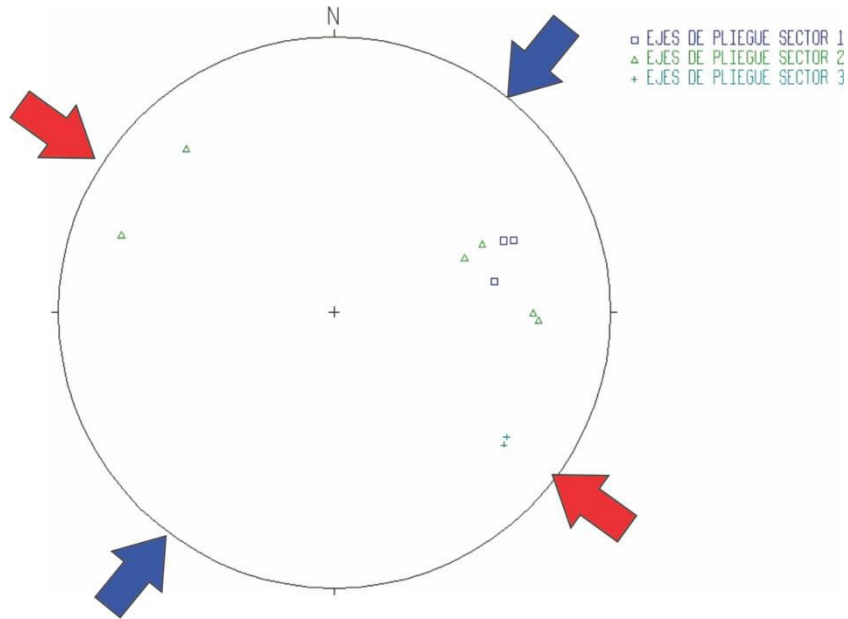
- a)** Pliegue volcado en esquistos con dirección 30/N068, afloramiento ubicado en las cercanías a aldea el Zapote (16P E: 249213 N: 1669048)  
**b)** Pliegue sinforme en esquistos con dirección 47/N067, afloramiento ubicado sobre la carretera principal hacia aldea los Jutes (16P E: 250022 N: 1671129)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FIGURA 8 ESTEREOGRAMA QUE INCLUYE LAS LÍNEAS DE LOS EJES DE PLIEGUE

N=10



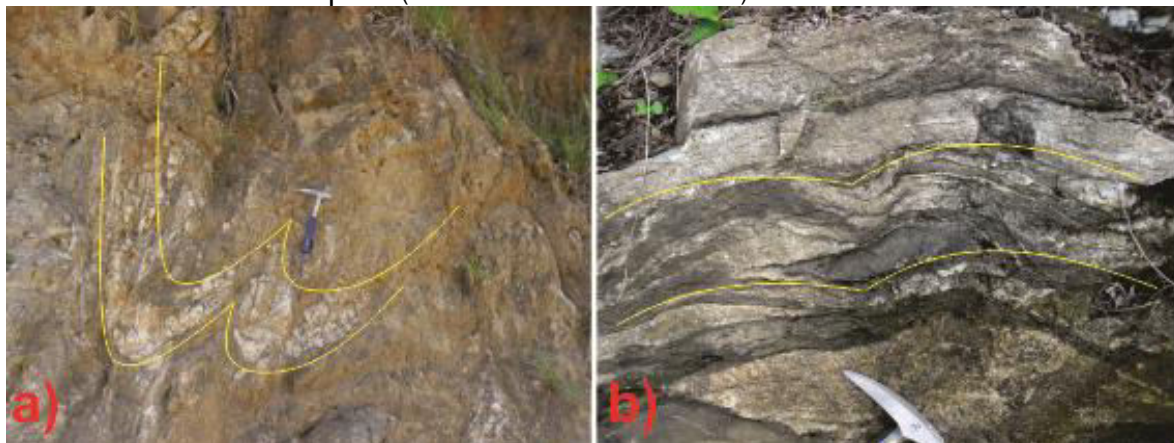
**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

### a. Pliegues “M” y “W”

Los pliegues “M” y “W” son del tipo parásitos y los pertenecientes al área muestran un esfuerzo de compresión *NE-SW* (N300), asociado a la zona de falla de Motagua, como indica el estereograma de la figura 9. Estos pliegues pertenecen al área que comprende la aldea el Zapote y caserío el Volcán.

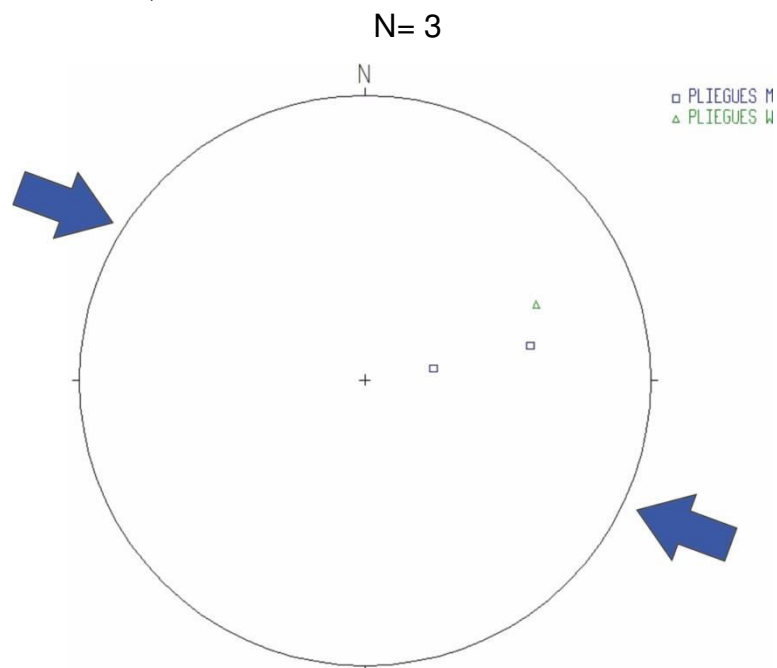
## FOTOGRAFÍA 24 PLIEGUES “M” Y “W” EN AFLORAMIENTOS DE ESQUISTOS

- a) Pliegue “W” en esquistos con dirección 30/N066, afloramiento ubicado sobre la carretera principal hacia aldea los Jutes (16P E: 250022 N: 1671129)
- b) Pliegue “M” en esquistos con dirección 40/N078, afloramiento ubicado en las cercanías a aldea el Zapote (16P E: 249530 N: 1668487)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## FIGURA 9 ESTEREOGRAMA QUE INCLUYE LÍNEAS DE PLIEGUES “M” Y “W”



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

**b. *Boudines***

Los *boudines* son estructuras secundarias del plegamiento. Los ejes del boudin muestran un esfuerzo en dirección *NE-SW* (N335), asociado a la zona de falla del Motagua, como indica el estereograma de la figura 10.

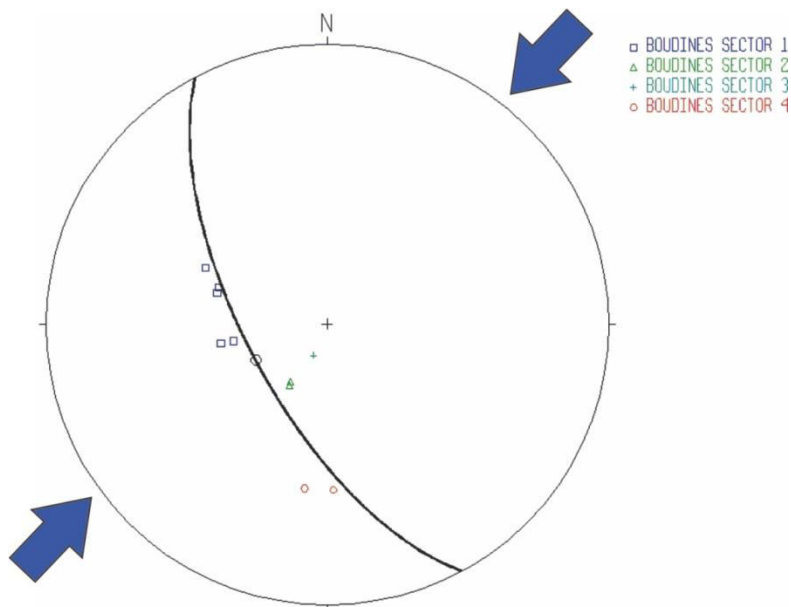
**FOTOGRAFÍA 25  
*BOUDIINES***

- a)** *Boudines* en esquistos, con dirección 20/N033, afloramiento ubicado sobre la carretera principal hacia aldea los Jutes (16P E: 250022 N: 1671129)  
**b)** *Boudines* en gneis cuarzo feldespático, con dirección 34/N106, afloramiento ubicado en cercanías a aldea el Zapote (16P E: 249530 N: 1668487)



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**FIGURA 10**  
**ESTEREOGRAMA EN DONDE SE INCLUYEN LOS EJES DE**  
**BOUDINES**  
 N= 10



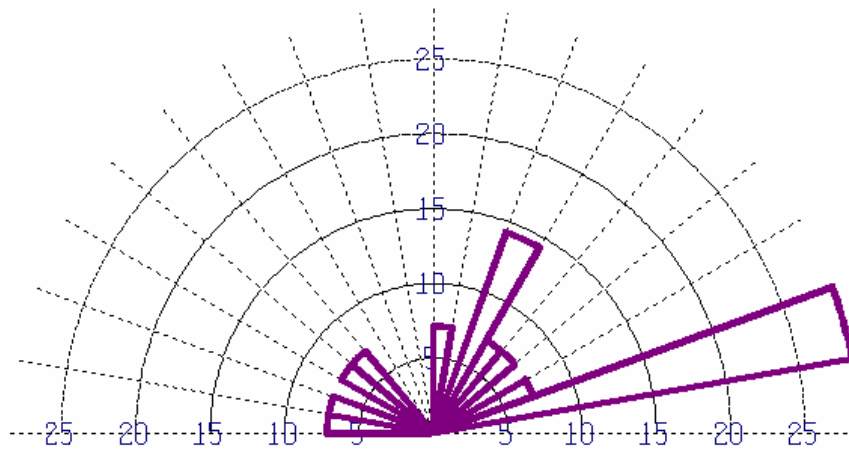
**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

### c. Plano axial

Los planos axiales pertenecientes muestran un esfuerzo de compresión preferencial *NE-SW* (N075), atribuidos a la zona de falla del Motagua, presenta una vergencia en dirección *NE*, como indica el diagrama de rosas de la figura 11.



**FIGURA 11**  
**DIAGRAMA DE ROSAS CON DATOS OBTENIDOS DEL PLANO**  
**AXIAL**  
 N= 10



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

#### 4.2.4 Fracturas

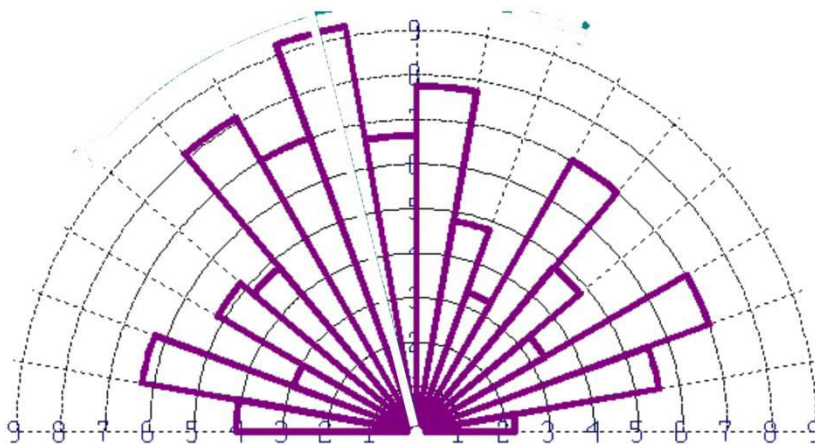
Como se observa en el diagrama de rosas de la figura 10, se definieron ocho familias de fracturas, las orientaciones preferenciales de los planos de fracturas se mencionan en la tabla 10.

**TABLA 10.**  
**FAMILIAS DE FRACTURAS Y DIRECCIÓN PREFERENCIAL**

FRACTURAS	
FAMILIA	DIRECCION
01	N345
02	N325
03	N005
04	N285
05	N035
06	N065
07	N305
08	N085

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

**FIGURA 12**  
**DIAGRAMA DE ROSAS MOSTRANDO PATRÓN DE**  
**FRACTURAMIENTO EN EL ÁREA DE ESTUDIO**  
N= 271



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

#### 4.2.5 Grietas de tensión

Las grietas de tensión fueron sectorizadas según sus esfuerzos principales, teniendo un total de cuatro sectores, que varían en las direcciones *NE-SW* y *NW-SE*, estas se atribuyen a dos eventos principales, uno evento sinistral, atribuido a la zona de falla del Motagua y el otro evento dextral, perteneciente a la zona de falla Jalpatagua. (Véase Anexo VI).

## FOTOGRAFÍA 26 GRIETAS DE TENSIÓN

**a)** Grietas de tensión (grietas de mineralización) en esquistos, con dirección 40/N258 (**16P E:** 250172 **N:** 1671062)

**b)** Grietas de tensión (grietas de mineralización) en esquistos, con dirección 78/N180. Afloramientos ubicados sobre la carretera principal hacia aldea los Jutes (**16P E:** 250067 **N:** 1671302)



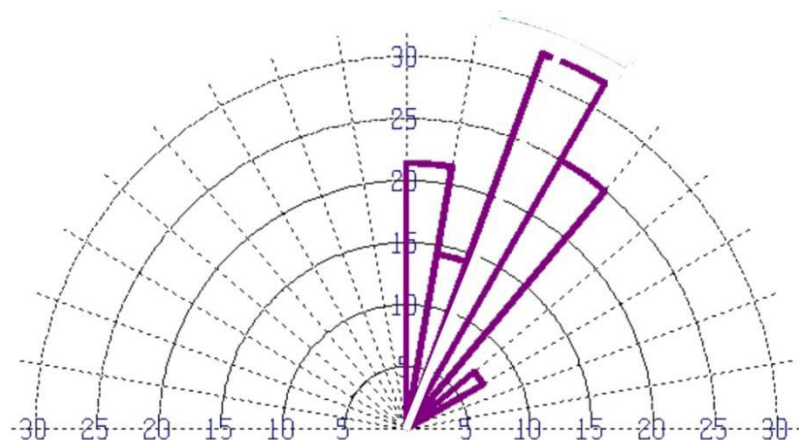
Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### a. Grietas de tensión sector 1

El diagrama de rosas de las grietas de tensión del sector 1, muestra una dirección preferencial de rumbo *NE-Sw* (N23), véase figura 13.

**FIGURA 13**  
**DIAGRAMA DE ROSAS CON DIRECCIÓN DE GRIETAS DE**  
**TENSIÓN EN SECTOR 1**

N=8



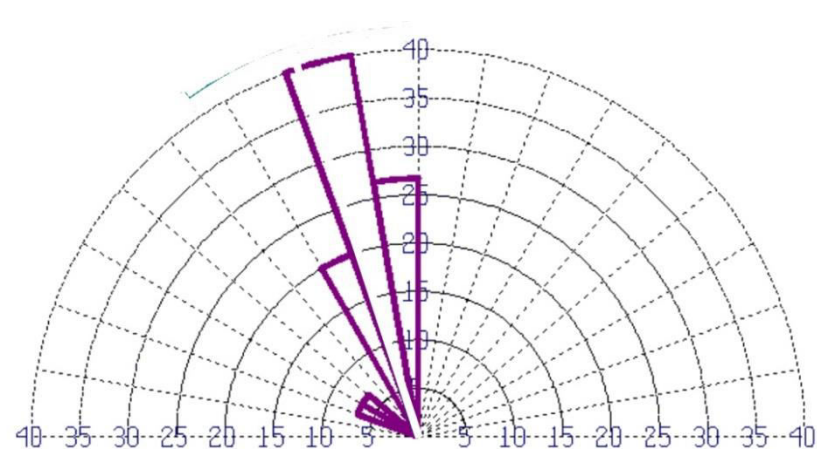
**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

**b. Grietas de tensión sector 2**

El diagrama de rosas de las grietas de tensión del sector 2, muestran una dirección preferencial de rumbo NW-SE (N340), véase figura 14.

**FIGURA 14**  
**DIAGRAMA DE ROSAS CON DIRECCIÓN DE GRIETAS DE**  
**TENSIÓN EN SECTOR 2**

N=29



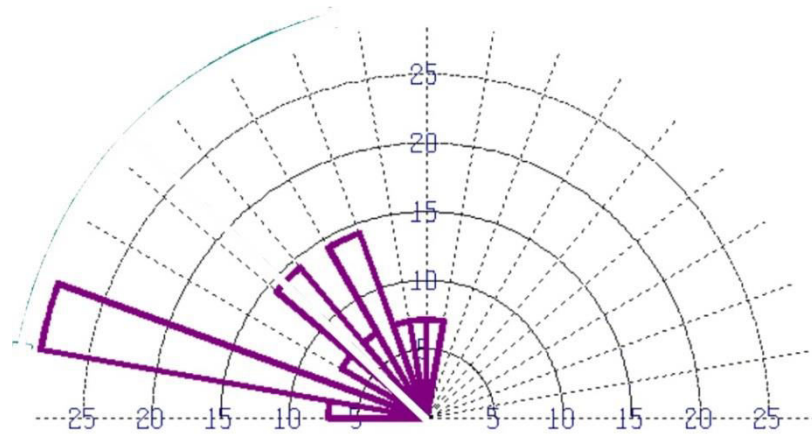
**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

### c. Grietas de tensión sector 3

El diagrama de rosas de las grietas de tensión del sector 3, muestran una dirección preferencial de rumbo *NW-SE* (N312), véase figura 15.

## FIGURA 15 DIAGRAMA DE ROSAS CON DIRECCIÓN DE GRIETAS DE TENSION EN SECTOR 3

N=11

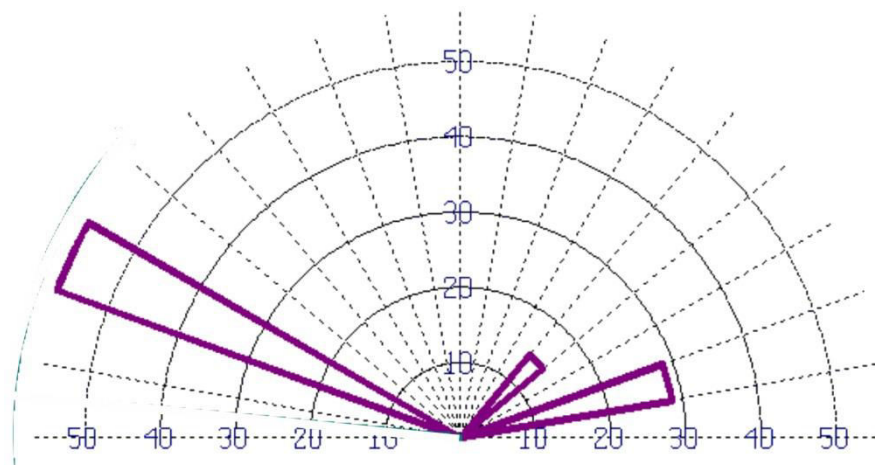


**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

### d. Grietas de tensión sector 4

El diagrama de rosas de las grietas de tensión del sector 4, muestran una dirección preferencial de rumbo *NW-SE* (N275), véase figura 16.

**FIGURA 16**  
**DIAGRAMA DE ROSAS CON DIRECCIÓN DE GRIETAS DE**  
**TENSIÓN EN SECTOR 4**  
 N=16



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software-Rose-Rockware)

#### 4.2.6 Fallas

Los planos de los fallas se graficaron por familias, dentro de las cuales se obtuvieron dos eventos principales, un evento sinistral, que podría asociarse a la zona de falla del Motagua y el otro dextral, que puede atribuirse a la falla Jalpatagua. Entre los modelos obtenidos cabe resaltar, que el método utilizado para encontrar los esfuerzos principales, fue el de fallas conjugadas (modelo de Anderson). Entre estructuras importantes, se observó una estructura en flor positiva, en depósitos pomáceos, que responde a un caso de dúplex compresional, con comportamiento transcurrente-inverso, en compresión, que provoca elevación en la topografía del área.

### a. Fallas normales

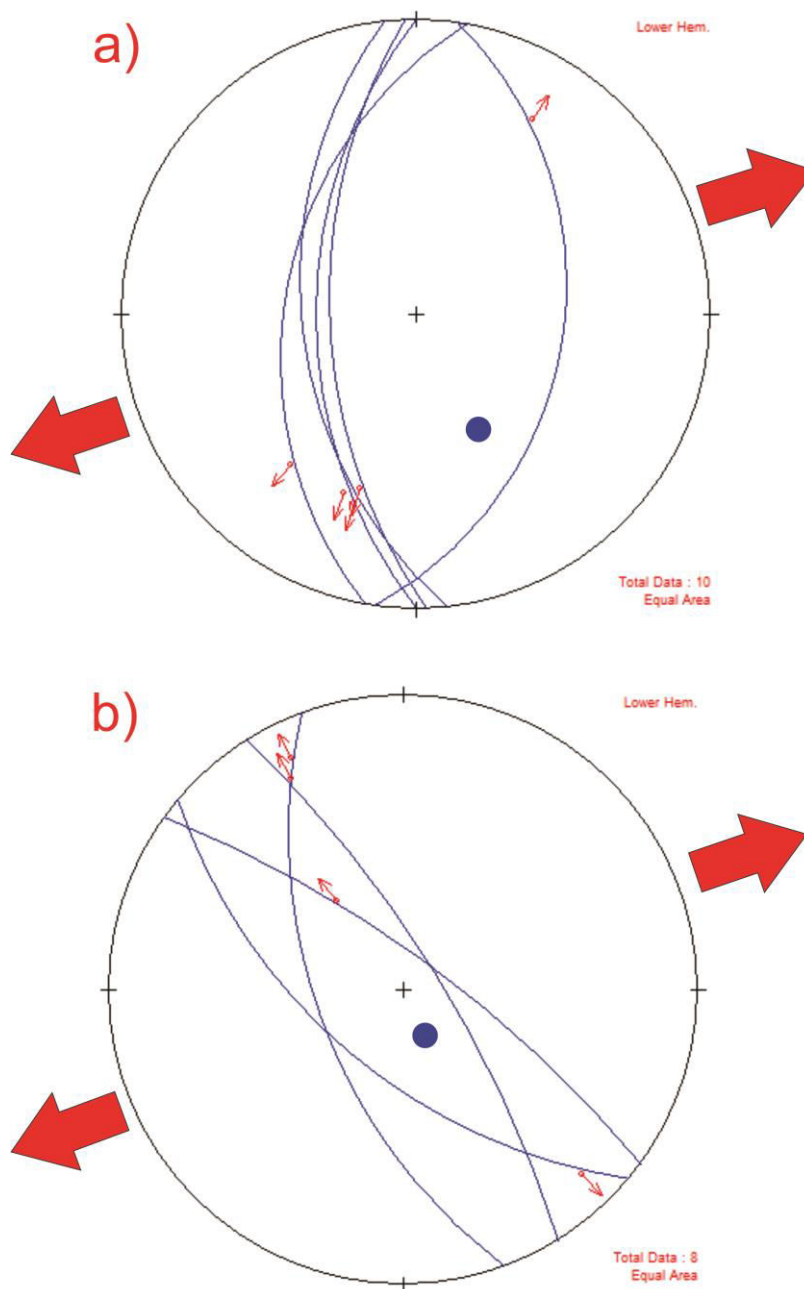
Las familias de planos de las fallas se graficaron con la intención de comprender la geología local. Entre los modelos que se obtuvieron al graficar las distintas familias de fallas que se identificaron de acuerdo a su componente (Normal pura, normal dextral, normal sinistral, etc.). Finalmente al graficarlas en los estereogramas, se obtuvieron dos sistemas de fallas conjugadas para fallas normales. Véase figura 17.

**TABLA 11**  
**BASE DE DATOS FALLAS NORMALES**

CANTIDAD	DIP	DIR	PITCH	TIPO	COORDENADAS
1	53NW	280	44S	NORMAL SINISTRAL	16P E: 250216 N: 1669978
2	66SW	268	42E	NORMAL SINISTRAL	16P E: 250216 N: 1669978
3	62W	270	40S	NORMAL SINISTRAL	16P E: 250216 N: 1669978
4	58SW	264	40E	NORMAL SINISTRAL	16P E: 250216 N: 1669978
5	48SE	98	33E	NORMAL SINISTRAL	16P E: 252992 N: 1669974
6	66SW	250	15N	NORMAL DEXTRAL	16P E: 251776 N: 1669620
7	29NE	47	87E	NORMAL PURA	16P E: 251263 N: 1670080
7	80NE	58	20N	SINISTRAL NORMAL	16P E: 251756 N: 1669635
8	67SW	220	15E	SINISTRAL NORMAL	16P E: 250356 N: 1670037
9	66SW	250	15N	SINISTRAL NORMAL	16P E: 250356 N: 1670037

Fuente: Investigación de campo. 2 012

**FIGURA 17**  
**ESTEREOGRAMAS DE SISTEMAS DE FALLAS CONJUGADAS**  
**PARA FALLAS NORMALES**



Fuente: Investigación de campo. 2 012 (Geoplot)



Al realizar el análisis de la figura 20, para el sistema de fallas conjugadas del inciso “a”, se obtuvo una orientación de los esfuerzos de compresión, en dirección vertical N157 (sigma 1, coloreado en azul) y el esfuerzo distensional, en dirección horizontal N252 (sigma 3, flechas rojas).

Para el sistema de fallas conjugadas del inciso “b”, la dirección de esfuerzo de compresión, en dirección vertical N150 (sigma 1, coloreado en azul) y el esfuerzo distensional, horizontal N040 (sigma 3, flechas rojas).

## b. Fallas inversas

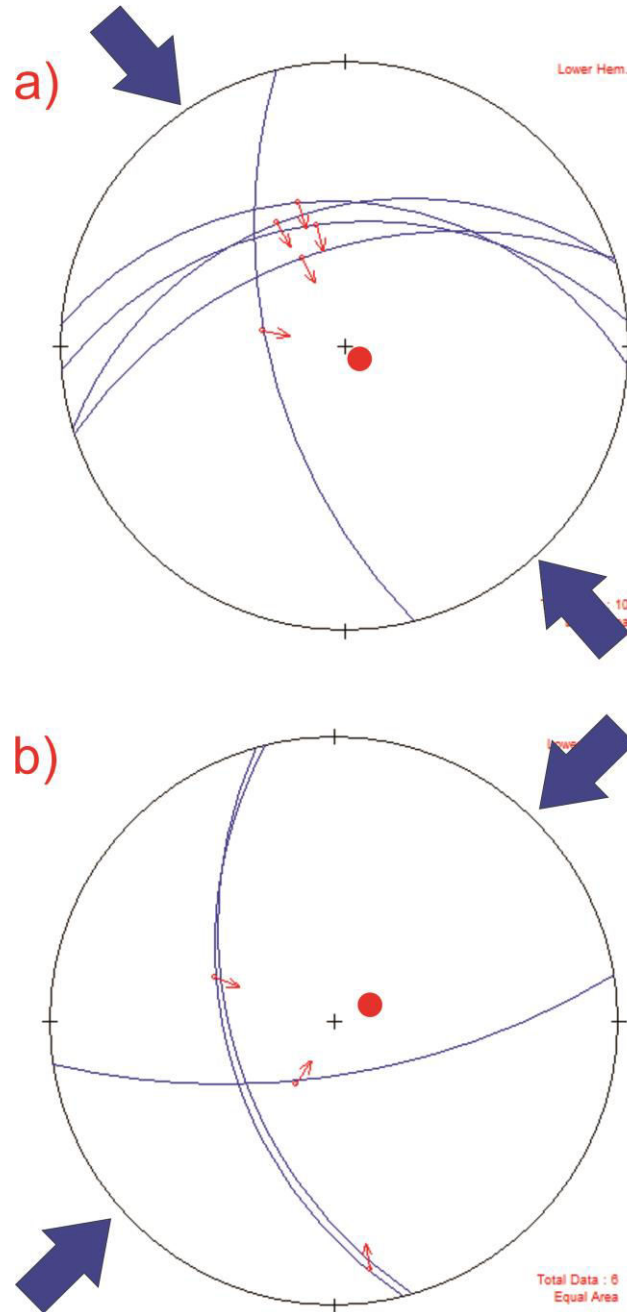
Las familias de planos de las fallas se graficaron con la intención de comprender la geología local. Entre los modelos que se obtuvieron al graficar las distintas familias de fallas que se identificaron de acuerdo a su componente (Inversa pura, Inversa dextral, Inversa sinistral, etc.). Entre las estructuras medidas, cabe mencionar una estructura en flor positiva. Finalmente al graficarlas en los estereogramas, se obtuvieron dos sistemas de fallas conjugadas para fallas inversas. Véase figura 21.

**TABLA 12**  
**BASE DE DATOS FALLAS INVERSAS PURAS E INVERSAS**  
**DEXTRALES**

CANTIDAD	DIP	DIR	PITCH	TIPO	COORDENADAS
1	50NW	343	82S	INVERSA PURA	16P E: 251148 N: 1670095
2	54NW	355	85S	INVERSA PURA	16P E: 251148 N: 1670095
3	62NW	342	86S	INVERSA PURA	16P E: 251148 N: 1670095
4	48NE	04	75W	INVERSA DEXTRAL	16P E: 249530 N: 1668487
5	68SW	256	80W	INVERSA DEXTRAL	16P E: 251312 N: 1669968
6	74SE	171	77S	INVERSA DEXTRAL	16P E: 250406 N: 1670033
7	58SW	256	70NW	INVERSA DEXTRAL	16P E: 251269 N: 1670057
8	60SW	254	15E	SINISTRAL INVERSA	16P E: 249315 N: 1668894

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

**FIGURA 18**  
**ESTEREOGRAMAS DE SISTEMAS DE FALLAS CONJUGADAS**  
**PARA FALLAS INVERSAS**



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Geoplot)

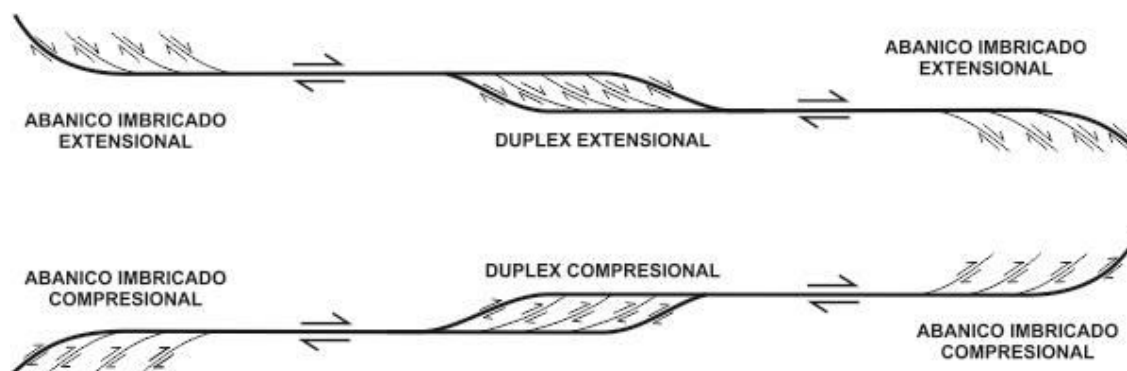
Al realizar el análisis de la figura 21, para el sistema de fallas conjugadas del inciso “b”, se obtuvo una orientación de los esfuerzos de compresión, en dirección horizontal N330 (sigma 1, coloreado en azul) y dirección de esfuerzo distensional, en dirección vertical N167 (sigma 3, flechas rojas).

Para el sistema de fallas conjugadas del inciso “b”, la dirección de esfuerzo de compresión, en dirección horizontal N221 (sigma 1, coloreado en azul) y el esfuerzo distensional, vertical N070 (sigma 3, flechas rojas).

### 1) Estructura en flor positiva (Inversa)

Esta es una de las estructuras más notables que se origina por deformación no planar, el cual responde a un caso de dúplex compresional (véase figura 19), la geometría interior de estas fallas secundarias muestra que pueden encontrarse en profundidad a una zona de falla única.

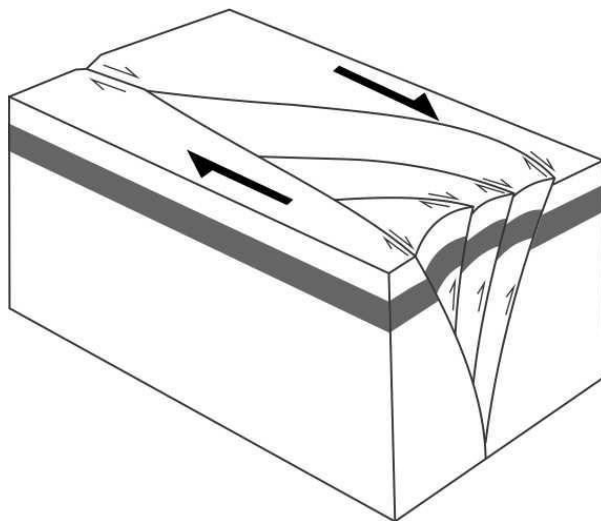
**FIGURA 19.**  
**ABANICOS IMBRICADOS, DÚPLEX EXTENSIONAL Y COMPRESIONAL EN SISTEMAS TRANSCURRENTES**



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012, según modelo de Woodcock y Fischer (1986).  
(Software CorelDraw X6).

En una estructura en flor positiva, las fallas secundarias que ocupan el dúplex, tienen un comportamiento mixto, transcurrente-inverso, por lo que la zona interior está en compresión, y somete a la elevación de la topografía. (Véase figura 20).

**FIGURA 20**  
**MODELO DE ESTRUCTURA EN FLOR POSITIVA CON ZONA INTERIOR EN COMPRESIÓN Y EN ELEVACIÓN.**



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012, según modelo de Woodcock y Fischer (1986).  
(Software CorelDraw X6).

El ejemplo visto en campo de una estructura en flor positiva, fue sobre la Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp), en las cercanías del caserío Los Limones, con dirección del plano N80E/35N (véase fotografía 27).

**FOTOGRAFÍA 27**  
**ESTRUCTURA EN FLOR POSITIVA EN UNIDAD DE DEPÓSITOS**  
**POMÁCEOS**

Plano de dirección N80E/35N (16P E: 249010 N: 1671714)



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

#### 4.2.7 Modelo tridimensional local

Al interpretar la geología estructural a nivel local, se asociaron las distintas estructuras medidas en el campo, como foliaciones, pliegues, grietas de tensión, fallas normales e inversas, de acuerdo a las direcciones de los esfuerzos de compresión (Sigma 1) y distensión (Sigma3).

De estas asociaciones de estructuras, se obtuvieron dos modelos tridimensionales para deformación local frágil y dúctil. Véase tabla 13 y 14.

**TABLA 13**  
**ESTRUCTURAS PARA MODELO DE TRIDIMENSIONAL I**  
**(SISTEMA FRÁGIL)**

ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
FOLIACIÓN SECTOR 1	N042	N132
FOLIACIÓN SECTOR 2	N050	N140
PLIEGUES	N040	N130
GRIETAS DE TENSIÓN SECTOR 2	N309	N039
FALLA CONJUGADAS NORMALES "a"	N157(VERTICAL)	N253(HORIZONTAL)
FALLA CONJUGADAS NORMALES "b"	N150(VERTICAL)	N040(HORIZONTAL)

Fuente: Investigación de campo. 2 012

**TABLA 14**  
**ESTRUCTURAS PARA MODELO TRIDIMENSIONAL II**  
**(SISTEMA DÚCTIL)**

ESTRUCTURA	SIGMA 1	SIGMA 3
FOLIACIÓN SECTOR 1	N324	N054
PLIEGUES	N305	N035
PLIEGUES "M" y "W"	N300	N030
<i>BOUDINES</i>	N335	N065
GRIETAS DE TENSION SECTOR 1	N023	N113
FALLA CONJUGADAS INVERSAS "a"	N330(HORIZONTAL)	N157(VERTICAL)
FALLA CONJUGADAS INVERSAS "b"	N221(HORIZONTAL)	N070(VERTICAL)

Fuente: Investigación de campo. 2 012

Al analizar las estructuras medidas en campo se obtuvieron dos distintos modelos tridimensionales para un sistema de fallas conjugadas. Basándose en los esfuerzos principales de compresión (Sigma 1) y distensión (Sigma 3), de las tablas 13 y 14, las estructuras se asocian a modelos para fallas normales e inversas, de sistemas frágiles y dúctiles.

La geometría de estos bloques concuerda con los esfuerzos principales verticales sigma 1 para fallas inversas, sigma 3 para fallas normales y esfuerzos horizontales sigma 1 para fallas inversas y sigma 3 para fallas normales. También se observa que los ejes de pliegue y grietas de tensión se ubican de manera paralela a los planos de fallas tanto normales como inversas. (Véase figura 21 y 22).

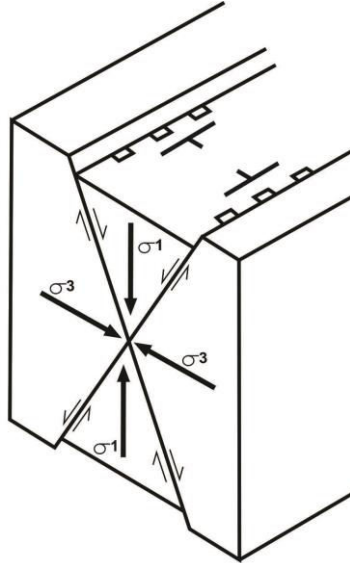
Los márgenes transformantes muestran una gran variedad de estructuras que incluyen fallas normales e inversas. El régimen tectónico a lo largo de márgenes transformantes varía de transpresión (componente de convergencia) a transtensión (componente de divergencia), por lo que resulta difícil asociar las estructuras a un sistema de elipses de deformación, esto se debe a la existencia de movimiento en dos direcciones, tanto horizontal como vertical.

La geometría de los modelos tridimensionales concuerdan con el de las márgenes transformantes que se producen en los bordes pasivos de una placa tectónica, donde su principal característica es que las placas se desplazan de un lado al otro, sin producir o destruir litosfera, tal y como ocurre en la zona de falla del Motagua.



**FIGURA 21**  
**MODELO TRIDIMENSIONAL PARA FALLAS CONJUGADAS**  
**NORMALES**

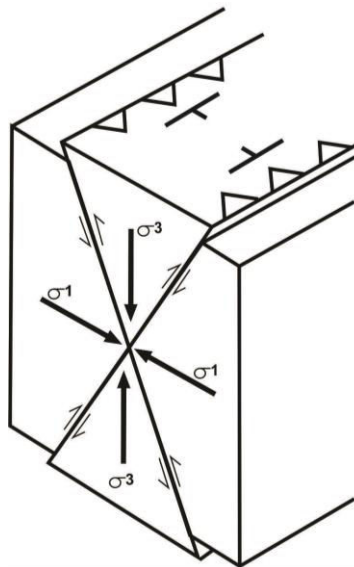
Sigma 3 N343W y N190E



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software CorelDraw X6)

**FIGURA 22**  
**MODELO TRIDIMENSIONAL PARA FALLAS CONJUGADAS**  
**INVERSAS**

Sigma 1 N60E



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software CorelDraw X6)

### **4.3 Geomorfología local**

Las principales características morfológicas del área se definieron en relación al relieve dominante, su origen y los procesos más importantes que han modificado el paisaje actual. Entre las principales unidades geomorfológicas observadas durante la etapa de campo se identifican dos, una de origen denudacional y otra agradacional, las cuales se describirán mejor a continuación.

#### **4.3.1 Unidad de origen denudacional**

Las unidades de origen denudacional están determinadas por la actividad dominante de procesos erosivos hídricos y de fenómenos de transposición o de remoción en masa sobre geoformas pre-existentes.

Dentro de esta unidad se hicieron evidentes varias subunidades, aunque varias de estas fueron observadas con la ayuda de fotografías aéreas.

##### **a. Subunidad de colinas (Su)**

Se le denomina colina a la elevación natural del terreno, de poca altura, bordes suaves y menor a una montaña. Esta subunidad fue delimitada con la ayuda de fotografías aéreas, debido al difícil acceso a las mismas. La zona se encuentra en dirección Este-Oeste, y se ubica en los alrededores de la aldea el Zapote y en la cima del caserío el Volcán.

**b. Subunidad de escarpe (Se)**

Un escarpe es un declive abrupto y empinado del terreno, de altura variable, donde la vertiente de una roca se corta de manera abrupta un terreno. De manera general cualquier tipo de salto que interrumpe la continuidad de un paisaje, se le puede denominar como escarpe.

Esta subunidad fue delimitada con la ayuda de fotografías en la etapa de campo y fotografías aéreas. La subunidad se encuentra en dirección Este-Oeste (Fotografía 28), y se ubica en los alrededores de la aldea el Zapote hasta llegar a la aldea los Jutes.

**FOTOGRAFÍA 28  
SUBUNIDAD DE ESCARPE,**

Vista hacia el sur, desde finca el Cedral



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

**c. Subunidad de ladera media de transporte (Slmt)**

Es el declive lateral de un monte o una montaña, cuya pendiente es el ángulo que forma con la horizontal. Normalmente ocurren desplazamientos de masas de tierra o de rocas que se encuentran en pendiente, debido a la inestabilidad de los materiales que forman la ladera. Estos desplazamientos se producen en el sentido de la pendiente como consecuencia de la fuerza de la gravedad.

Esta subunidad fue delimitada con la ayuda de fotografías aéreas. Se encuentra en dirección *EW* (Fotografía 29 y 30). Se ubica al sur en los alrededores de la aldea el Zapote y al norte en los alrededores del caserío el Volcán.

**FOTOGRAFÍA 29**  
**SUBUNIDAD DE LADERA MEDIA DE TRANSPORTE Y REPTACIÓN**

Vista hacia el noreste del caserío el Volcán



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

### FOTOGRAFÍA 30

## SUBUNIDAD DE LADERA MEDIA DE TRANSPORTE



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

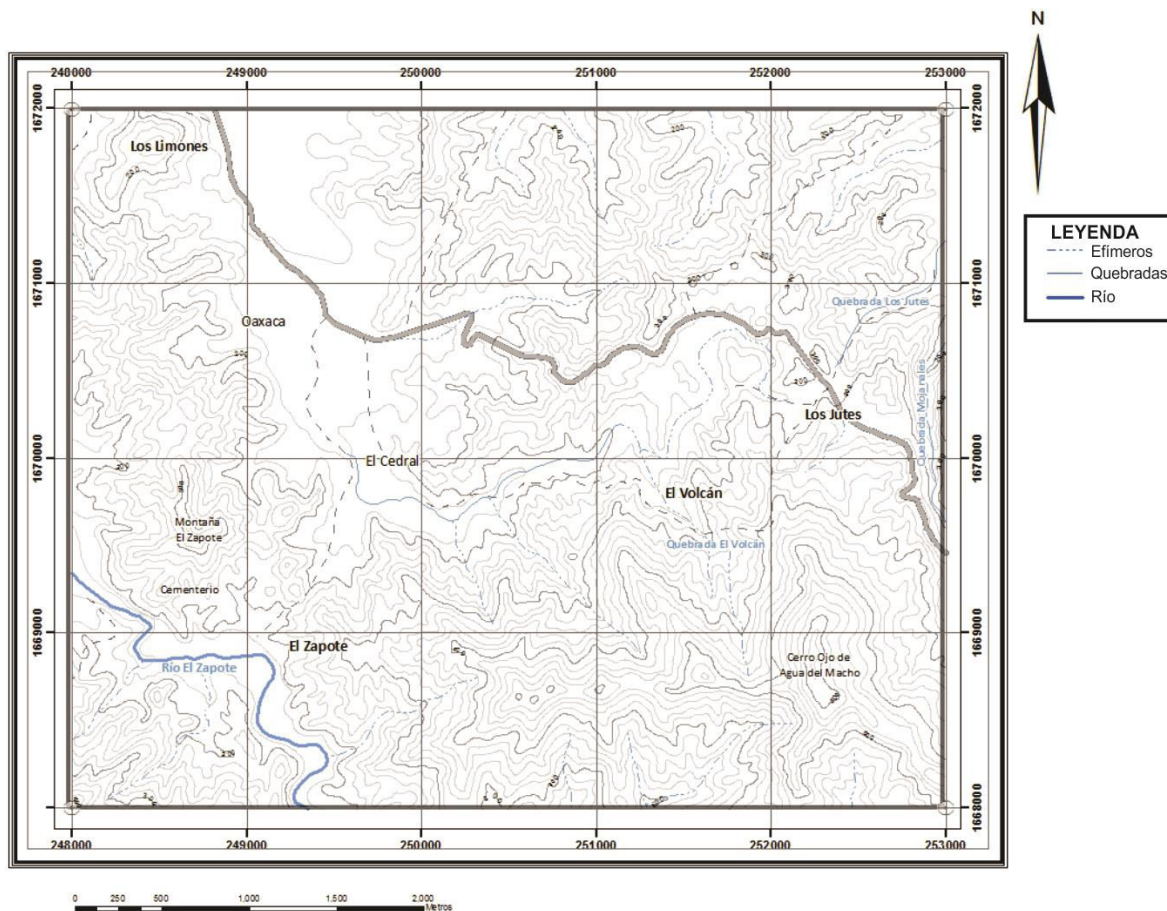
#### **d. Patrón de drenaje**

Los lugares donde el área tiene mayor cantidad de laderas y pendientes abruptas, son los indicados para que se formen escorrentías, ocasionando que en ciertos lugares el drenaje sea variado.

En la parte sur (aldea el Zapote), noroeste (caserío el Volcán y aldea los Jutes) del área es donde se encuentra la mayor concentración de afluentes.

Al sur del área se encuentra el principal drenaje fluvial, el río el Zapote, en el que desembocan varios ríos efímeros e intermitentes en época de invierno. La dirección de flujo es hacia el noreste. (Véase mapa 5).

## MAPA 5 REDES DE DRENAJES



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## 1) Surgencias

Se le denomina surgencia al lugar en el cual se encuentra nacimientos de agua, sin importar si son permanentes o no.

Al realizar el mapeo las surgencias que se encontraron están ubicadas sobre la quebrada el Volcán los cuales son permanentes (véase fotografía 31) y en la carretera principal hacia la aldea los Jutes los cuales no lo son.

### FOTOGRAFÍA 31 SURGENCIAS

a) y b) Surgencias ubicadas en quebrada el Volcán con dirección de flujo N340 y N345



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## e. Erosión

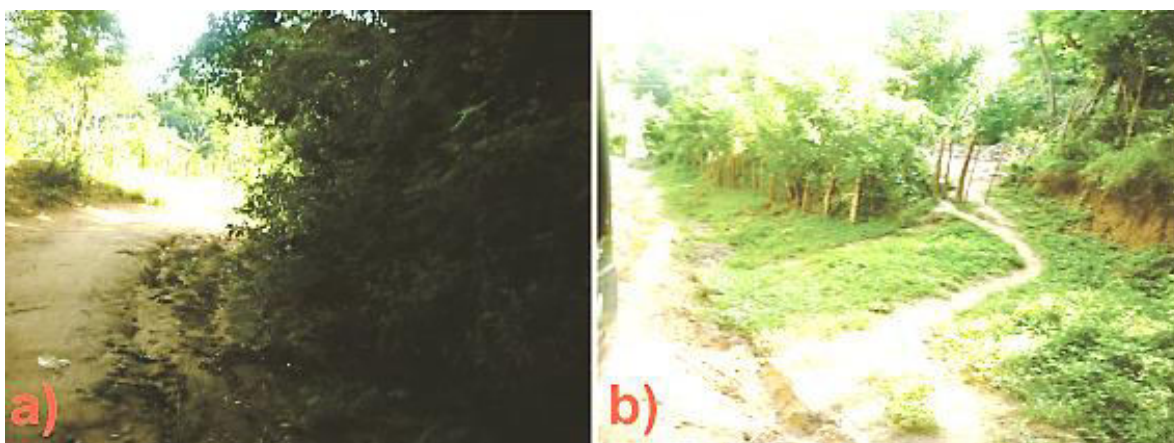
Los principales tipos de erosión que se encontraron en el área fueron en cárcavas y planicie aluvial.

### 1) Cárcavas

La región que presenta mayor evidencia erosión en cárcavas, es el área donde el suelo es de esquisto, sobre las vías principales a la aldea el Zapote y caserío el Volcán. (Véase fotografía 32).

## FOTOGRAFÍA 32 CARCAVAS

a) y b) Erosión en cárcavas, ubicado en la ruta principal hacia aldea el Zapote



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012



## 2) Planicie aluvial

Este tipo de erosión se da debido a que en algunos sectores el suelo es demasiado frágil, esto se puede observar claramente en la carretera principal hacia aldea los Jutes, donde la roca esta muy fracturada y el grado de meteorización es muy alto.

Al contacto con la lluvia esta roca suele desprenderse exponiéndola a escorrentías de agua hasta finalmente crear planicies aluviales donde se depositan todos los sedimentos. La dirección principal de la planicie aluvial es hacia el noroeste. (Véase fotografía 33).

### FOTOGRAFÍA 33 PLANICIE ALUVIAL

**a) y b)** Planicie aluvial ubicada en la parte noroeste del área en las cercanías a ruta principal de aldea los Jutes



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## f. Movimiento de ladera

### 1) Movimiento rotacional

Este tipo de deslizamiento se evidencia principalmente por su rotura circular, en forma de cuchara.

La velocidad de desplazamiento puede ser bastante lenta a moderadamente rápida. Puede causar importantes daños en la red vial. (Véase fotografía34).

### Fotografía 34 MOVIMIENTO ROTACIONAL

a) Movimiento rotacional con dirección N238, ubicado en alrededores a ruta principal de aldea los Jutes

b) Movimiento rotacional con dirección N030, ubicado en alrededores a ruta principal de caserío el Volcán



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

## 2) Reptación

Este movimiento se origina debido a lo inestable de la parte superior del terreno, el cual tiene un desplazamiento relativamente lento. Su efecto al momento de causar daños es moderado. La principal característica de este fenómeno es al momento de visualizar, por ejemplo árboles con una leve inclinación o algún otro elemento que este colocado verticalmente. (Véase fotografía 35).

### FOTOGRAFÍA 35 REPTACIÓN

- a) Movimiento de reptación con dirección N033, ubicado en alrededores a ruta principal de aldea los Jutes
- b) Movimiento de reptación con dirección N060, ubicado en alrededores a ruta principal de aldea los Jutes



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### **4.3.2 Unidad de origen agradacional**

Se denomina agradación o agradacional a la acumulación de sedimentos en las partes bajas de las laderas, en ríos y quebradas. La agradación ocurre cuando los sedimentos se depositan al pie de las laderas o cuando los sedimentos de un río superan la cantidad que dicho río puede arrastrar en su cauce.

Dentro de estas unidades de origen agradacional se hicieron evidentes dos subunidades. Las cuales se dividieron así:

#### **a. Subunidad de ladera coluvial (Slc)**

Según Bates y Jackson (1980) un coluvión es una masa incoherente de materiales sueltos y heterogéneos, de suelo o fragmentos de roca depositados por lavado de lluvia, reptación o deslizamiento, los cuales suelen depositarse sobre la base de las laderas. Típicamente son una mezcla de fragmentos angulares y materiales finos.

Esta subunidad fue delimitada con la ayuda de fotografías en la etapa de campo y fotografías aéreas. Se ubica al Noreste del área (Fotografía 36 a 39), se ubica al sur entre el río Mojanales de la aldea los Jutes.

**FOTOGRAFÍA 36**  
**SUBUNIDAD DE LADERA COLUVIAL**



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**FOTOGRAFÍA 37**  
**SUBUNIDAD DE LADERA COLUVIAL**

Ubicada en cercanías a carretera principal a aldea los Jutes. Vista hacia el noreste



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### **FOTOGRAFÍA 38** **SUBUNIDAD DE LADERA COLUVIAL**

En alrededores del caserío el Volcán vista hacia el noroeste



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

### **FOTOGRAFÍA 39** **SUBUNIDAD DE LADERA COLUVIAL**

En alrededores del caserío el Volcán vista hacia el norte



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**b. Subunidad de aluviones (Sa)**

Se le denomina aluvión al material detrítico transportado y depositado transitoria o permanentemente por una corriente de agua, que puede ser repentina y provocar inundaciones. Está compuesto por arena, grava, limo o arcilla. Se acumula en abanicos aluviales, cauces de corrientes fluviales y llanuras de inundación.

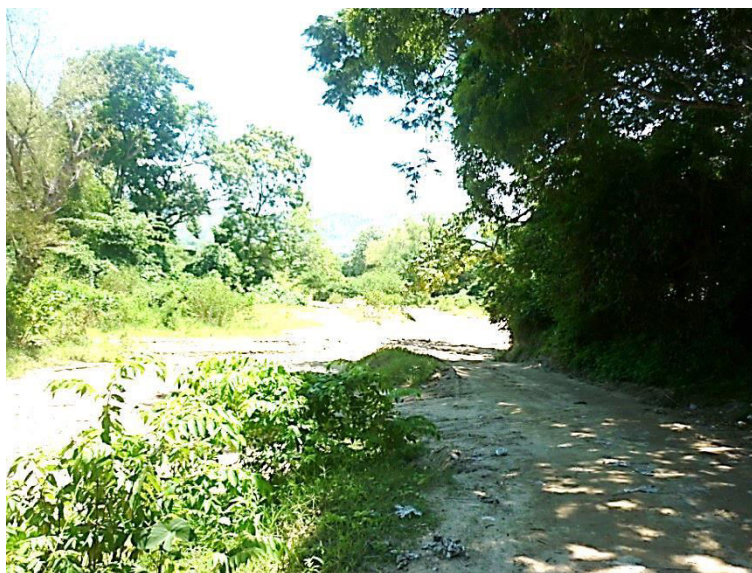
A menos que se especifique otra cosa, el término aluvión se refiere a material no consolidado. Esta subunidad se compone principalmente de depósitos pomáceos y aluvión. La zona está ubicada en los alrededores del caserío los Limones, finca Oaxaca, que está compuesto principalmente de arena y pómez. En las cercanías a la finca el Cedral está compuesto principalmente de arena y en la aldea el Zapote se compone mayormente de terrazas aluviales.

**FOTOGRAFÍA 40**  
**SUBUNIDAD DE ALUVIONES**



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**FOTOGRAFÍA 41**  
**SUBUNIDAD DE ALUVIONES**



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012



**FOTOGRAFÍA 42**  
**SUBUNIDAD DE ALUVIONES**



**Tomada por:** Pablo Sandoval. 2 012

### 4.3.3 Mapa geomorfológico local

La morfometría del área se realiza con ayuda del documento de “propuesta metodología para el desarrollo de la cartografía para la zonificación geomecánica, volumen I”. Véase Anexo VII.

#### a) Relieve

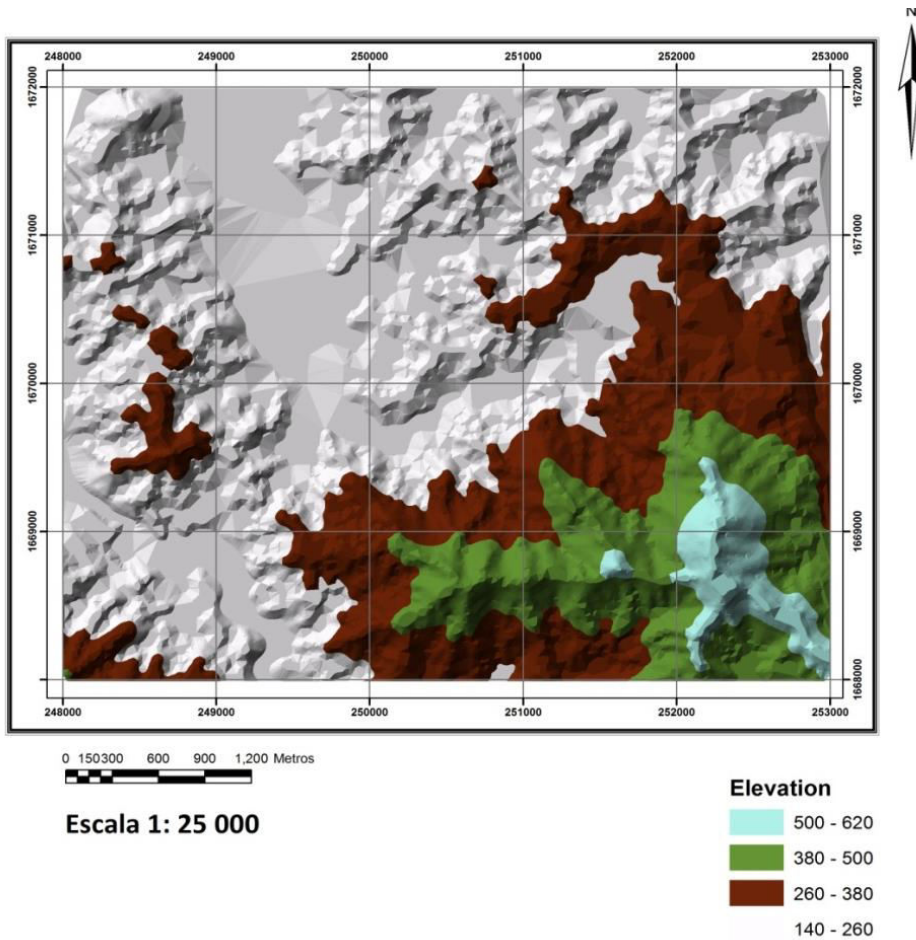
Utilizando el mapa de relieve se especificaran los intervalos de altura para poder determinar el relieve que pertenece al área. El relieve se determina en base a la tabla 15.

**TABLA 15**  
**CLASIFICACIÓN DEL RELIEVE EN BASE A LOS INTERVALOS DE ALTURAS**

<b>INTERVALOS DE ALTURA</b>	<b>DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE</b>
< 50m	Muy bajo
50 m – 250 m	Bajo
250 m – 500 m	Moderado
500 m – 1000 m	Alto
1000 m – 2500 m	Muy alto
<b>&gt; 2500 m</b>	<b>Extremadamente alto</b>

**Fuente:** Propuesta metodología para el desarrollo de la cartografía para la zonificación geomecánica, volumen I, subdivisión geología básica, Bogotá diciembre 2004.

## MAPA 6 ELEVACIÓN DIGITAL DEL ÁREA



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012.

Basado en el mapa de relieve y la tabla 15 se determinó:

- La coloración gris, café y verde muestra de que el relieve en el área es moderado.
- La coloración celeste muestra que el relieve en el área es alto.

## b) Pendiente

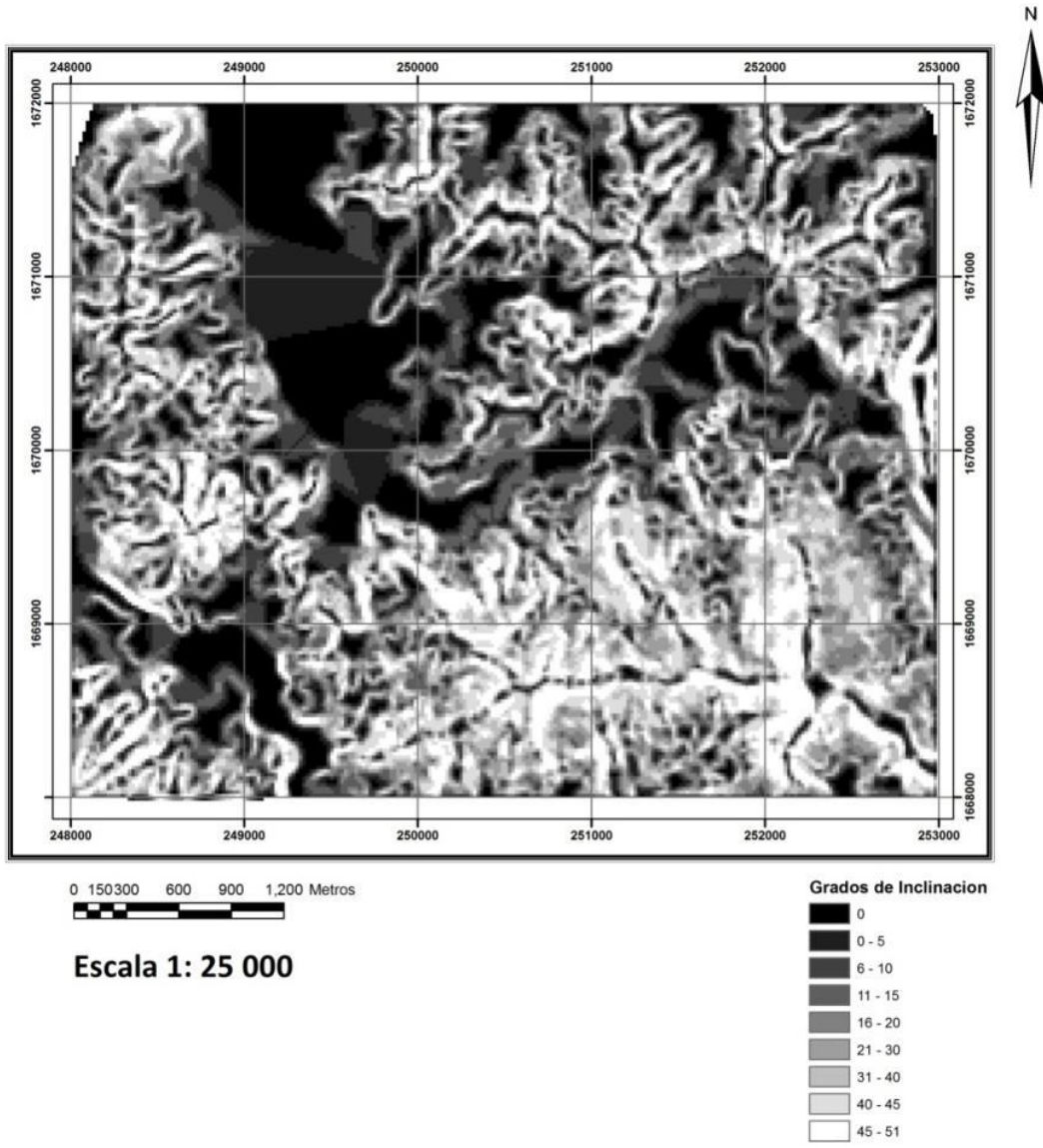
Utilizando el mapa de pendientes y la tabla 16 se describió el tipo de pendiente que se puede encontrar en el área.

**TABLA 16**  
**CLASIFICACIÓN DE PENDIENTE EN BASE A LOS INTERVALOS DE ALTURAS**

<b>INCLINACIÓN (Grados)</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
< 5°	Plana a suavemente inclinada
6° - 10°	Inclinada
11° - 15°	Muy inclinada
16° - 20°	Abrupta
21° - 30°	Muy abrupta
31° - 45°	Escarpada
> 45°	Muy escarpada

**Fuente:** Propuesta metodología para el desarrollo de la cartografía para la zonificación geomecánica, volumen I, subdivisión geología básica, Bogotá diciembre 2004.

# MAPA 7 PENDIENTES DEL ÁREA



Fuente: Investigación de campo. 2 012

El mapa de pendientes está limitado por una variación de colores que no indica el tipo de pendiente que existe en el área.

- La coloración negra indica zonas planas o suavemente inclinada, esta se encuentra en la parte baja del área.
- La coloración gris oscuro (6-10) indica zonas inclinada.
- La coloración gris opaco (11-15) indica pendiente muy inclinada.
- La coloración gris (16-20) son zonas con pendientes abruptas.
- La coloración grisácea (21-30) son zonas con pendientes muy abruptas.
- La coloración gris claro (30-45) son zonas escarpadas.
- La coloración blanca (>45) son zonas muy escarpadas.



## **CAPÍTULO 5**

### **ANÁLISIS Y DISCUSION DE RESULTADOS**

#### **5.1 Características Petrográficas en las Unidades Litodémicas**

Para la interpretación de las principales asociaciones minerales, en las distintas unidades litodémicas, se procedió a la elección de once en total, a las que se les realizó el análisis petrográfico, obteniendo distintos resultados.

Petrográficamente las unidades litodémicas, se componen principalmente de gneises ricos en cuarzo, feldespatos y contenido de silimanita la cual nos indica el medio de formación, estos gneises se presentan levemente alterados por clorita, epidota y sericita. Los esquistos se encuentran ricos en micas y anfíboles, bajo contenido de granate, presentándose muy meteorizados para realizar un análisis de láminas delgadas.

Los llamados granitoides o granitos deformados, aún conservan ciertos relictos de texturas típicas en rocas ígneas como la micrográfica y mirmequítica pertenecientes a rocas plutónicas, en este caso granito, a pesar de su leve grado de deformación. Estos gneises que conservan textura indican que posiblemente sean metagranitos gnéisicos. Se observan también alteraciones como la cloritización, epidotización, seritización, lo que conlleva al reemplazo de minerales.



Estas unidades están expuestas con rocas metaígneas como la diorita y el gabro, que intruyen paralelamente a la foliación, siendo esta una de las principales características del Complejo Las Ovejas.

Se observó silimanita, que es un mineral índice, típico en esquistos y gneis. Este es un mineral de alta temperatura y media-alta presión. La silimanita encontrada pertenece a la variedad de fibrolita, que en la mayoría de veces reemplaza algunos minerales preexistentes (comúnmente cianita, cordierita y plagioclasa).

También se observaron de minerales como la allanita que es un mineral del grupo de la epidota. La clorita es un mineral bastante típico en los granitos y gneis que sufren sobreimpresión hidrotermal leve, en condiciones de facies de esquistos verdes, que muchas veces aparece reemplazando a la biotita, en la que aún se observan antiguos planos de clivaje, entre los colores de interferencia se tiene el azul.

La sericita es un mineral de alteración (sericitización) secundario, con agregados aciculares radiales diminutos y comúnmente se origina por alteración hidrotermal en cuarzo.

Ciertas láminas delgadas presentan indicadores térmicos en las microtexturas como:

- Plagioclasa con extinción ondulante y maclas acuñadas, que indican condiciones de bajo grado con temperaturas entre los 300°C a 400°C (Passchier y Trouw 1996).
- Cintas de cuarzo, las cuales se forman en condiciones de deformación plástica, de aproximadamente 350°C a 400°C (Vernon 1976).

- La existencia de texturas mirmequiticas en feldespatos, son típicas en rocas metamórficas que alcanzaron una temperatura 400°C a 500°C (Passchier y Trouw 1996).
- El microfracturamiento en los feldespatos es apreciables hasta los 400°C (Pryer 1993).

El rango de temperatura encontrado en los indicadores térmicos en las microestructuras es de 350°C a 500°C que podría atribuirse a un evento de deformación dúctil. Estas temperaturas son consistentes en las facies de esquistos verdes, anfibolita y granulita.

La asociación mineral que se obtuvo luego de realizar el análisis petrográfico es la siguiente: **Cuarzo + Feldespato + Plagioclasa + Biotita + Hornblenda + Olivino + Piroxeno + Hypersteno + Epidota + Silimanita + Clorita + Sericita + Moscovita.**

La asociación mineral de las unidades litodémicas, pertenece a una zona de silimanita, porque presenta minerales índices como la silimanita, biotita, moscovita, cuarzo, plagioclasa, bastante comunes en gneises. Según la correlación de zonas de Barrow para metapelitas y las facies metamórficas para metabasitas, la zona de silimanita se puede correlacionar a facies de anfibolita y de granulita con piroxeno y hornblenda. (Tabla 17).

**TABLA 17**  
**CORRELACIÓN ENTRE ZONAS DE BARROW (METAPELÍTAS) Y**  
**FACIES METAMÓRFICAS (METABASITAS)**

Rocas Pelíticas (Metapelitas)	Rocas Básica (metabasitas)
Zona de Clorita	Facies de Sub-Esquistos Verdes
Zona de Biotita	Facies de Esquistos verdes
Zona de Granate	Facies de Anfibolitas con Epidota
Zona de Estaurolita	
Zona de Distena	Facies de Anfibolitas
Zona de Silimanita	
Zona de Silimanita-Feldespató Potásico	Facies de Granulitas con Piroxeno y Hornblenda

Fuente: Investigación de campo. 2 012, según Spear, 1993, pág.16

Esta asociación mineralógica concuerda con el modelo de asociaciones minerales diagnósticas en metabasitas y metapelitas para facies metamórficas de Bucher y Frey (1994). Siendo estas, facies de esquistos verdes, facies de anfibolitas y facies de granulitas. (Véase Tabla 18).

**TABLA 18**  
**ASOCIACIONES MINERALES DIAGNÓSTICAS EN**  
**METABASITAS Y METAPELITAS PARA FACIES**  
**METAMÓRFICAS**

Facies	Asociaciones minerales diagnósticas	
	Metabasitas	Metapelitas con Cuarzo
<b>Ceolitas</b>	Laumonita	
<b>Prehnita-Pumpellyita</b>	Prehnita + pumpellyita, prehnita + actinolita, pumpellyita + actinolita	
<b>Esquistos Verdes</b>	Actinolita + clorita + epidota + albita	Cloritoide
<b>Anfibolitas</b>	Hornblenda + plagioclasa	Estaurolita
<b>Granulitas</b>	Ortopiroxeno + clinopiroxeno + plagioclasa	Sillimanita + feldespató K ( <i>Sin Estaurolita, ni Moscovita</i> )
<b>Esquistos Azules</b>	Glaucofana, lawsonita, piroxeno jadeítico, aragonito	Glaucofana ( <i>Sin Biotita</i> )
<b>Eclogitas</b>	Onfacita + granate ( <i>Sin Plagioclasa</i> )	
<b>Facies de Metamorfismo de Contacto</b>	Las asociaciones minerales en las metabasitas no difieren sustancialmente de las correspondientes a las facies de presión mayor	

Fuente: Investigación de campo. 2 012, según Bucher y Frey, 1994, pág. 103.

Estas asociaciones mineralógicas pertenecen a facies de presión moderada y temperatura de media a alta, las cuales incluyen, las facies de esquistos verdes, anfibolitas y granulitas, que engloban una gran parte de las rocas metamórficas más comunes.

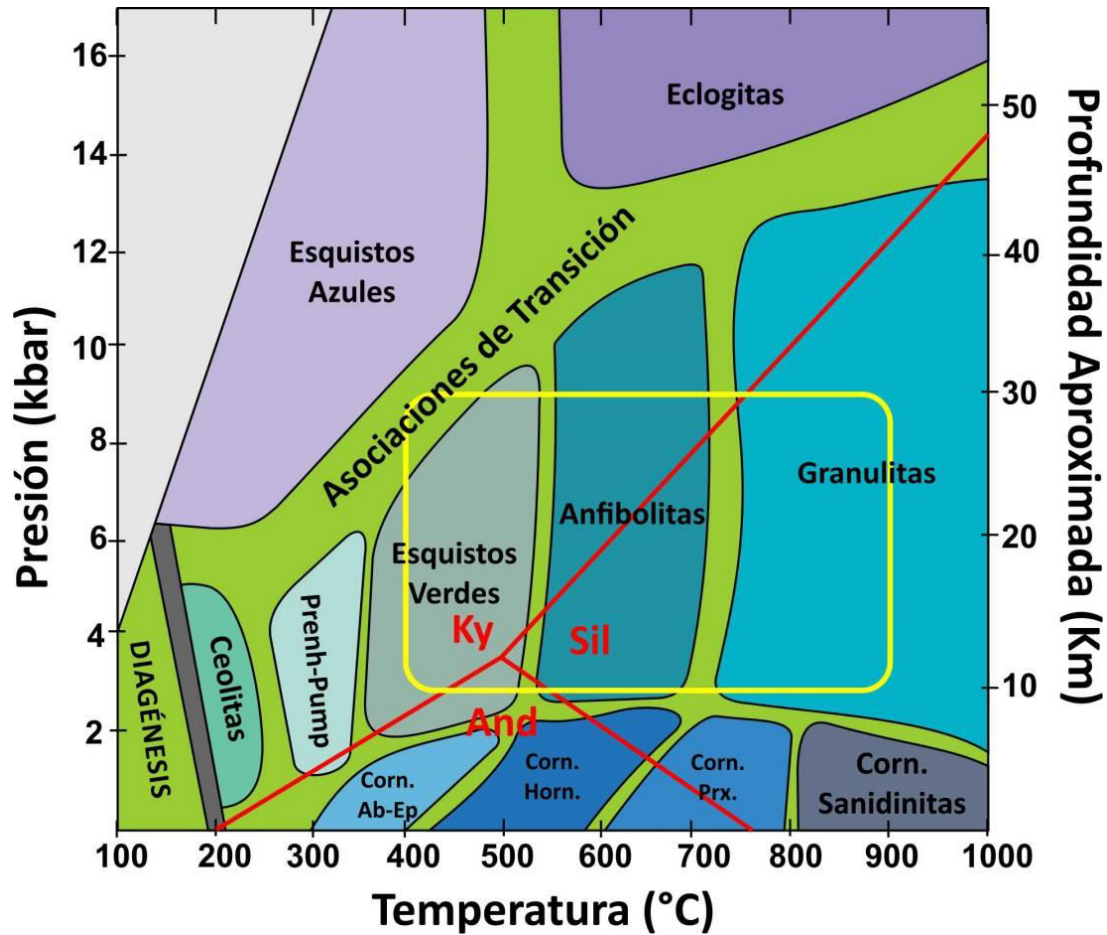
Finalmente se dice que estas asociaciones mineralógicas, pertenecen a una serie de facies Barroviana, de media presión y temperatura media-alta. Denominada también de tipo distena-silimanita, por ser está la transición que ocurre entre los aluminosilicatos.

La sucesión de facies según Miyashiro (1961) es de: esquistos verdes → anfibolitas con epidota → anfibolitas → granulitas. Esto indica que surgieron en un ambiente poco profundo.

Lo anterior confirma que el medio de formación de estas rocas, según los indicadores térmicos en microestructuras, fue en un sistema más dúctil que frágil. El gradiente geotérmico aparente según el modelo de presión y temperatura para facies y series de facies metamórficas es de 20°C/km a 40°C/km. (véase figura 23).

El rectángulo amarillo de la figura 25 muestra donde se ubica aproximadamente la asociación mineral del estudio realizado. Aunque no cumple con el rango de temperatura en algunos minerales como la silimanita, esto se debe al metamorfismo de contacto producido por los diques. En algunos casos puede ocurrir reemplazo de algunos minerales, como podría suceder con la fibrolita encontrada en algunas secciones, que suele reemplazar muchas veces de cianita, siendo este un mineral de baja presión y baja temperatura.

**FIGURA 23**  
**MODELO DE PRESIÓN Y TEMPERATURA PARA FACIES Y**  
**SERIES DE FACIES METAMÓRFICAS**



Fuente: Investigación de campo. 2 012, según modelo de Miyashiro (1961).

(Software CorelDraw X6)

## 5.2 Historia geológica local y relieve actual

El área de investigación se compone principalmente de gneises ricos en cuarzo y feldespatos, esquistos con granate y mica (moscovita, biotita), granitoides, los cuales están expuestos con rocas metaígneas como diorita, gabro, que intruyen paralelos a la foliación.

Las muestras se caracterizan principalmente por tener metamorfismo y deformación, que se infieren que puedan estar asociadas al Complejo las Ovejas y según James *et. al.* (2009) el metamorfismo regional que ocurre en este complejo es de alto grado, así como también ocurre migmatización y plutonismo pertenecientes al Paleozoico.

Dentro de la geología local del área, por medio del mapeo geológico se identificaron tres unidades litodémicas, siendo estas nombradas de manera informal, de acuerdo a sus características petrográficas como: Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático (Gn), Unidad de Esquistos Micáceos (Es) y Unidad de Granito (Gr) y se infiere que pertenezcan al Complejo Las Ovejas. A su vez se identificaron dos unidades lito-estratigráficas, basados en sus características físicas se les nombró como: Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp) y Unidad de Aluvión (Qa).

Las estructuras medidas en campo se obtuvieron dos distintos modelos tridimensionales para un sistema de fallas conjugadas. Basándose en los esfuerzos principales de compresión ( $\Sigma_1$ ) y distensión ( $\Sigma_3$ ), las estructuras se asocian a modelos para fallas normales e inversas, de sistemas frágiles y dúctiles.

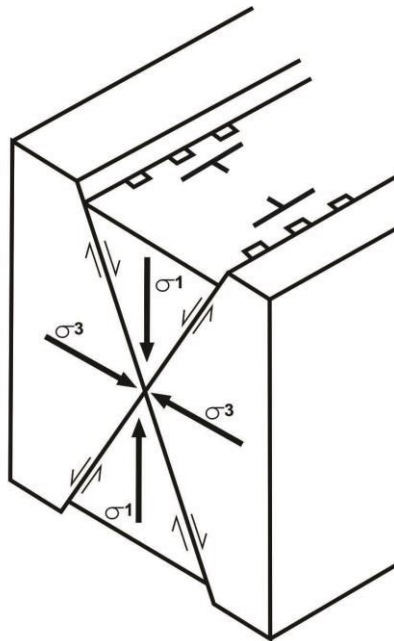
La geometría de estos bloques concuerda con los esfuerzos principales verticales  $\Sigma_1$  para fallas inversas,  $\Sigma_3$  para fallas normales y esfuerzos horizontales  $\Sigma_1$  para fallas inversas y  $\Sigma_3$  para fallas normales. También se observa que los ejes de pliegue y

grietas de tensión se ubican de manera paralela a los planos de fallas tanto normales como inversas.

Los márgenes transformantes muestran una gran variedad de estructuras que incluyen fallas normales e inversas. El régimen tectónico a lo largo de márgenes transformantes varía de transpresión (componente de convergencia) a transtensión (componente de divergencia), por lo que resulta difícil asociar las estructuras a un sistema de elipses de deformación, esto se debe a la existencia de movimiento en dos direcciones, tanto horizontal como vertical. Véase figura 24 y 25.

### FIGURA 24 MODELO TRIDIMENSIONAL PARA FALLAS CONJUGADAS NORMALES

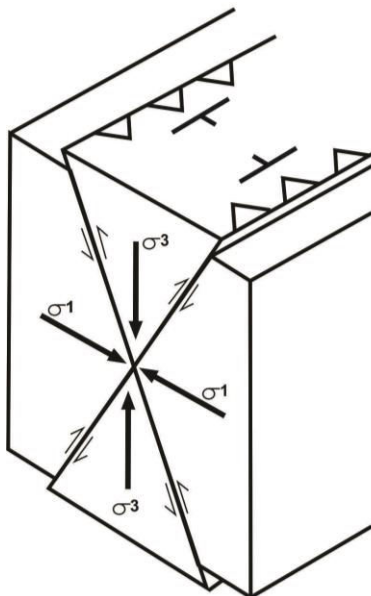
Sigma 3 N343W y N190E



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software CorelDraw X6)

**FIGURA 25**  
**MODELO TRIDIMENSIONAL PARA FALLAS CONJUGADAS**  
**INVERSAS**

Sigma 1 N60E



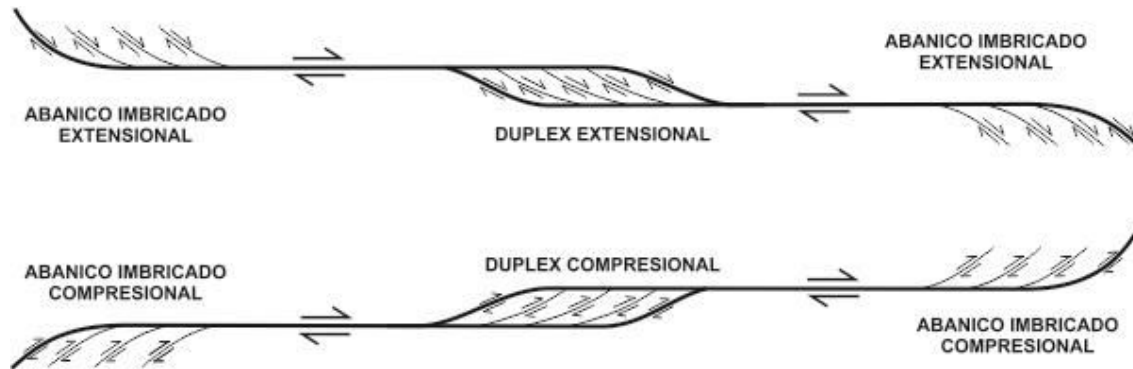
**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software CorelDraw X6)

La geometría de los modelos tridimensionales concuerdan con el de los márgenes transformantes que se producen en los bordes pasivos de una placa tectónica, donde su principal característica es que las placas se desplazan de un lado al otro, sin producir o destruir litosfera, tal y como ocurre en la zona de falla del Motagua.

Las estructuras en flor es una de las estructuras más notables que se origina por deformación no planar, el cual responde a un caso de dúplex compresional (véase figura 26), la geometría interior de estas fallas secundarias muestra que pueden encontrarse en profundidad a una zona de falla única.



**FIGURA 26.  
ABANICOS IMBRICADOS, DÚPLEX EXTENSIONAL Y  
COMPRESIONAL EN SISTEMAS TRANSCURRENTES**



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012, según modelo de Woodcock y Fischer (1986).  
(Software CorelDraw X6)

En una estructura en flor positiva, las fallas secundarias que ocupan el dúplex, tienen un comportamiento mixto, transcurrente-inverso, por lo que la zona interior está en compresión, se somete a levantamiento y modifica la morfología de la región, formando unidades denudacional y agradacional.

Con el uso del mapa de relieve se especificaron los intervalos de altura para determinar el relieve que pertenece al área. El relieve se determinó en base a la tabla 19.

El relieve del área según la tabla 19 es de moderado (250 m a 500 m) a alto (500 m a 1000 m). Este tipo de relieve es típico en las zonas de fallas transformantes, donde predominan principalmente las unidades de origen denudacional y agradacional, se forman cuando los suelos son demasiado frágiles, la roca se encuentra demasiada fracturada y el grado de meteorización es alto. Esta roca al contacto con el agua suele desprenderse, se expone a escorrentías hasta que finalmente se crean planicies aluviales, en las que se depositan los sedimentos.

**TABLA 19**  
**CLASIFICACIÓN DEL RELIEVE EN BASE A LOS INTERVALOS**  
**DE ALTURAS**

INTERVALOS DE ALTURA	DESCRIPCIÓN DEL RELIEVE
< 50m	Muy bajo
50 m – 250 m	Bajo
250 m – 500 m	Moderado
500 m – 1000 m	Alto
1000 m – 2500 m	Muy alto
> 2500 m	Extremadamente alto

**Fuente:** Propuesta metodología para el desarrollo de la cartografía para la zonificación geomecánica, volumen I, subdivisión geología básica, Bogotá diciembre 2004.



## CONCLUSIONES

1. Entre los aspectos litológicos que presenta el área en estudio afloran unidades litodémicas de origen plutónico y metamórfico, que pertenecen a un sistema dúctil, esto se debe a los esfuerzos transformantes que afectan el área, debido a la falla del Motagua. El régimen tectónico a lo largo de márgenes transformantes varía de transpresión (componente de convergencia) a transtensión (componente de divergencia). Estos mismos esfuerzos afectan la geomorfología del área creando unidades de origen denudacional (relieve alto) y agradacional (relieve moderado), que son muy comunes en zonas de fallas transformantes.
2. En el área afloran tres unidades litodémicas, estas nombradas de manera informal como: Unidad de Gneis Cuarzo Feldespático (Gn), Unidad de Esquistos Micáceos (Es) y Unidad de Granito (Gr). También se identificaron dos unidades lito-estratigráficas y basados en sus características se les nombró como: Unidad de Depósitos Pomáceos (Qp) y Unidad de Aluvión (Qa).
3. La principal asociación mineral que se obtuvo por medio del análisis petrográfico en las unidades litodémicas fue la siguiente: **Cuarzo + Feldespato + Plagioclasa + Biotita + Hornblenda + Olivino + Piroxeno + Hipersteno + Epidota+ Silimanita + Clorita + Sericita + Moscovita.**

4. La asociación que se obtuvo puede pertenecer a la serie de facies Barroviana de presión media y temperatura media-alta. La sucesión de facies que se tiene es de: esquistos verdes → anfibolitas con epidota → anfibolitas → granulitas. Lo que quiere decir, que el ambiente en que se dio esta sucesión de facies es poco profundo, el medio en que sucedió fue en un sistema dúctil con temperaturas que oscilan entre los 350-500°C según microestructuras térmicas, siendo el gradiente de 20°C/km a 40°C/km.
5. Para los modelos estructurales se obtuvieron las siguientes direcciones de planos para fallas conjugadas normales N343W y N190E (Sigma 3) que se puede relacionar con las foliaciones, grietas de tensión y pliegues. Para fallas conjugadas inversas N60E (Sigma 1), que se puede relacionar a las estructuras en flor positiva que tienen una dirección de plano N80E/35N. La cual somete a levantamiento y modifica la morfología de la región, formando unidades de origen denudacional (relieve alto) y agradacional (relieve moderado), unidades muy comunes en las zonas de fallas transformantes.

## RECOMENDACIONES

1. Realizar estudios de geoquímica para reconocer el protolito de que dio origen a las rocas, así como también identificar de mejor manera las asociaciones minerales y facies metamórficas que afectan el área.
2. Elaborar estudios más detallados del enjambre de diques que afecta la parte noreste sobre la unidad de esquistos micáceos.
3. Realizar dataciones radiométricas en las unidades litodémicas, para determinar su edad y correlacionarlas con el Complejo Las Ovejas y así reconocer de mejor manera las facies que afectan el área, debido a que existe cierto problema para definir las condiciones de presión y temperatura, porque los diques que afectan el área cambian considerablemente la composición mineralógica de la roca caja.
4. Evaluar la posibilidad de realizar más mapeos geológicos en las áreas vecinas al área en estudio, debido a que muchas veces 20 km<sup>2</sup> no son lo suficiente para comprender los procesos geológicos que afectan un área en especial.
5. Realizar estudios de calidad de agua en quebradas y ojos de agua que abastecen varias comunidades de este vital líquido, ya que en muchas de ellas dependen mucho de estos afluentes



## BIBLIOGRAFÍA

Babín Vich, Rosa y David Gómez Ortiz. *Problemas de Geología Estructural*. Madrid, España: Universidad Complutense de Madrid. Facultad de Ciencias Geológicas, 2 010.

Barrow, G. *On an intrusion of muscovite biotite gneiss in the S.E. Highlands of Scotland and its accompanying metamorphism*. London, England: Geological Society, 1 983.

Carvajal, José Henry. *Propuesta metodológica para el desarrollo de la cartografía geomorfológica para zonificación geomecánica*. Bogotá, Colombia: Ministerio de Minas y Energía, 2 004.

Chiquin Yoj, Mauricio (Comp.) *Léxico estratigráfico preliminar de Guatemala, norte y centro*. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala -Centro Universitario del Norte- Carrera de Geología, 1 990.

*Características de la falla de Motagua*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Falla\\_de\\_Motagua](http://es.wikipedia.org/wiki/Falla_de_Motagua) (07 de abril de 2 012).

*Concepto de estratigrafía*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Estratigraf%C3%ADa> (05 de abril de 2 012).

*Concepto de geología estructural*. [http://es.wikipedia.org/wiki/ADa\\_estructural](http://es.wikipedia.org/wiki/ADa_estructural) (05 de abril de 2 012).

*Concepto de geología histórica*. <http://es.wikipedia.org/wiki/GeologC3%B3rica> (05 de abril de 2 012).

*Concepto de geología*. <http://definicion.de/geologia/> (05 de abril de 2 012).

*Concepto de geomorfología*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Geomorfolog%CdaA> (05 de abril de 2 012).

*Concepto de litología*. <http://es.wikipedia.org/wiki/Litolog%C3%ADa> (05 de abril de 2 012).



- Concepto de relieve*. [http://es.wikipedia.org/wiki/Relieve\\_terrestre](http://es.wikipedia.org/wiki/Relieve_terrestre) (05 de abril de 2 012).
- Dengo, Gabriel. *Caribbean Central America in: Bird and Schwartz*. New York, United States of America: The World's Coastline, 1 985.
- Gómez Jiménez, Javier. *Metamorfismo: Apuntes de la asignatura petrología endógena II*. Zaragoza, España: Universidad de Zaragoza, España. Departamento de Ciencias de la Tierra, 2 006.
- Gordillo, Enrique. *Guía general de estilo para la presentación de trabajos académicos*. Guatemala: Centro de Estudios Urbanos y Regionales -Universidad de San Carlos de Guatemala, 2 002.
- Instituto Geográfico Nacional. -IGN-. *Hoja topográfica Gualán*. (2361 III). Guatemala: IGN. Escala 1:50 000. Color.
- James, KH, Et. Al. *The Origin and evolution of the Caribbean Plate*. London, England: Geological Society of London, 2 009.
- Lovell, William George. *Conquest and survival in colonial Guatemala: A historical geography of the Cuchumatán Highlands*. Quebec, Canadá: University Press. McGill-Queen's, 2 005.
- McClay, K. *El mapeo geológico de estructuras*. Londres, Inglaterra: Sociedad Geológica de Londres, 1 987.
- Miyashiro, A. *Evolution of metamorphic belts*. slp. Journal of Petrology, 1 961.
- Newcomb, Walter Edwin. *Geology, structure and metamorphism of the Chuacús Group, Rio Hondo quadrangle and vicinity*. New York, United States of America: University of New York, Binghamton, 1 975.
- Ortega-Gutiérrez, Fernando, Et. Al. *The Maya-Chortís Boundary: A Tectonostratigraphic Approach*. México: International Geology Review, 2 007.
- Passchier, CW y RAJ, Trouw. *Microtectonics*. Berlin, Alemania: Springer-Verlag, 1 996.
- Pryer, LL. *Microstructures in feldspars from a major crustal thrust zone: the Grenville Front*. Ontario, Canada: Journal of Structural Geology, 1 993.
- Torres Roldan, RL, Et. Al. *Petrología metamórfica*. Granada, España: Universidad de Granada. Departamento de Mineralogía y Petrología, 2 004.

Rugers, Robert D, Et. Al. *Epirogenic uplift above a detached slab in northern Central America*. Texas, United States of America: University of Texas. Department of Geological Sciences and Institute for Geophysics, 2 002.

Vernon, R.H. 1976. *Metamorphic processes*. London, England: Department of Reactions and Microstructure Development, 1 976.



V.º B.º  
*[Handwritten signature]*

---

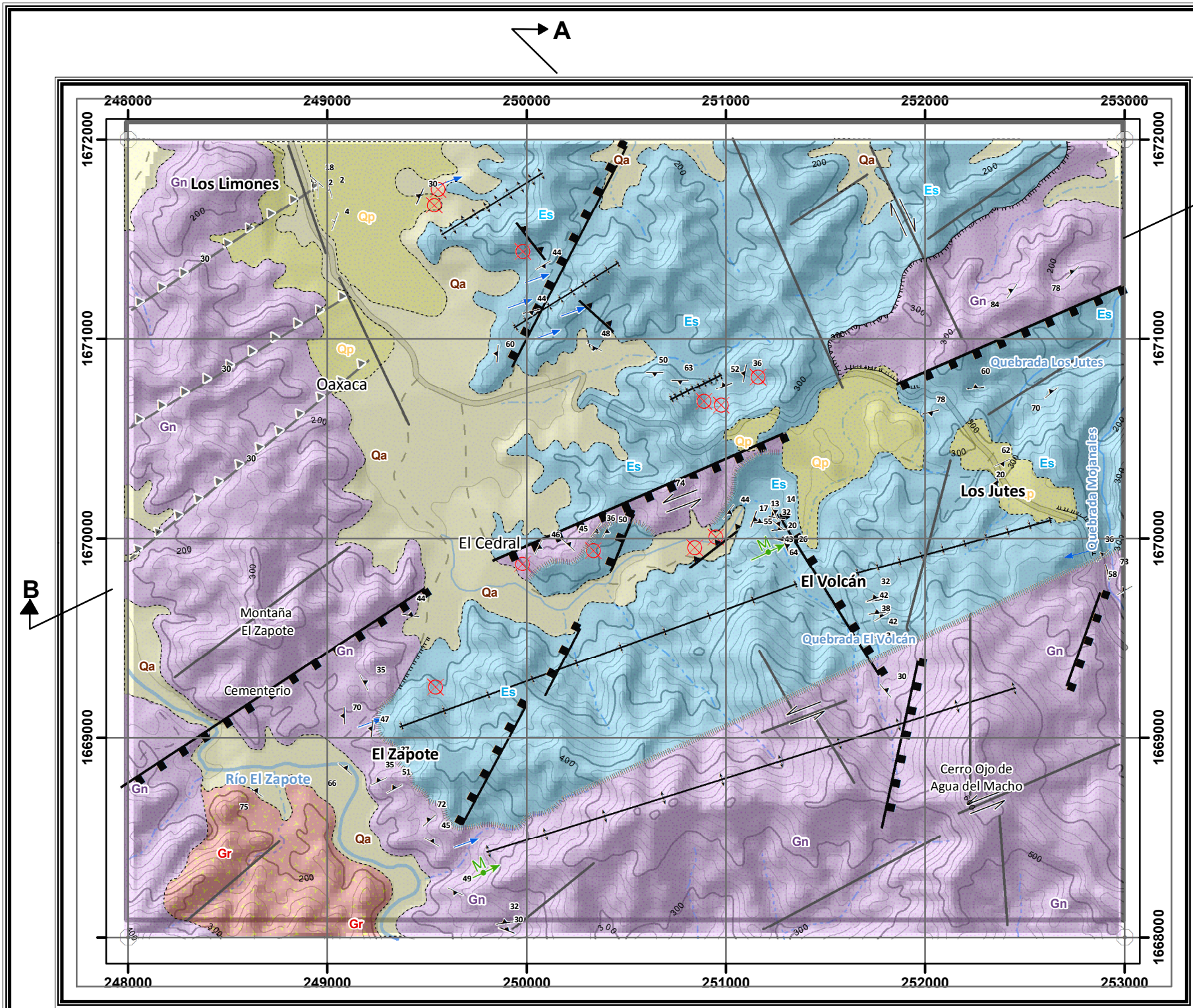
Adán García Véliz  
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa  
BIBLIOTECARIO





## **ANEXOS**



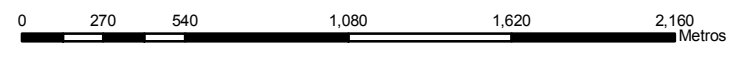


**Leyenda**

- Qa Aluvi3n
- Qp Dep3sitos Pom3ceos
- Gr Granito
- Es Esquisto Mic3ceo
- Gn Gneis Cuarzo Feldesp3tico

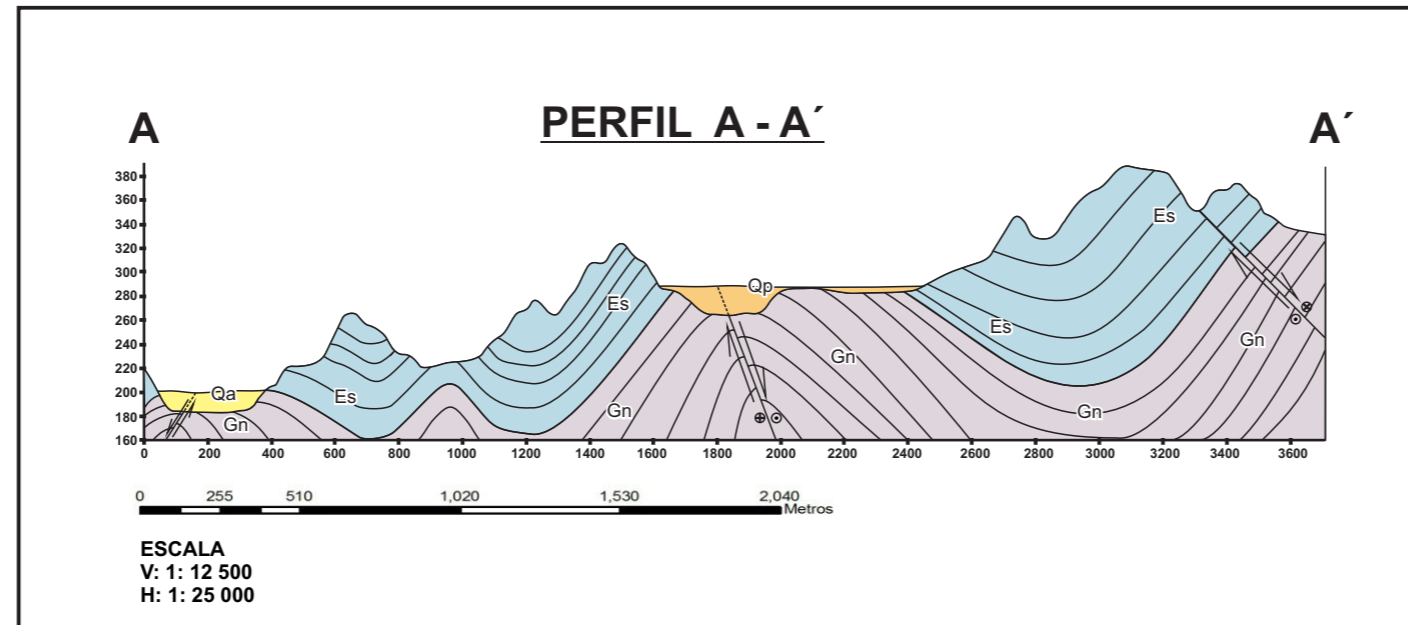
**Simbolog3a**

- Contacto Concordante
- Contacto Discordante
- Contacto Gradual
- Escarpe de Falla
- Lineamientos
- Falla Normal
- Falla Inversa
- Falla Inversa Neotectonica
- Pliegue Antiforme
- Pliegue Sinforme
- Foliaciones
- Estratificaciones
- Eje de Pliegue
- Pliegue "M"
- Diques



Escala: 1: 25 000

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE - CUNOR -	
	GEOLOG3A EN ZACAPA: An3lisis petrogr3fico de las lavas lit3micas en las aldeas de las Aldeas el Zapote y el Jute, en el municipio de Gual3n.	
CONTIENE: <b>MAPA GEOL3GICO - TFC 2012 -</b>		
REALIZADO POR: <b>PABLO GABRIEL SANDOVAL P3REZ</b>		
ESCALA NUM3RICA: 1:25 000	REVISADO POR:	REFERENCIA ESPECIAL: GCS_WGS_1984
		ANEXO I

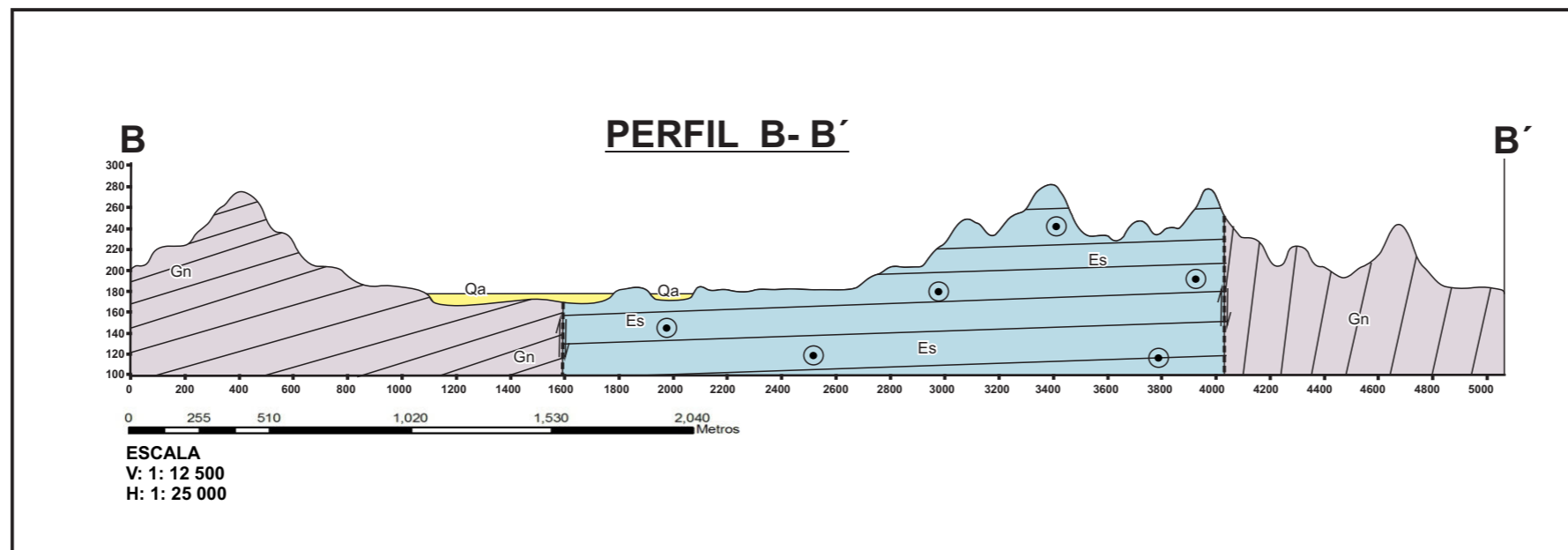


**Leyenda**

- Qa Unidad de Aluvi3n
- Qp Dep3sitos Pom3ceos
- Es Unidad de Esquistos
- Gn Unidad de Gneis

**Simbolog3a**

- Falla Normal Dextral
- Falla Normal Sinistral
- Foliaci3n



	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE</b> <b>- CUNOR -</b>	
	GEOLOG3A EN ZACAPA: An3lisis Petrogr3fico de las Unidades Litod3micas en los alrededores de las Aldeas el Zapote y el Jute, en el municipio de Guati3n.	
CONTIENE: <b>PERFIL GEOL3GICO A-A' , B-B'</b>		
REALIZADO POR: <b>PABLO GABRIEL SANDOVAL P3REZ</b>		
ESCALA HORIZONTAL:	ESCALA VERTICAL:	ANEXO II Y III
1:25 000	1:12 500	

## ANEXO IV

### ANÁLISIS PETROGRÁFICO

#### IV. I. Rocas Metamórficas

**TABLA 20**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-03**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS METAMORFICAS				
MUESTRA DE CAMPO: PGZ-03			COORDENANDAS: 16P 249530	
NOMBRE DE LA ROCA: Gneis Cuarzo Feldespático			1668487	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris <b>TEXTURA:</b> Granoblástica <b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos, micas (biotitas)				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-01 <b>TEXTURA:</b> Porfido-poiki-lepido-blástica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Bajo	Subhedral
Anfiboles	10	Irregular	Alto	Anhedral
Olivinos	15	Irregular	Medio	Anhedral
Silimanita	5	Tabular/Fibroso	Alto	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotitas, plagioclasas				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo, plagioclasas				
<b>ZONACIÓN:</b> Cuarzo, plagioclasas				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
LABRADORITA, ADESINA, BYTOWNITA				
FELDESPATOS:				
ANORTOCLASA				
ASOCIACIÓN MINERAL: Qz+Fld+Bt+Anf+Ol+Sil				

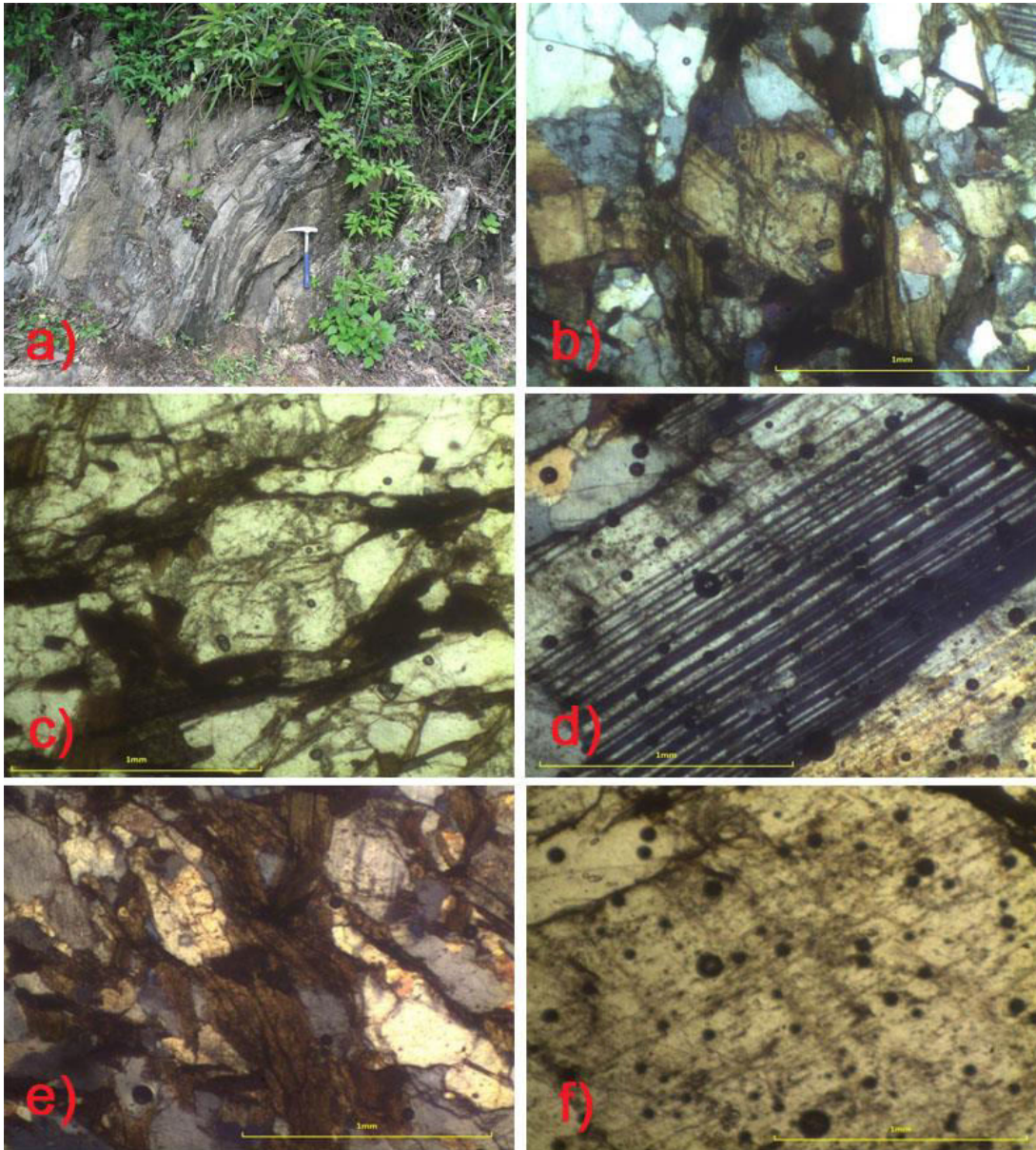
Fuente: Investigación de campo. 2 012



### FOTOGRAFÍA 43

## AFLORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS EN GNEIS

- a) Afloramiento de gneis cuarzo feldespático  
b) y c) Olivino rodeado principalmente de biotita, cuarzo y feldespatos. Vista en XPL y PPL donde se observa que el olivino tiene un relieve alto  
d) y f) Plagioclasa del tipo labradorita, rodeada de olivino. Vista en XPL y PPL  
e) Biotita rodeada de olivinos, plagioclasas y feldespatos. Vista en XPL.  
Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**TABLA 21**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-18**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS METAMORFICAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-18			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 250070	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Gneis Cuarzo Feldespático			1669958	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Beige <b>TEXTURA:</b> Granolepidoblastica <b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos, micas (biotitas)				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-07 <b>TEXTURA:</b> Porfido-poiki-lepido-blástica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Plagioclasas	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	15	Irregular	Bajo	Anhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Olivinos	10	Irregular	Medio	Anhedral
Seritización	7	Irregular	Medio	Anhedral
Silimanita	3	Tabular/Fibroso	Alto	Anhedral
Anfiboles	2	Irregular	Medio	Anhedral
Clorita	2	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Piroxenos	1	Irregular	Alto	Subhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotitas, plagioclasas				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo, plagioclasas				
<b>ZONACIÓN:</b> Cuarzo, plagioclasas				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
BYTOWNITA, LABRADORITA, ANDESINA				
FELDESPATOS:				
ANORTOCLASA				
ASOCIACIÓN MINERAL: Qz+Pgl+Fld+Bt+Ol+Ser+Sil+Anf+Cl+Px				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 44

### AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DEL GNEIS

- a) Afloramiento de gneis cuarzo feldespático de muestra PGZ-18
- b) y c) Microclina rodeada principalmente de plagioclasas, olivinos cuarzo y feldespatos. Vista en XPL y PPL
- d) Zonación concéntrica en plagioclasa, también se observan anfíboles y biotita. Vista en XPL
- e) Zonación concéntrica en plagioclasa, se observan prioxenos y biotita. Vista en XPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

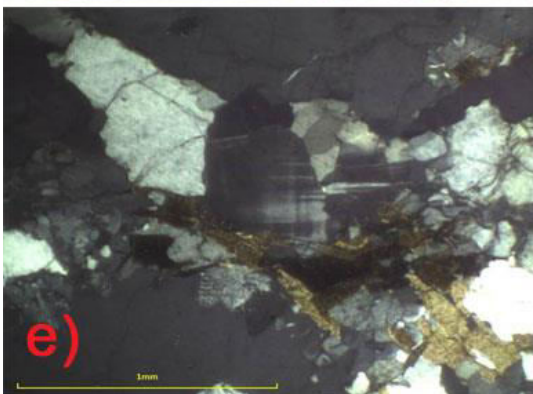
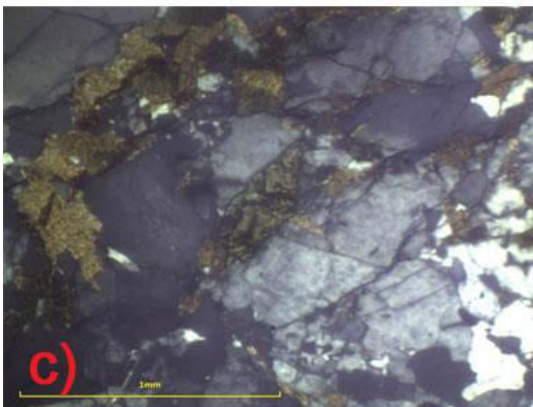
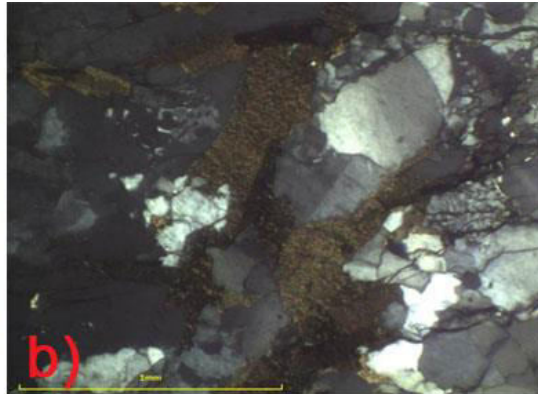
**TABLA 22**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-20**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS METAMORFICAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-20			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 252992	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Gneis Cuarzo Feldespático			1669748	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris				
<b>TEXTURA:</b> Porfidoblástica				
<b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos, micas (biotita)				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-08				
<b>TEXTURA:</b> Porfido-poiki-lepido-blástica, tambien se observan rastros de textura micrográfica y mirmequítica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Plagioclasas	15	Irregular	Bajo	Anhedral
Olivinos	10	Irregular	Medio	Anhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Piroxenos	5	Irregular	Alto	Anhedral
Silimanita	3	Irregular	Alto	Anhedral
Sericitización	3	Irregular	Medio	Anhedral
Anfiboles	2	Irregular	Alto	Anhedral
Epidota	2	Regular	Alto	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotitas, plagioclasas				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo, plagioclasas				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
BYTOWNITA, LABRADORITA				
FELDESPATOS				
MICROCLINA				
ASOCIACIÓN MINERAL: Qz+Fld+Pgl+Ol+Bt+Px+Sil+Ser+Anf				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 45 AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DEL GNEIS

- a) Afloramiento de gneis cuarzo feldespático de muestra PGZ-20
- b) Biotita, cuarzo y feldespatos vistos en XPL
- c) Vista de piroxeno, anfíbol y cuarzo en XPL
- d) Textura micrográfica en feldespato visto en XPL
- e) Vista de microclina, anfíboles, biotita y cuarzo en XPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

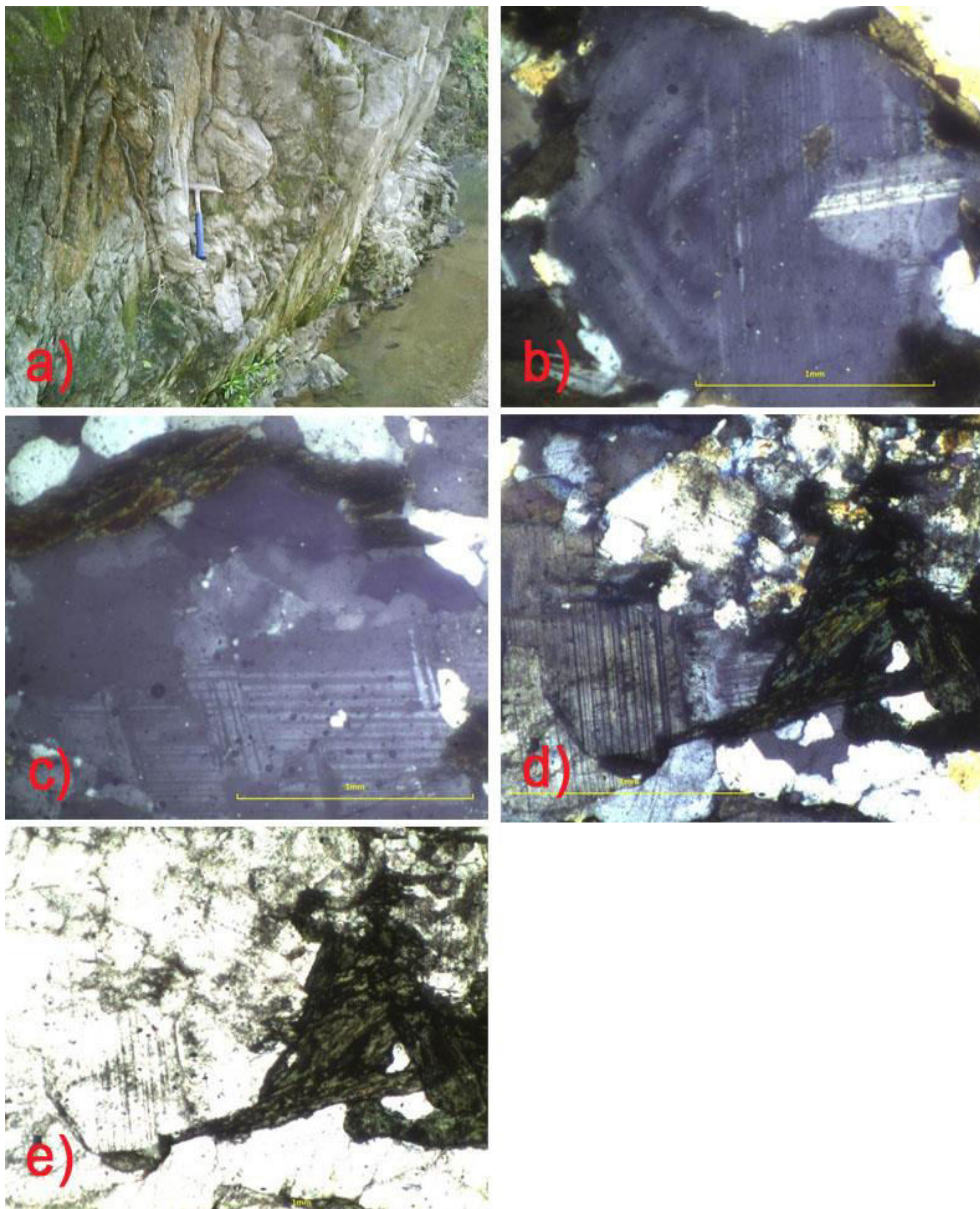
**TABLA 23**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-26**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS METAMORFICAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-26			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 249075	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Gneis Cuarzo Feldespático			1669110	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris <b>TEXTURA:</b> Granoblástica <b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos, micas (biotitas)				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZL-09 <b>TEXTURA:</b> Porfido-poiki-lepido-blástica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Plagioclasas	10	Irregular	Bajo	Anhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Clorita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Olivinos	10	Irregular	Medio	Anhedral
Anfiboles	5	Irregular	Alto	Anhedral
Sericitización	3	Irregular	Medio	Anhedral
Silimanita	2	Irregular	Alto	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotitas, plagioclasas				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo, plagioclasas				
<b>ZONACIÓN:</b> Concentrica en cuarzo				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
LABRADORITA				
ANDESINA				
BYTOWNITA				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
ANORTOCLASA				
ASOCIACIÓN MINERAL: Qz+Fld+Pgl+Bt+Cl+Ol+Anf+Sil				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 46 AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DEL GNEIS

- a) Afloramiento de gneis cuarzo feldespático de muestra PGZ-26
- b) Zonación concéntrica en plagioclasa, se observan minerales como biotita y anfíboles. Vista XPL
- c) Vista de feldespato del tipo anortoclasa debido a la macla de tartán es una variación de la macla polisintética, con reticulado en ángulo agudo
- d) y e) Vista de clorita, la cual reemplazo a al biotita, también se observa cuarzo y feldespatos. Vista XPL y PPL Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**TABLA 24**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-27**

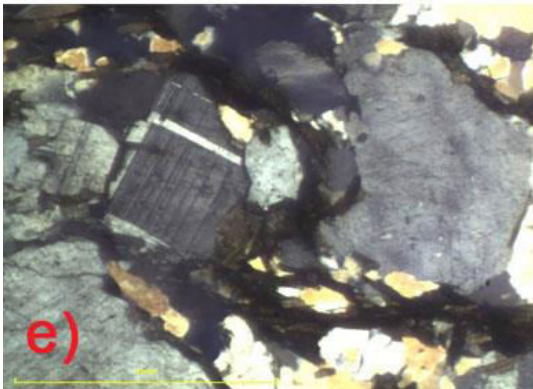
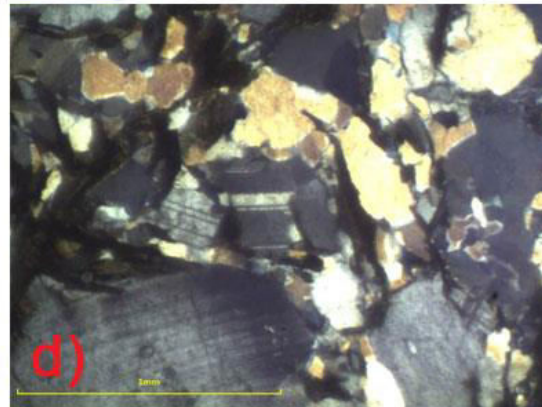
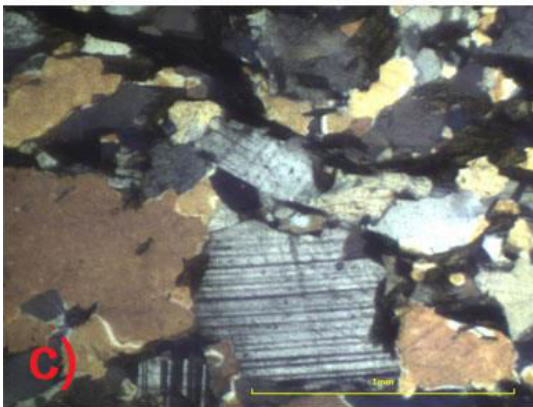
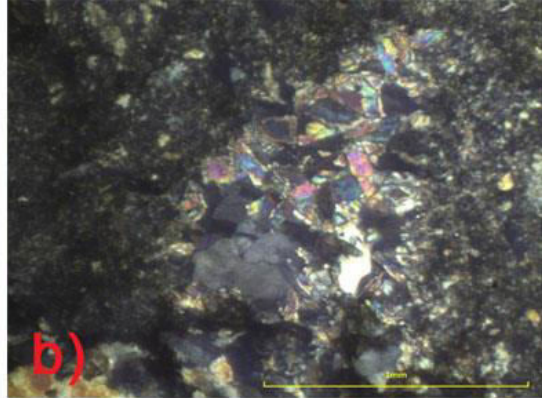
ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS METAMORFICAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-27			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 249530	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Gneis Cuarzo Feldespático			1668487	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris <b>TEXTURA:</b> Porfidoblástica <b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos, micas (biotita)				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-10 <b>TEXTURA:</b> Porfido-poiki-lepido-blástica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Plagioclasas	15	Irregular	Bajo	Anhedral
Olivinos	15	Irregular	Medio	Anhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Piroxenos	5	Irregular	Alto	Anhedral
Anfíboles	3	Irregular	Alto	Anhedral
Epidota	2	Irregular	Medio	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotitas, plagioclasas				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo, plagioclasas				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
LABRADORITA, ANDESINA				
ASOCIACIÓN MINERAL: Qz+Fld+Pgl+Ol+Bt+Px+Anf+Ep				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012



## FOTOGRAFÍA 47 AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DEL GNEIS

- a) Afloramiento de gneis cuarzo feldespático de muestra PGZ-27
- b) Sericitización en plagioclasa
- c) Vista de plagioclasa, olivino, biotita y feldespato en XPL
- d) Vista de plagioclasa, biotita, olivino y feldespatos en XPL
- e) Vista de biotita, cuarzo, feldespatos y plagioclasas en XPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

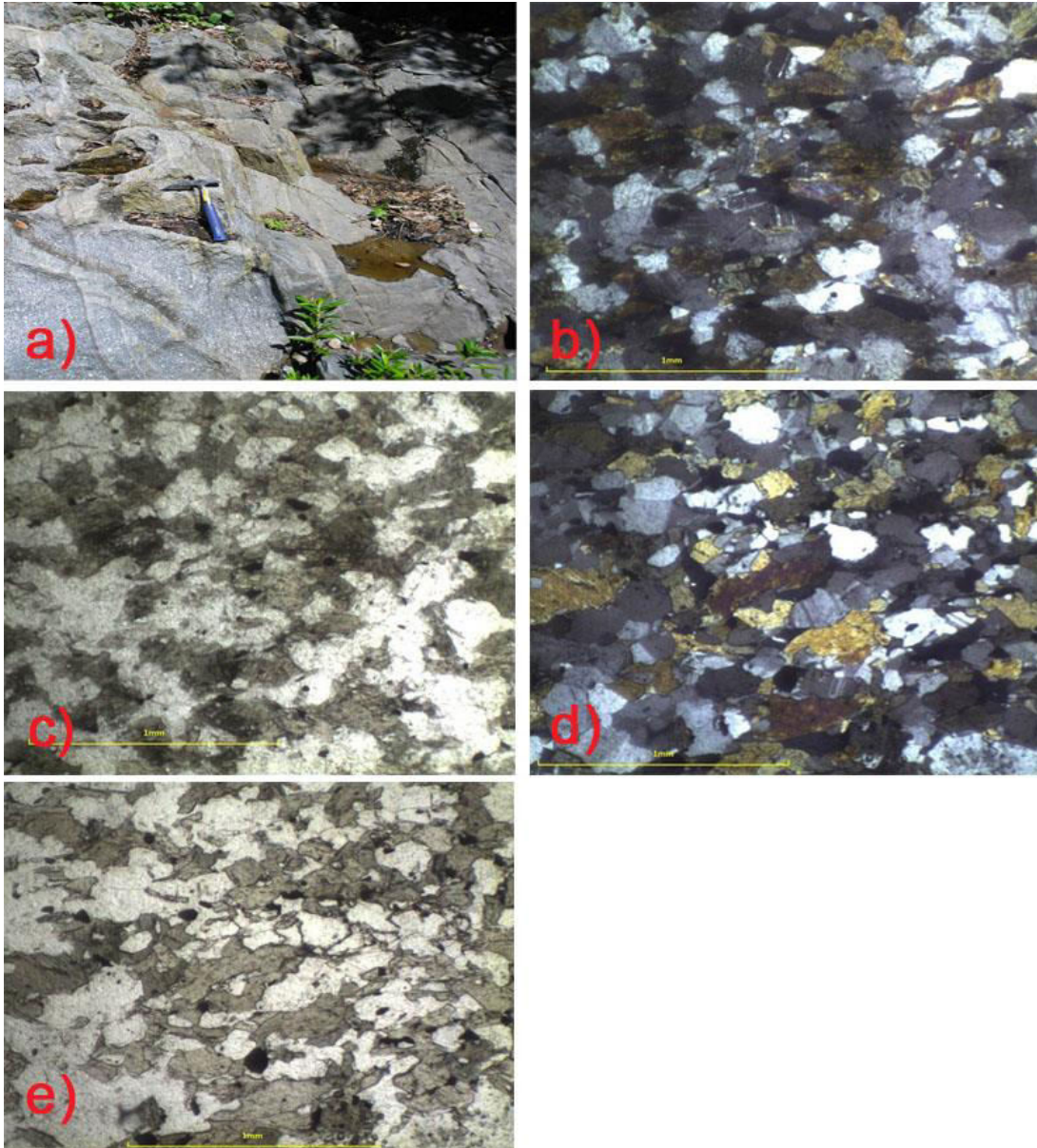
**TABLA 25**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-28**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS METAMORFICAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-28		<b>COORDENANDAS:</b>		16P 253037
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Anfibolita				1671040
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Verde oscuro				
<b>TEXTURA:</b> Granoblástica (Muy fina)				
<b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Anfíboles, cuarzo, feldespatos				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-11				
<b>TEXTURA:</b> Nematoblástica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Anfíboles	40	Irregular	Medio	Anhedral
Hornblenda	25	Irregular	Medio	Anhedral
Plagioclasas	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Cuarzo	10	Irregular	Bajo	Anhedral
Minerales opacos	3	Irregular	Alto	Anhedral
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
BYTOWNITA, ANORTITA				
ASOCIACIÓN MINERAL: Anf+Horn+Pgl+Qz				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FOTOGRAFÍA 48 AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE LA ANFIBOLITA

- a) Afloramiento de gneis cuarzo feldespático con intercalación de anfibolita de la muestra de anfibolita PGZ-28  
b) y c) vista de anfíboles, hornblenda cuarzo y plagioclasas en XPL y PPL  
d) y e) Vista de hornblenda, anfíboles, cuarzo y plagioclasas en XPL y PPL.  
Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

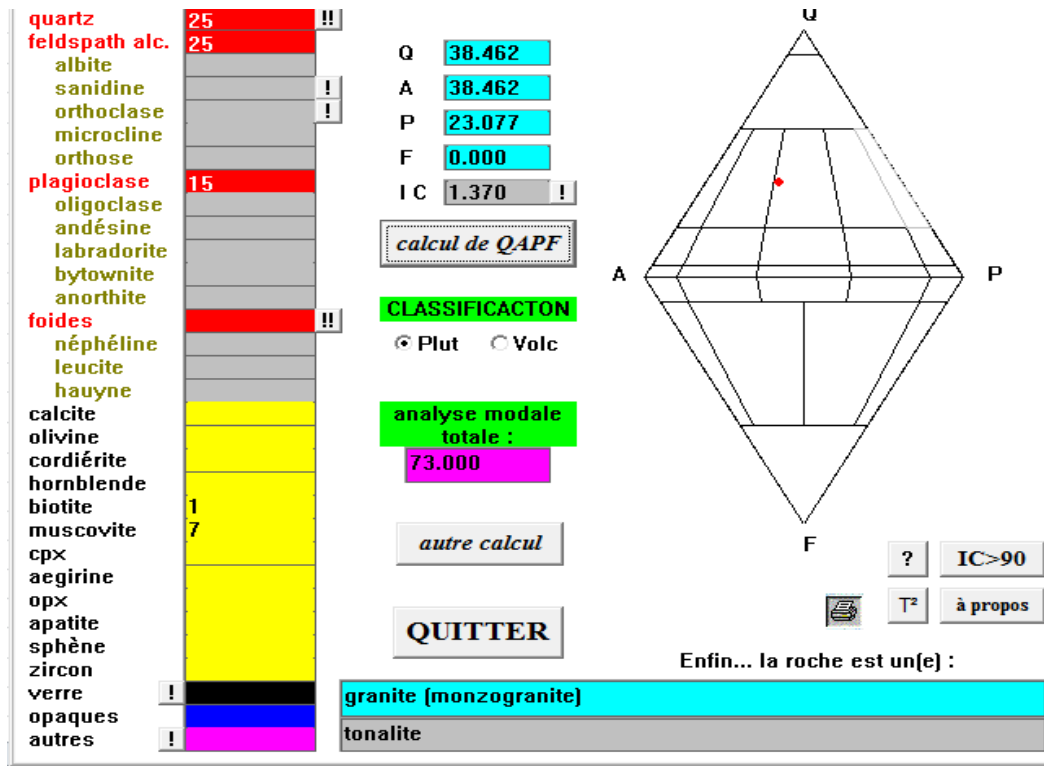
## IV. II. Rocas Ígneas

**TABLA 26**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-05**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS IGNEAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-05			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 249224	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Granito (Monzogranito)			1668995	
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA				
<b>COLOR:</b> Gris				
TEXTURA				
GRADO DE CRISTALIZACIÓN	FORMA DE CRISTALES	RELACIONES MUTUAS ENTRE MINERALES		
Holocrsitalina	Anhedral	Panidiomorfa		
<b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos y micas				
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-02				
<b>TEXTURA:</b> Mirmequítica, holocrystalina, granular, micrográfica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	30	Irregular	Bajo	Subhedral
Olivinos	20	Irregular	Medio	Anhedral
Moscovita	10	Tabular/Fibroso	Medio	Anhedral
Biotita	5	Tabular/Fibroso	Alto	Anhedral
Plagioclasas	3	Irregular	Bajo	Anhedral
Anfiboles	2	Irregular	Alto	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Moscovita y biotita				
<b>FRACTURAS:</b> Plagioclasas				
<b>ZONACIÓN:</b> Plagioclasas y Cuarzo				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
LABRADORITA				
FELDESPATOS:				
MICROCLINA				
MINERALES ESENCIALES: Qz+Fld+Pgl+Ms				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

**FIGURA 27**  
**DIAGRAMA QAPF DE STRECKEISEN PARA CLASIFICACIÓN DE**  
**ROCAS DE ORIGEN PLUTÓNICO**

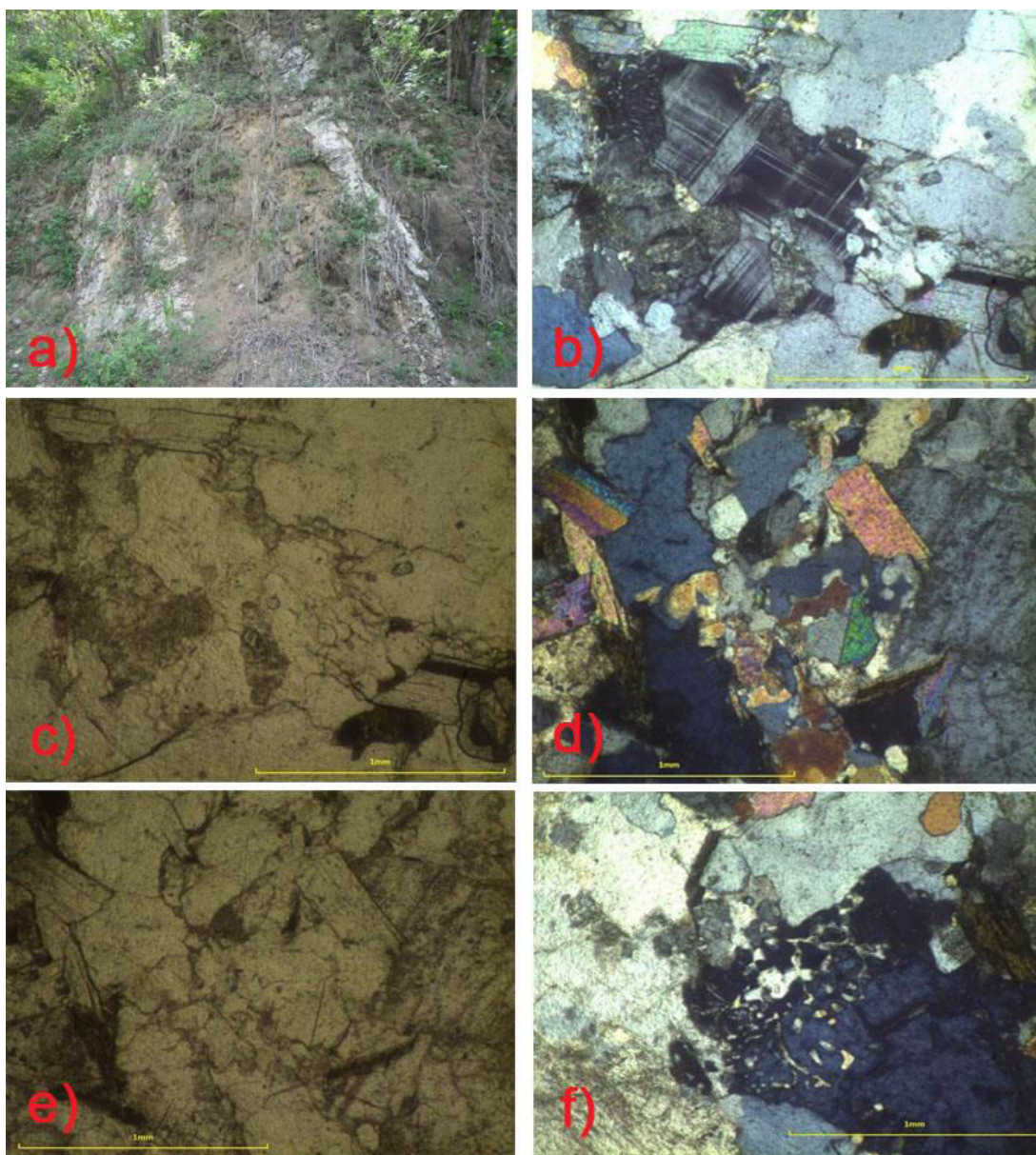


Fuente: Investigación de campo. 2 012 (Software QAPF 1,2)

## FOTOGRAFÍA 49

### AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE DIQUES DE GRANITO

- a) Diques de monzogranito con dirección N035, donde se extrajo la muestra PGZ-05
- b) y c) Vista de microclina, olivinos, moscovita, anfíboles y textura micrográfica en feldespatos. Vistas XPL y PPL
- d) y e) Vista de moscovita, olivino, anfíboles, feldespato en XPL y PPL
- f) Biotita, moscovita, olivino y textura micrográfica en feldespato. Vista en XPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



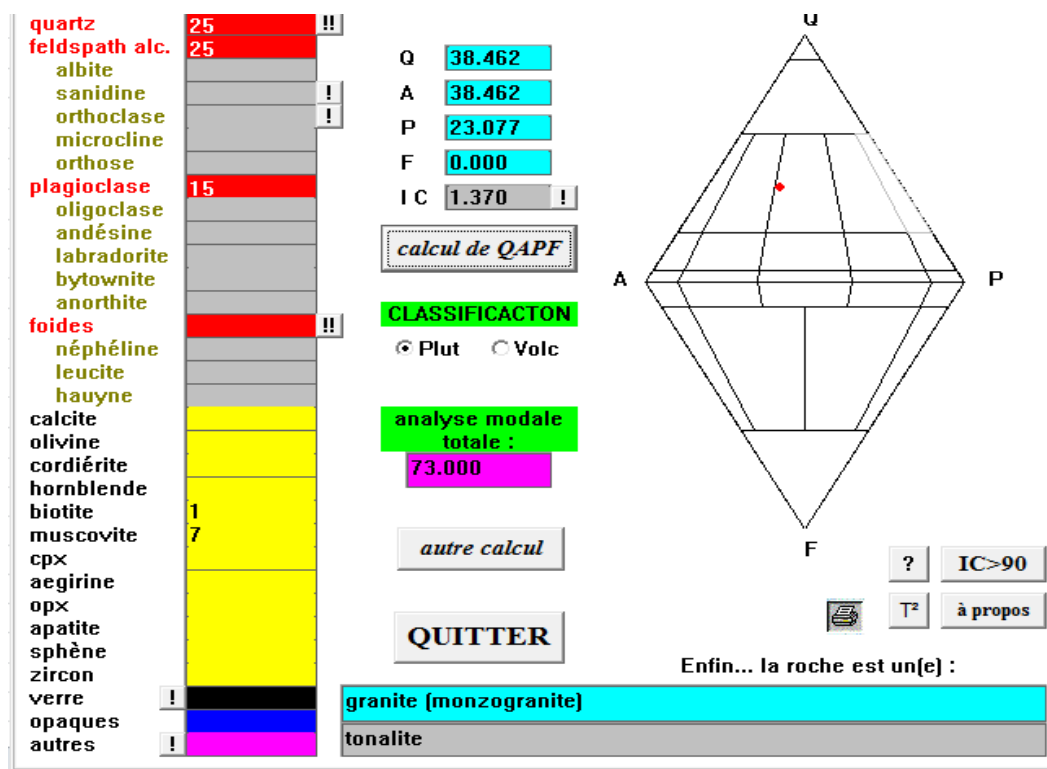
Tomada por: Pablo Sandoval. 2 01

**TABLA 27**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-09**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS IGNEAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-09			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 251148	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Granito (sienogranito)			1670095	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris				
TEXTURA				
GRADO DE CRISTALIZACION	FORMA DE CRISTALES	RELACIONES MUTUAS ENTRE MINERALES		
Holocrsitalina	Anhedral	Panidiomorfa		
<b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Cuarzo, feldespatos y micas				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-03				
<b>TEXTURA:</b> Mirmequítica, holocrystalina, granular, micrográfica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	30	Irregular	Bajo	Subhedral
Plagioclasas	15	Irregular	Bajo	Subhedral
Olivinos	15	Tabular/Fibroso	Medio	Anhedral
Biotita	7	Tabular/Fibroso	Alto	Anhedral
Minerales opacos	3	Irregular	Alto	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotita				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo y feldespatos				
<b>ZONACIÓN:</b> Plagioclasas y Cuarzo				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
BYTOWNITA, LABRADORITA, ANDESINA				
FELDESPATOS:				
MICROCLINA, ANORTOCLASA				
MINERALES ESENCIALES: Qz+Fld+Pgl+Ol				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

## FIGURA 28 DIAGRAMA QAPF DE STRECKEISEN PARA CLASIFICACIÓN DE ROCAS DE ORIGEN PLUTÓNICO

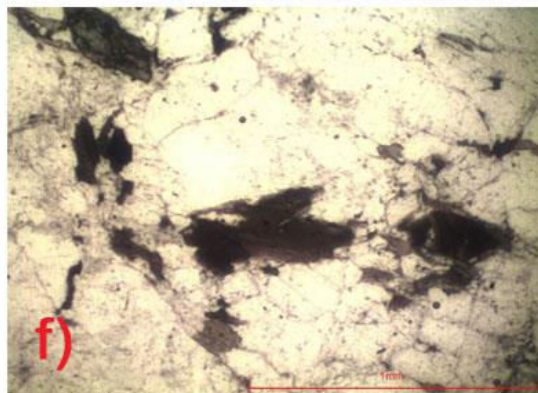
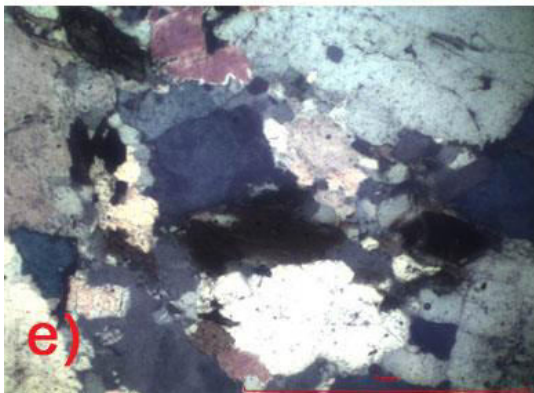
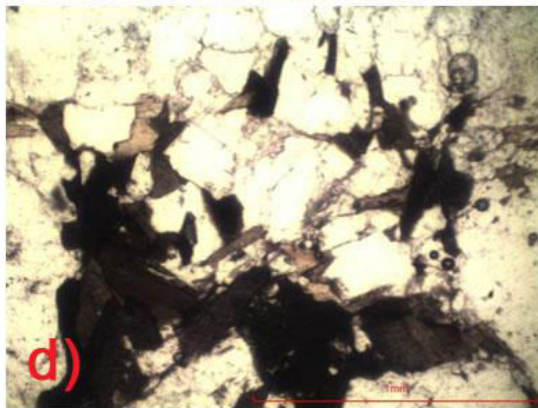
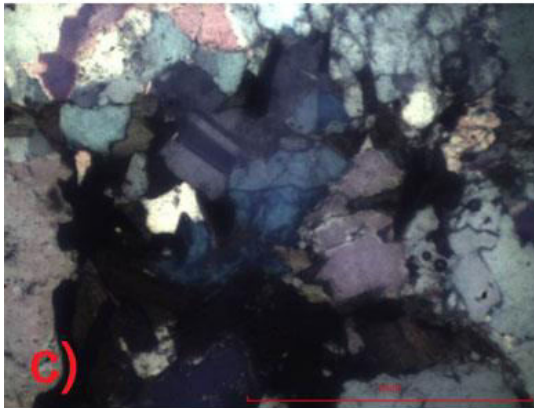
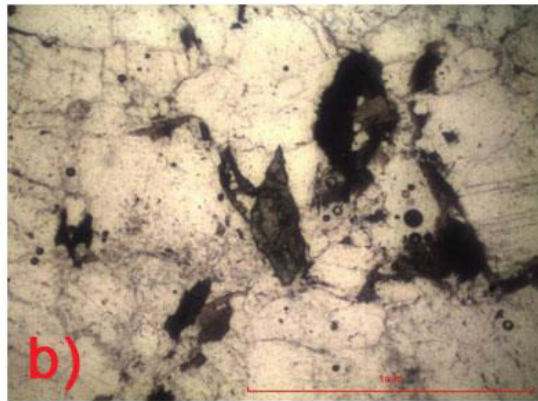
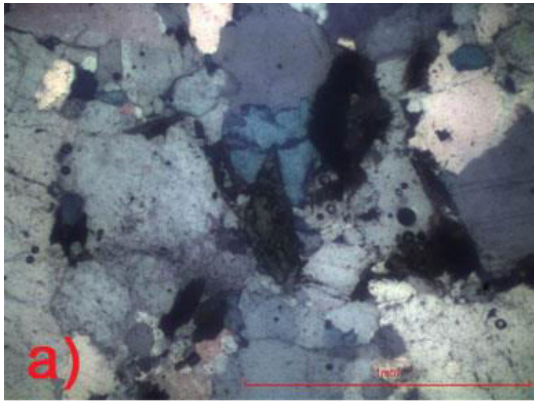


Fuente: Investigación de campo. 2 012 (Software QAPF 1,2)



## FOTOGRAFÍA 50 CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE DIQUES DE GRANITO

- a) y b) vista de piroxenos, olivinos, anfíboles y feldespatos en XPL y PPL,  
c) y d) Presencia de anfíboles, plagioclasas, olivino, cuarzo y feldespato vistos en XPL y PPL  
e) y f) Se observan Piroxenos, anfíboles, olivinos, cuarzo y feldespato en vistas XPL y PPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



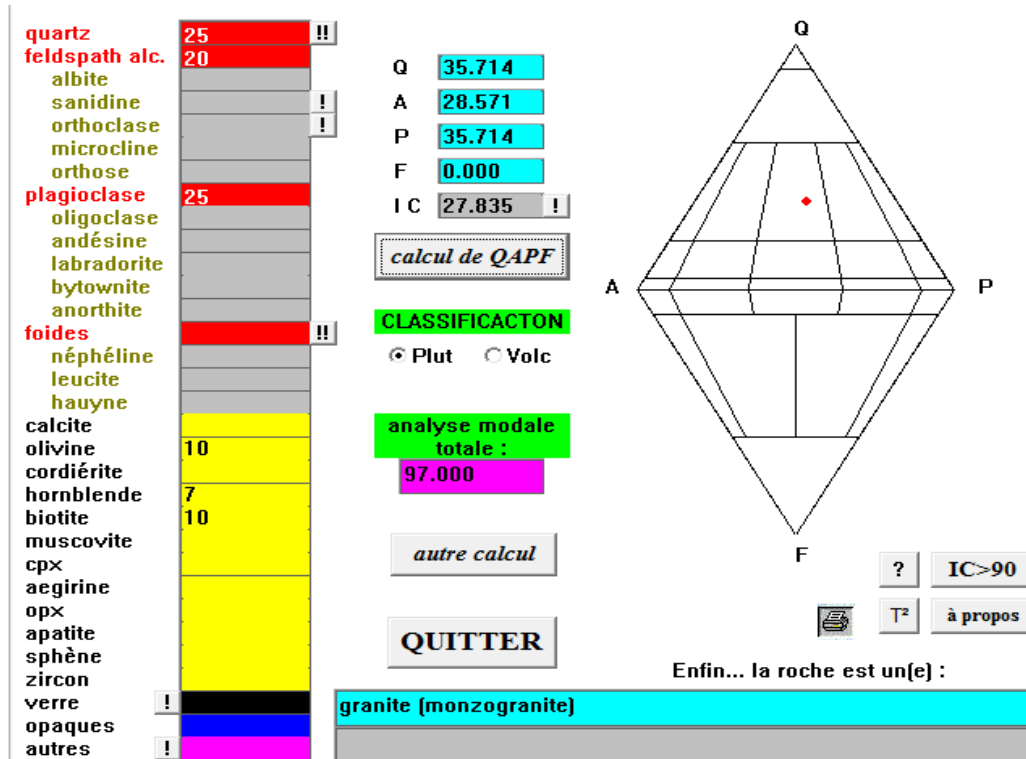
Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**TABLA 29**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-10**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS IGNEAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-10			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 251148	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Granito (monzogranito)			1670095	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris				
TEXTURA				
GRADO DE CRISTALIZACION	FORMA DE CRISTALES	RELACIONES MUTUAS ENTRE MINERALES		
Holocristalina	Anhedral	Panidiomorfa		
<b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Feldespatos, Cuarzo y biotita. Presenta deformación				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-04.				
<b>TEXTURA:</b> Mirmequítica, holocristalina, granular, micrográfica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	20	Irregular	Bajo	Subhedral
Plagioclasas	25	Irregular	Bajo	Subhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Anhedral
Olivinos	10	Irregular	Medio	Anhedral
Anfiboles	7	Regular	Alto	Subhedral
Piroxenos	3	Irregular	Alto	Anhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotita				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo y feldespatos				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
LABRADORITA, ANDESINA, BYTOWNITA				
MINERALES ESENCIALES: Qz+Fld+Pgl+Bt+Ol+Anf				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012

**FIGURA 28**  
**DIAGRAMA QAPF DE STRECKEISEN PARA CLASIFICACIÓN DE**  
**ROCAS DE ORIGEN PLUTÓNICO**

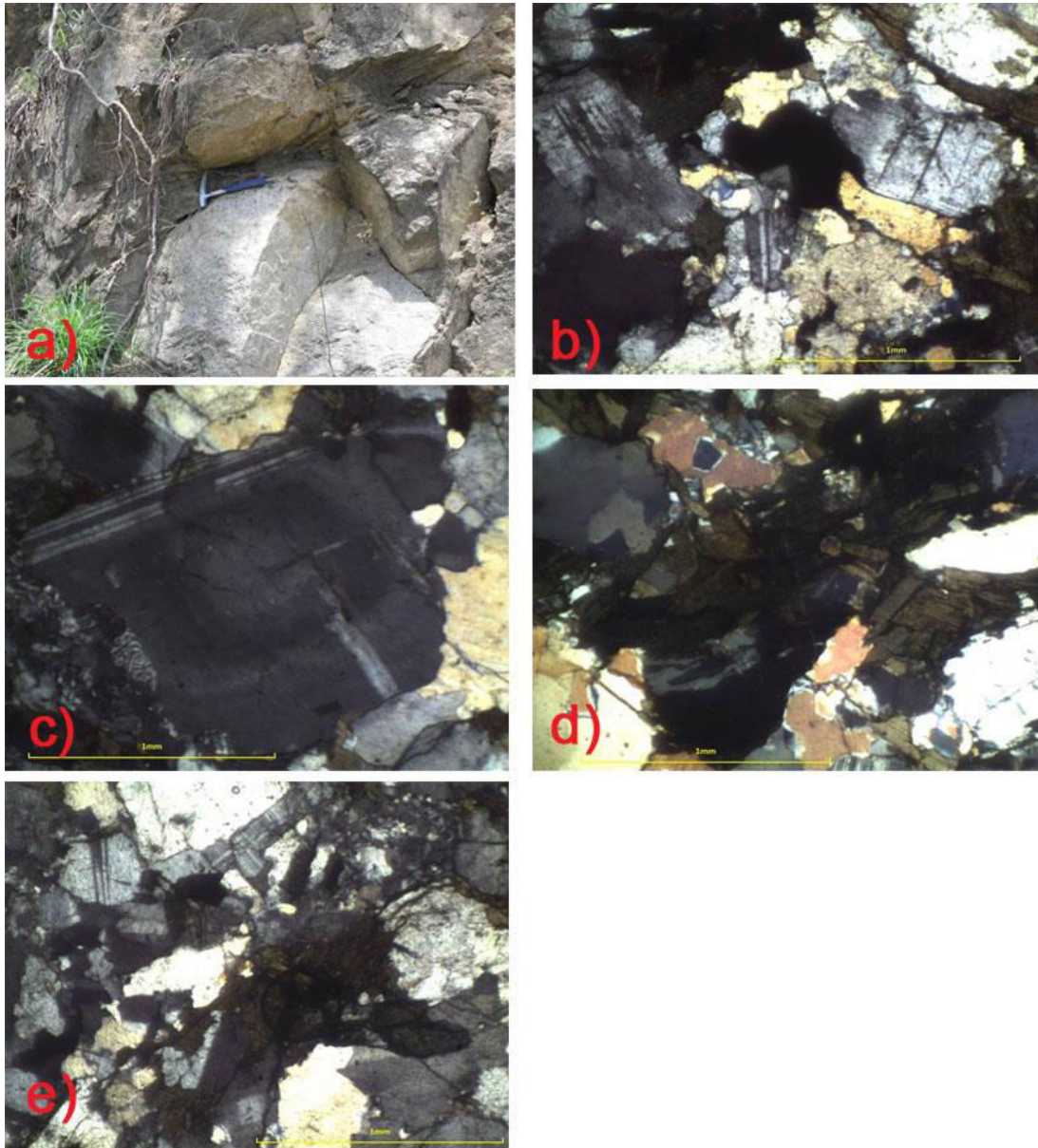


Fuente: Investigación de campo. 2 012 (Software QAPF 1,2)

## FOTOGRAFÍA 51

### AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE DIQUES DE GRANITO

- a) Dique de monzogranito con dirección N110, de la muestra PGZ-10  
 b) Vista de anfíboles, biotita, plagioclasas, feldespatos, olivinos y cuarzo  
 c) Presenta zonación concéntrica en plagioclasa, presencia de olivinos, anfíboles y presenta una textura micrográfica en feldespatos. Vista XPL  
 d) Vista de olivinos, biotita, anfíboles, plagioclasas, cuarzo y feldespatos en XPL,  
 e) Se observa piroxeno, biotita, anfíboles, olivinos, plagioclasas, cuarzo y feldespatos vistos en XPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



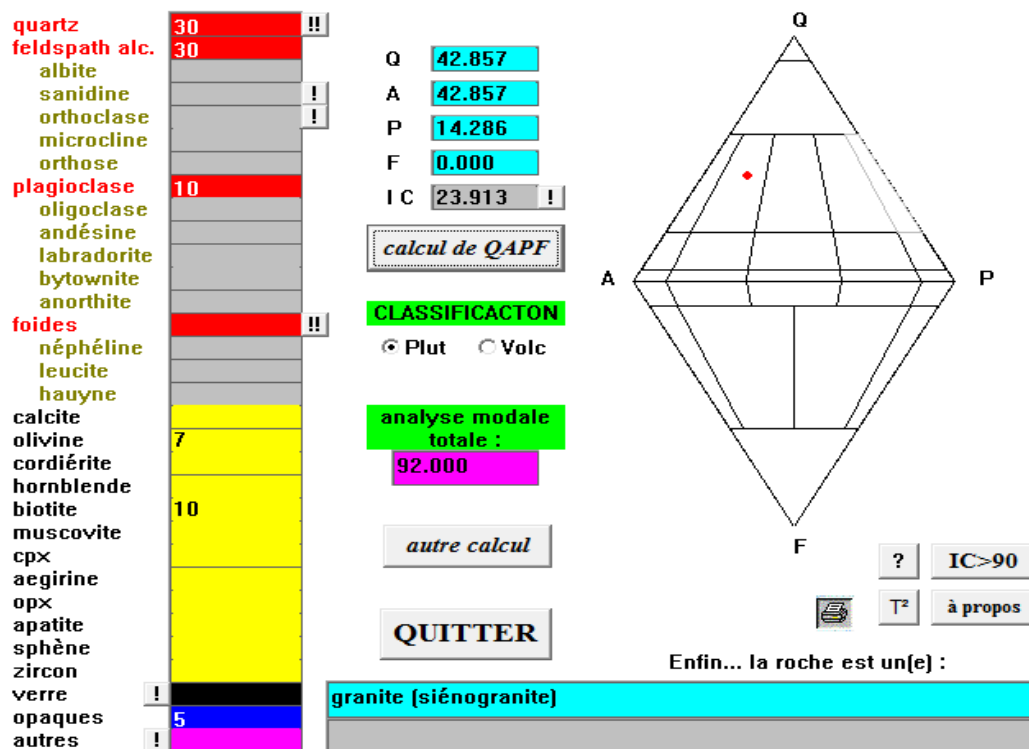
Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

**TABLA 29**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-12**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS IGNEAS				
MUESTRA DE CAMPO: PGZ-12			COORDENANDAS: 16P 251776	
NOMBRE DE LA ROCA: Granito (sienogranito)			1669620	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
COLOR: Gris				
TEXTURA				
GRADO DE CRISTALIZACION	FORMA DE CRISTALES	RELACIONES MUTUAS ENTRE MINERALES		
Holocrsitalina	Anhedral	Panidiomorfa		
MINERALES OBSERVABLES: Feldespatos, Cuarzo y biotita				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
MUESTRA DE LABORATORIO: PGZL-05				
TEXTURA: Mirmequítica, holocrystalina, granular, micrográfica				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	30	Irregular	Bajo	Subhedral
Olivinos	15	Irregular	Medio	Subhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Anhedral
Plagioclasas	10	Irregular	Bajo	Anhedral
Minerales Opacos	5	Irregular	Alto	Anhedral
<b>PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :</b>				
LABRADORITA, ANDESINA				
<b>FELDESPATOS :</b>				
ANORTOCLASA				
<b>MINERALES ESENCIALES: Qz+Fld+Ol+Bt+Pgl</b>				

Fuente: Investigación de campo. 2 012

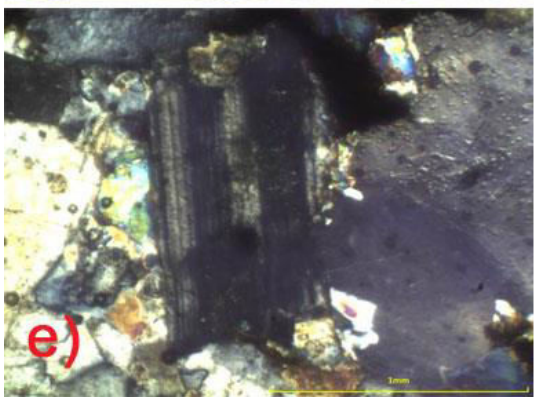
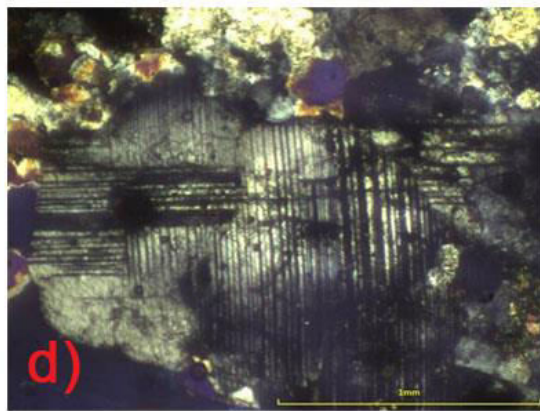
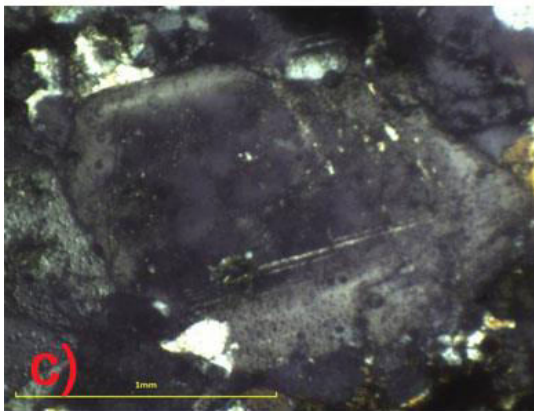
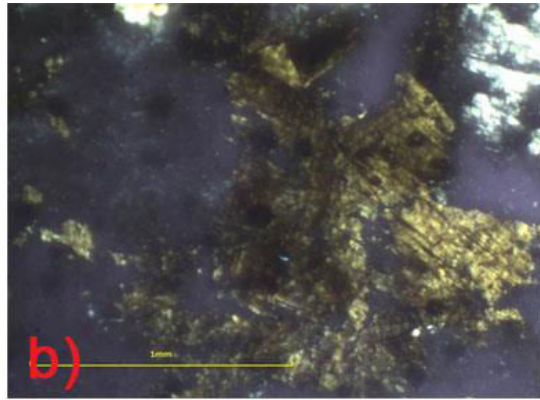
**FIGURA 30**  
**DIAGRAMA QAPF DE STRECKEISEN PARA CLASIFICACIÓN DE**  
**ROCAS DE ORIGEN PLUTÓNICO**



**Fuente:** Investigación de campo. 2 012 (Software QAPF 1,2).

## FOTOGRAFÍA 52 AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE DIQUES DE GRANITO

- a) Diques de monzogranito con dirección N313, donde se extrajo la muestra PGZ-12
- b) Presenta anfíboles, olivinos y cuarzo. Vista en XPL, c) Se observa zonación concéntrica en plagioclasa, olivinos, anfíboles y cuarzo en vista XPL
- d) Presencia de plagioclasa, olivino y feldespato en vista XPL
- e) Vista de plagioclasa, olivinos, anfíboles en XPL. Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012

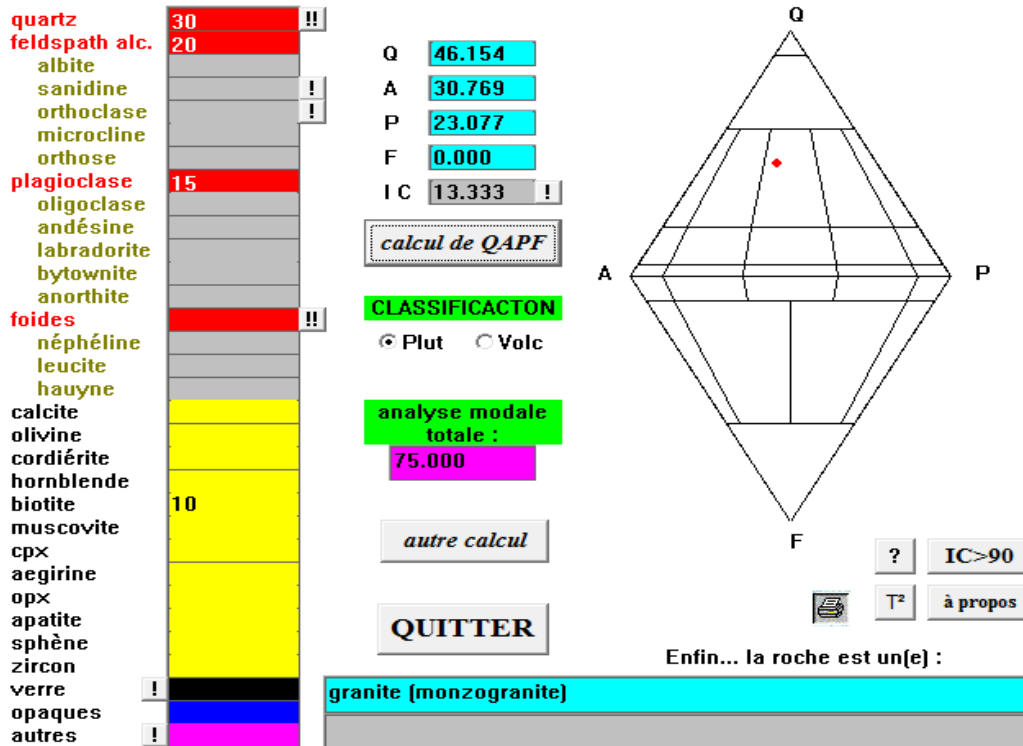
**TABLA 30**  
**ANÁLISIS PARA MUESTRA PGZ-17**

ESTUDIO PETROGRÁFICO ROCAS IGNEAS				
<b>MUESTRA DE CAMPO:</b> PGZ-17			<b>COORDENANDAS:</b> 16P 250070	
<b>NOMBRE DE LA ROCA:</b> Granito (monzogranito)			1669958	
DESCRIPCIÓN MACROSCOPICA				
<b>COLOR:</b> Gris				
TEXTURA				
GRADO DE CRISTALIZACION	FORMA DE CRISTALES	RELACIONES MUTUAS ENTRE MINERALES		
Holocrstalina	Anhedral	Panidiomorfa		
<b>MINERALES OBSERVABLES:</b> Feldespatos, Cuarzo y biotita. Presenta deformación				
DESCRIPCIÓN MICROSCOPICA				
<b>MUESTRA DE LABORATORIO:</b> PGZL-06				
<b>TEXTURA:</b> Mirmequítica, holocrstalina, granular				
MINERAL	PORCENTAJE (%)	HABITO	RELIEVE	FORMA
Cuarzo	30	Irregular	Bajo	Anhedral
Feldespatos	20	Irregular	Bajo	Anhedral
Plagioclasas	15	Irregular	Bajo	Anhedral
Olivinos	15	Irregular	Medio	Anhedral
Biotita	10	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Anfiboles	7	Tabular/Fibroso	Alto	Subhedral
Piroxenos	3	Regular	Alto	Subhedral
<b>EXFOLIACION:</b> Biotita				
<b>FRACTURAS:</b> Cuarzo y feldespatos				
PLAGIOCLASAS (En orden de abundancia) :				
ANDESINA, LABRADORITA				
MINERLAES ESENCIALES: Qz+Fld+Pgl+Ol+Bt+Anf				

**Fuente:** Investigación de campo. 2 012



**FIGURA 31**  
**DIAGRAMA QAPF DE STRECKEISEN PARA CLASIFICACIÓN DE**  
**ROCAS DE ORIGEN PLUTÓNICO**

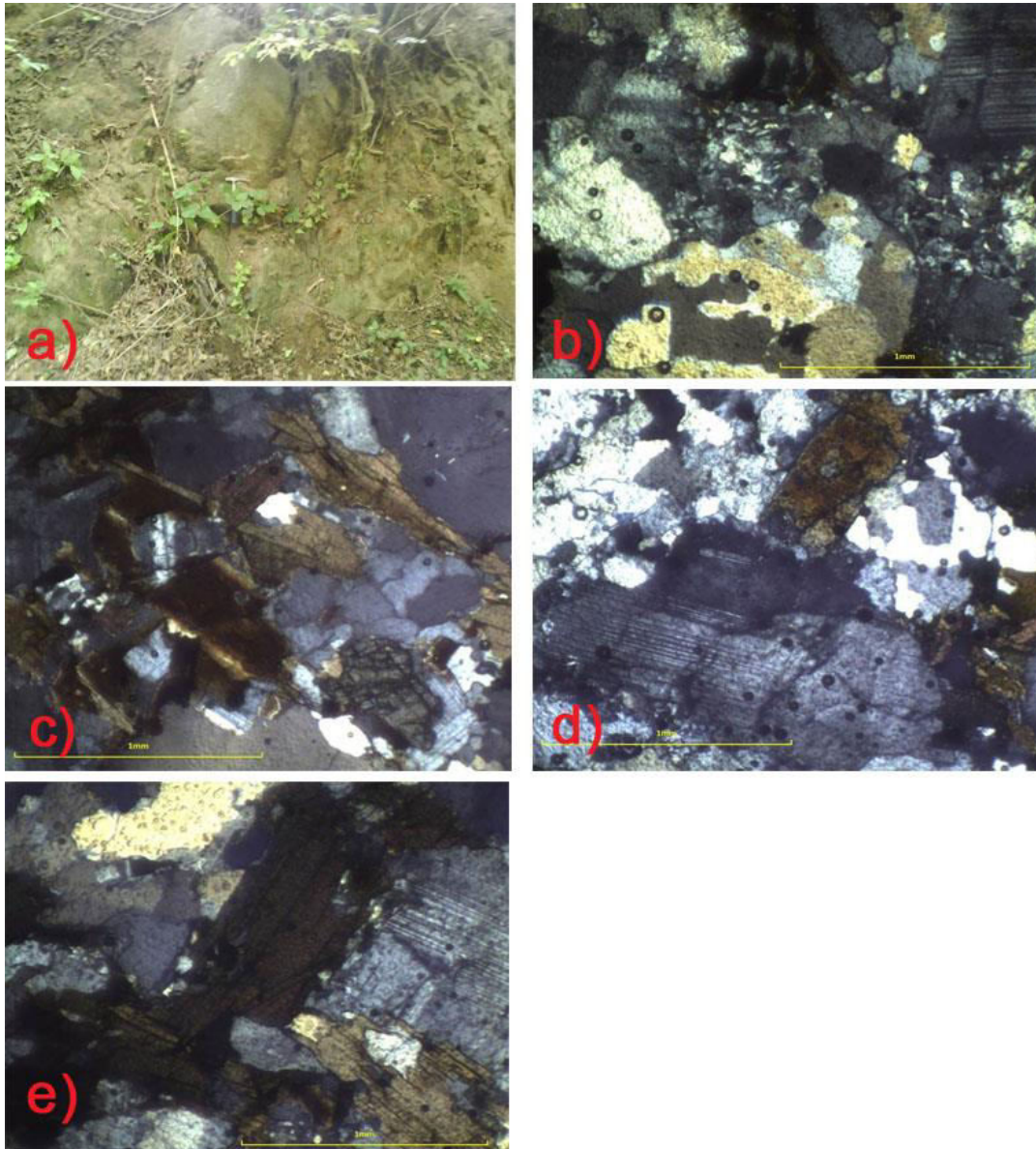


Fuente: Investigación de campo. 2 012 (Software QAPF 1,2)

## FOTOGARFÍA 53

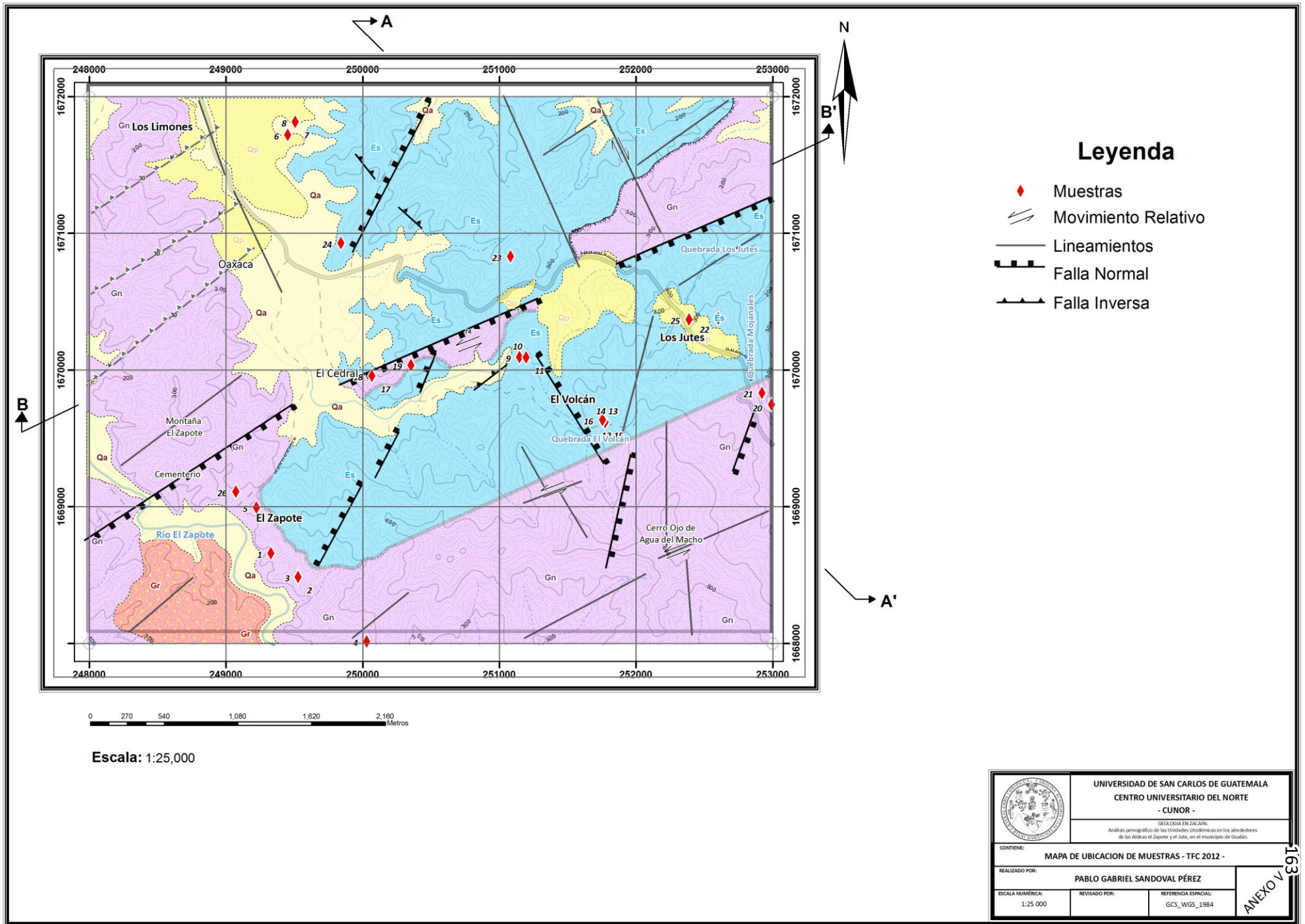
### AFORAMIENTO Y CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS DE DIQUES DE GRANITO

- a) Dique de monzogranito con dirección N114, de muestra PGZ-17
  - b) Textura mirmequítica en feldespatos, se observan anfíboles, olivinos, plagioclasas y cuarzo
  - c) Presencia de anfíboles, piroxenos, biotita, plagioclasa, olivinos. Vista en XPL,
  - d) Vista de feldespato del tipo anortoclasa debido a la macla de tartán es una variación de la macla polisintética, con reticulado en ángulo agudo, se observa anfíboles, biotita y cuarzo
  - e) Presencia de Biotita, olivinos, anfíboles y plagioclasas. Vista en XPL.
- Fotografías tomadas con un zoom de 40X



Tomada por: Pablo Sandoval. 2 012





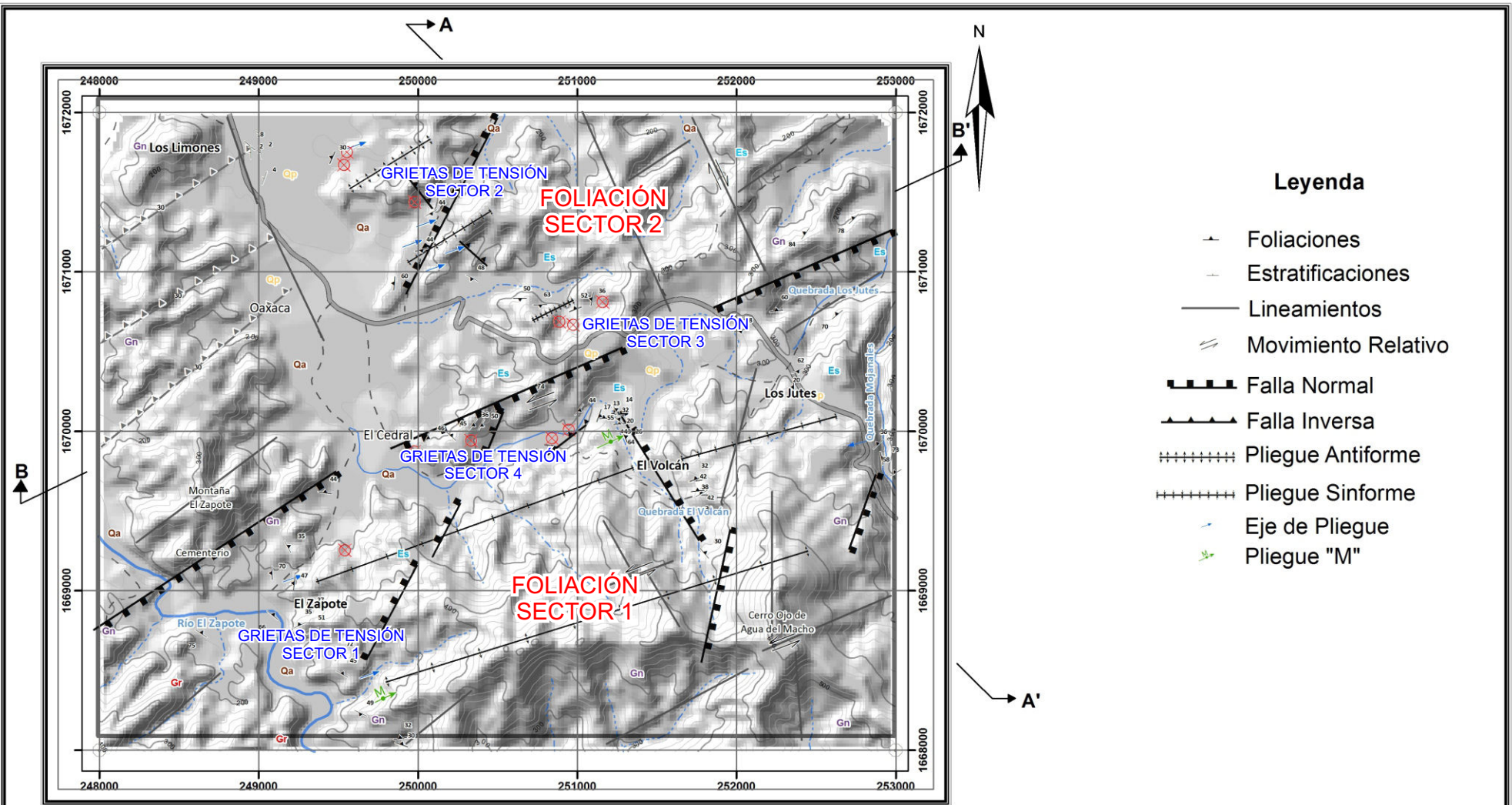
### Leyenda

- ◆ Muestras
- Movimiento Relativo
- Lineamientos
- Falla Normal
- Falla Inversa

Escala: 1:25,000

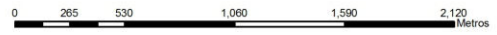
	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE</b> <b>- CUNOR -</b>	
	<small>GEOLOGIA EN ZACAPA:          Análisis petrográfico de las unidades litológicas en los alrededores          de las Aldeas el Zapote y el Jute, en el municipio de Guatán.</small>	
CONTIENE: <b>MAPA DE UBICACION DE MUESTRAS - TFC 2012 -</b>		
REALIZADO POR:	<b>PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ</b>	
ESCALA NUMÉRICA: 1:25 000	REVISADO POR:	REFERENCIA ESPECIAL: GCS_WGS_1984

ANEXO V 163



**Leyenda**

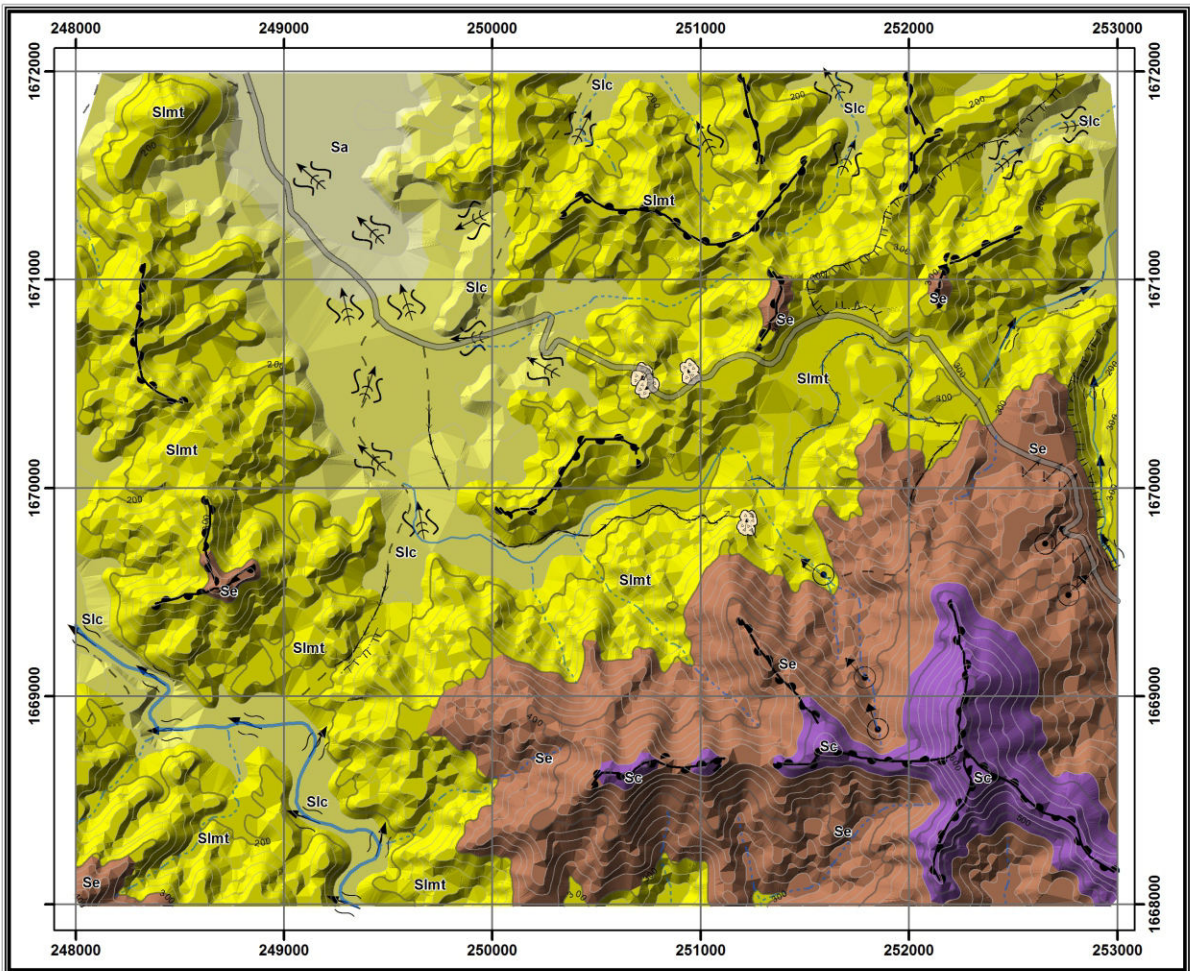
- Foliaciones
- Estratificaciones
- Lineamientos
- Movimiento Relativo
- Falla Normal
- Falla Inversa
- Pliegue Antiforme
- Pliegue Sinforme
- Eje de Pliegue
- Pliegue "M"



Escala: 1:25,000

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE</b> <b>- CUNOR -</b>	
	<small>GEOLOGIA EN ZACAPA:          Análisis petrográfico de las Unidades Litodémicas en los alrededores de las Aldeas el Zapote y el Jute, en el municipio de Guastamán.</small>	
CONTENIDO: <b>MAPA DE SECTORIZACIÓN DE ESTRUCTURAS - TFC 2012 -</b>		
REALIZADO POR: <b>PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ</b>		
ESCALA NUMÉRICA: 1:25 000	REVISADO POR:	REFERENCIA ESPACIAL: GCS_WGS_1984

ANEXO VI 165

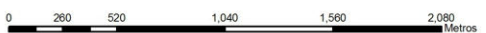


**Leyenda**  
**Subunidades Geomorfológicas**

- Sc Subunidad de Colinas
- Se Subunidad de Escarpe
- Slmt Subunidad de Ladera Media de Transporte
- Slc Subunidad de Ladera Coluvial
- Sa Subunidad de Aluviones

**Elementos Geomorfológicos**

- Movimiento Rotacional
- Reptación
- Erosión en Carcavas
- Escarpe de Falla
- Crestas
- Planicie Aluvial
- Dirección de Corriente
- Surgencia



Escala: 1:25,000

	<b>UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA</b> <b>CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE</b> <b>- CUNOR -</b>	
	GEOLOGÍA EN ZACAPÁN: Análisis petrográfico de las Unidades litológicas en los alrededores de las Aldeas el Zapoté y el Jute, en el municipio de Guatán.	
<b>CONTIENE: MAPA GEOMORFOLÓGICO - TFC 2012 -</b>		
<b>REALIZADO POR: PABLO GABRIEL SANDOVAL PÉREZ</b>		
ESCALA NUMÉRICA: 1:25 000	REVISADO POR:	REFERENCIA ESPACIAL: GCS_WGS_1984

ANEXO VII 167



# CUNOR

CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala



15096

El Director del Centro Universitario del Norte de la Universidad de San Carlos, luego de conocer el dictamen de la Comisión de Trabajos de Graduación de la carrera de:

## Geología

Al trabajo titulado:

**"Geología en Zacapa: Análisis petrográfico de las unidades litodémicas en los alrededores de las aldeas El Zapote y El Jute, en el municipio de Gualán"**

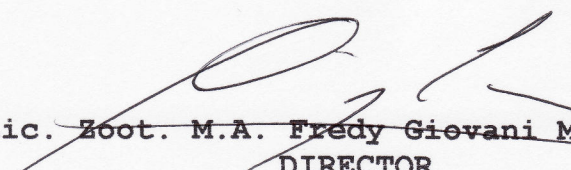
Presentado por el (la) estudiante:

**Pablo Gabriel Sandoval Pérez**

Autoriza el

# IMPRIMASE

*"Id y enseñad a todos"*

  
Lic. Zoot. M.A. Fredy Giovanni Macz Choc  
DIRECTOR



Cobán, Alta Verapaz agosto del 2015