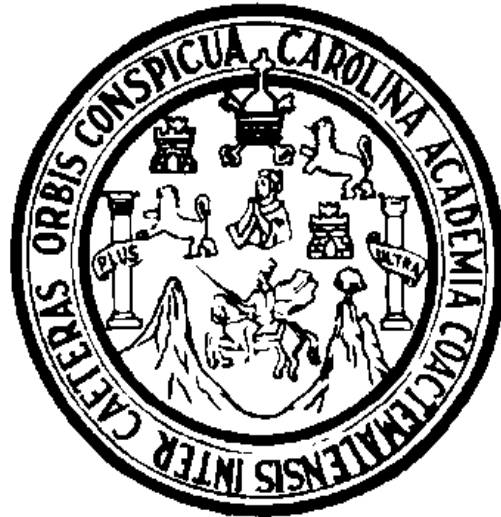


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE –CUNOR-
TÉCNICO EN GEOLOGÍA

TRABAJO FINAL DE CAMPO



GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS, “MAPEO
GEOLÓGICO Y DETERMINACIÓN DEL CONTROL DE LAS ZONAS DE
ALTERACIÓN, AL SURESTE DE LA MINA MARLIN”

JOSE ESTUARDO ALVARADO BERMUDEZ

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MARZO DE 2 016

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

INFORME FINAL DEL TRABAJO FINAL DE CAMPO DENOMINADO

GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS:
“MAPEO GEOLÓGICO Y DETERMINACIÓN DEL CONTROL DE LAS
ZONAS DE ALTERACIÓN, AL SURESTE DE LA MINA MARLIN”

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

JOSE ESTUARDO ALVARADO BERMUDEZ

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

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MARZO DE 2 016.

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNIFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

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

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Zoot. Erwin Fernando Monterroso Trujillo

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geol. Sergio David Moran Ical

COMISIÓN DE TRABAJO FINAL DE CAMPO

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

REVISORES DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. Geol. Sergio Estuardo Solares García

REVISOR TRABAJO FINAL DE CAMPO

Ing. Geol. Silvia Friné Cortez Bendfeldt

ASESOR TRABAJO FINAL DE CAMPO

Ing. Geol. Cesar Fernando Monterroso Rey

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-06/2016
25 de enero de 2016

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

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

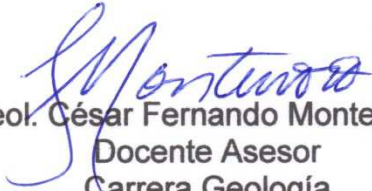
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del Nivel Intermedio, del estudiante **JOSÉ EDUARDO ALVARADO BERMÚDEZ**, carné No. **200940143**, titulado: **“GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS: MAPEO GEOLÓGICO Y DETERMINACIÓN DEL CONTROL DE LAS ZONAS DE ALTERACIÓN, AL SURESTE DE LA MINA MARLIN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


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



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-51/2016
11 de febrero de 2016.

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

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

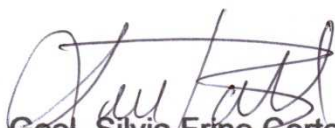
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **JOSÉ EDUARDO ALVARADO BERMÚDEZ**, carné No. **200940143**, titulado: **“GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS: MAPEO GEOLÓGICO Y DETERMINACIÓN DEL CONTROL DE LAS ZONAS DE ALTERACIÓN, AL SURESTE DE LA MINA MARLIN”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Inga. Geol. Silvia Frine Cortez Bendfeldt
Docente Revisora
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-62/2016
22 de febrero de 2016

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

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

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

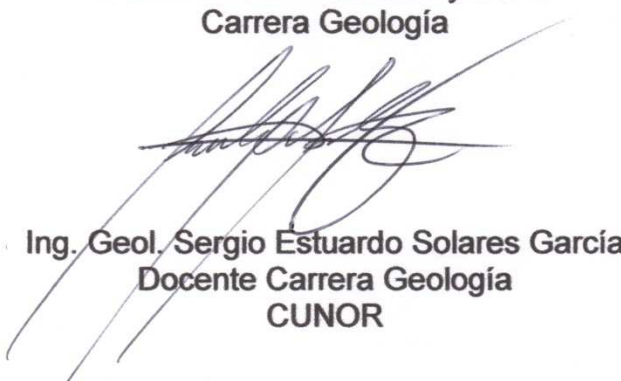
Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS: MAPEO GEOLÓGICO Y DETERMINACIÓN DEL CONTROL DE LAS ZONAS DE ALTERACIÓN, AL SURESTE DE LA MINA MARLIN”**, del estudiante **JOSÉ EDUARDO ALVARADO BERMÚDEZ**, carné No. **200940143**, 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. Geol. Sergio Estuardo Solares García
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 EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS: “Mapeo geológico y determinación del control de las zonas de alteración, al sureste de la mina marlin”**, como requisito previo a optar al Título profesional de Técnico Universitario en Geología.



Jose Estuardo Alvarado Bermudez
Carné No. 200940143

RESPONSABILIDAD

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

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

AGRADECIMIENTOS

A Dios creador y geólogo del Universo infinito, misericordioso y benevolente, porque escribí la visión y los tiempos de Dios fueron perfectos.

A mis padres, Aminta Aydee y Jose Estuardo como recompensa al sacrificio, ejemplo, comprensión, amor y paciencia que me han brindado por tantos años.

A mis hermanos Edgar Armando, Brayan Yosué y Luis Ronaldo como ejemplo de dedicación y determinación en la vida.

A mi Sucelly Soto, por su amor, comprensión y cariño incondicional, porque más que una pareja te has vuelto la compañía idónea en el camino de la vida.

A mis abuelitos Fidencio (†), Lidia (†) y Aydalina, con mucho cariño por su ejemplo y sabios consejos de vida.

A mis tíos Juan Carlos y Sandra Nineth por ser como unos padres para mí, quienes con su consejo y ejemplo me enseñan a ser alguien de bien.

A la promoción de quinto año de 2014, y amigos que durante mi paso por la Universidad compartieron tan buenos momentos, enseñanzas y anécdotas que quedan para el recuerdo.

A Mina Marlin, en especial al departamento de Mina Subterránea, por permitirme realizar mi investigación dentro de sus instalaciones y los consejos, lecciones y observaciones compartidas con mi persona.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente al Centro Universitario del Norte, por permitirme seguir creciendo y formar parte en su historia.

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

A todos ellos muchas gracias
El autor.

DEDICATORIA

Este acto lo dedico a mi tío Mario Rene Alvarado López (†), tu que en vida me diste muchas anécdotas, lecciones y consejos que me han servido a lo largo de estos años que has estado ausente, pero sé que desde el cielo sigues guiando mi camino.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CONTENIDOS	i
ÍNDICE DE TABLAS	iii
ÍNDICE DE MAPAS	iv
ÍNDICE DE FIGURAS	iv
INDICE DE FOTOGRAFÍAS	v
LISTA DE SIGLAS Y ABREVIATURAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1	Antecedentes	3
1.2	Planteamiento del Problema	3
1.3	Objetivos	4
	1.3.1 General	4
	1.3.2 Específicos	4

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRACTICA

2.1	Localización Geográfica	5
2.2	Accesos	6
2.3	Geología Regional	8
	2.3.1 Litoestratigrafía	8
	a. Basamento	8
	b. El Terciario y Cuaternario en Guatemala	9
	c. Secuencia Volcanoclástica (Tv)	10
	d. Andesita Marlin	11
	e. Depósitos Cuaternarios	11
	2.3.2 Tectónica	13
	2.3.3 Geomorfología Regional	16
	a. Hidrología	16
	b. Clima y Vegetación	17
	c. Suelos	17
	d. Relieve	20

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Marco Metodológico	21
3.1.1	Etapa de Análisis y Recopilación Bibliográfica	21
3.1.2	Etapa de Campo	21
3.1.3	Etapa de Laboratorio	22
3.1.4	Etapa de Gabinete	22

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Estratigrafía Local	23
4.1.1	Unidad de Sedimentos Siliciclásticos	24
	a. Subunidad de Limolitas	27
	b. Subunidad de Areniscas	30
4.1.2	Unidad de Coladas Andesíticas	34
4.1.3	Unidad de Tobas Cristalinas	37
4.1.4	Unidad de Rocas Hipoabisales	39
	a. Subunidad de Dique Latítico	39
	b. Subunidad de Dique Andesítico	41
4.1.5	Unidad de Tobas Pomáceas	43
4.1.6	Unidad de Aluvión	44
4.1.7	Alteración Hidrotermal	45
	a. Alteración Propilítica	48
	b. Alteración Argílica	50
	c. Alteración Sílica	52
4.2	Geología Estructural	53
4.2.1	Fallas	53
	a. Fallas Normales	54
	b. Fallas Inversas	60
4.2.2	Fracturas	62
4.3	Geomorfología Local	63
4.3.1	Unidad de Origen Agradacional	64
	a. Subunidad de Terrazas Aluviales	64
	b. Subunidad de Depósitos Aluviales	65
4.3.2	Unidad de Origen Denudacional	66
	a. Movimientos de Ladera	66
4.3.3	Unidad de Origen Antrópico	72
	a. Subunidad de Canteras	72

b. Subunidad de Escombrera	73
c. Subunidad de Represa	74

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis e Interpretación de Resultados Litológicos	75
5.2	Análisis e Interpretación Estructural	77
5.2.1	Fallas	77
5.2.3	Modelos Estructurales	79
5.3	Análisis e Interpretación Geomorfológica	82
	CONCLUSIONES	83
	CONCLUSIÓN GENERAL	83
	CONCLUSIONES ESPECIFICAS	84
	RECOMENDACIONES	85
	BIBLIOGRAFÍA	87
ANEXO I	Análisis de Secciones Delgadas	90
ANEXO II	Escala de Meteorización	102
ANEXO III	Clasificación Composicional de Tobas	103
ANEXO IV	Mapa de Ubicación de Muestras	105
ANEXO V	Mapa de Alteraciones	107
ANEXO VI	Mapa Geológico	109
ANEXO VII	Perfiles Geológicos	111

ÍNDICE DE TABLAS

1	Coordenadas del área de estudio	5
2	Clasificación de Pettijohn et al. 1987	32
3	Valores obtenidos en el análisis de la sección delgada (AB1-Sil) correspondientes a la subunidad de areniscas	33
4	Características macroscópicas para sistemas epitermales de baja sulfuración	46
5	Datos de campo para las fallas normales asociadas al patrón de fallamiento e-w	57
6	Datos de campo para las fallas normales asociadas al patrón de fallamiento n-e	59
7	Fallas inversas	62
8	Resultado estructurales parciales para la construcción del modelo general	80

ÍNDICE DE MAPAS

1	Redes de drenaje del área de estudio	16
2	Modelo de elevación del área de estudio	20
3	Zonas clasificadas según el ángulo de pendiente de ladera	71
4	Mapa de Ubicación de Muestras	105
5	Mapa de Alteraciones	107
7	Mapa Geológico	109

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Ubicación del área de estudio	6
2	Vías de acceso al área de estudio	7
3	Columna estratigráfica regional del área de estudio	12
4	Elipse de deformación de un movimiento sinistral	14
5	Mapa estructural regional de Guatemala	15
6	Clasificación de suelos para el área de estudio	19
7	Zoneamiento típico de alteración para un depósito de baja e intermedia sulfuración	45
8	Puntos tomados para la falla Virginia	56
9	Estéreo falsilla de fallas normales asociadas a la estructura Virginia	57
10	Estéreo falsilla de fallas normales asociadas a la estructura Tello	60
11	Estéreo falsilla de fallas inversas	62
12	Roseta de direcciones de capa de fracturas	63
13	Sección litoestratigráfica local	77
14	Estereograma de la falla inversa pura, determinando los esfuerzos de sigma 1 y sigma 3	78
15	Estereograma de las fallas normales correspondientes al sistema sinistral, asociadas al patrón de fallamiento e-w determinando los esfuerzos de sigma 1 y sigma 3	78
16	Estereograma de las fallas normales puras, asociadas al patrón de fallamiento n-e determinando los esfuerzos de sigma 1 y sigma 3	79
17	Elipse de deformación de un movimiento sinistral	80
18	Modelo estructural local	81

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Unidad de sedimentos siliciclásticos vista de afloramiento	25
2	Unidad de sedimentos siliciclásticos vista en estereoscopio	26
3	Unidad de sedimentos siliciclásticos vista en afloramiento	27
4	Unidad de sedimentos siliciclásticos vista en afloramiento	28
5	Subunidad de limolitas (Lim)	29
6	Microfotografía de limolitas (Lim)	30
7	Afloramiento de areniscas (Arx)	31
8	Microfotografía de areniscas	33
9	Afloramiento unidad de coladas andesíticas (Ca)	34
10	Unidad de coladas andesíticas (Ca) vista en el estereoscopio	35
11	Microfotografía la unidad de coladas andesíticas (Ca)	36
12	Afloramiento de la unidad de tobas cristalinas (Tc)	37
13	Microfotografías de la unidad de tobas cristalinas	38
14	Afloramiento de la subunidad de dique latítico	39
15	Microfotografías de la subunidad de dique latítico	40
16	Afloramiento de la subunidad de dique andesítico (Da)	41
17	Microfotografías de la subunidad de dique andesítico	42
18	Afloramiento de la unidad de toba pomácea (Qp)	43
19	Unidad de aluvión (Qa)	46
20	Alteración propilítica vista dentro del tajo marlín	49
21	Microfotografías de la coladas andesíticas alteradas	49
22	Alteración argílica vista en afloramiento	51
23	Microfotografías de la unidad coladas andesíticas y de subunidad de dique latítico alteradas argílicamente	51
24	Alteración Sílica en afloramiento	52
25	Alteración Sílica micro/macroscópicamente	53
26	Mirador del tajo marlin	54
27	Zona de Gouge formada por la estructura Virginia	55
28	Vista dentro del tajo marlin de la zona de Gouge formada por la estructura Tello, patrón de fallamiento que controla el emplazamiento de los diques	58
29	Vista a los alrededores del tajo Marlin, alteración argílica dominante en zonas de fallamiento N-E	59

30	Afloramiento de sedimentos siliciclásticos, fallados inversamente	61
31	Terrazas observadas en la parte este del área de estudio	64
32	Depósitos aluviales observadas en la parte oeste del área de estudio	66
33	Flujo de suelo en Coladas Andesíticas con alteración argílica	68
34	Flujo traslacional generado por escorrentías de agua	69
35	Reptación en Tobas Cristalinas	70
36	Vista del tajo Cochis & vista del tajo Marlin	72
37	Vista de la escombrera, y el sistema de rehabilitación del área trabajada por Mina Marlin	73
38	Vista de la represa de Colas	74

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

ABREVIATURA

Arx	Areniscas
Anf	Anfíboles
Bio	Biotita
Ca	Coladas Andesíticas
Clr	Clorita
DA	Depósitos Aluviales
Da	Dique Andesítico
DI	Dique Latítico
Fdp	Feldespatos
Km ²	Kilómetro Cuadrado
Lim	Limolitas
M	Metros
ML	Movimientos de Ladera
mm	Milímetros
msnm	Metros sobre nivel del mar
Qa	Aluvión
QTP	Toba Lítica Pomácea
Rh	Rocas Hipoabisales
SCan	Subunidad de Cantera
SEsc	Subunidad de Escombrera
SRep	Subunidad de Represa
SSil	Sedimentos Siliciclásticos
TA	Terrazas Aluviales
Tc	Tobas Cristalinas
Tm	Andesita Marlin
Tv	Secuencia Vulcanoclástica
UTM	Sistemas de coordenadas transversal de Mercator
WGS	Sistema Geodésico Mundial
XPL	Luz Polarizada Cruzada

RESUMEN

El cartografiado geológico de superficie realizado al norte del municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos, se desarrolla en base a un estudio geológico que posee como principales ejes, el análisis de las diferentes alteraciones, su distribución espacial, así como su relación con la geología estructural.

Estratigráficamente se definieron 6 unidades litológicas locales, la unidad de Sedimentos Siliciclásticos (Sil), que se subdivide en: subunidad de Limolitas (Lim) y subunidad de Areniscas (Arx), la unidad de Coladas Andesíticas (Ca), la unidad de Tobas Cristalinas (Tc), la unidad de Rocas Hipoabísales (Rh) que se subdivide en: subunidad de Dique Latítico (DI) y subunidad de Dique Andesítico (Da), la unidad de Toba Lítica Pomácea (Qp) y la unidad de Aluvión (Qa).

La geología estructural, con respecto a los esfuerzos de deformación posee una cinemática regional de tipo sinistral. En el modelo propuesto en la presente investigación los esfuerzos principales poseen una dinámica para sigma 1 N032° y N167° para sigma 3. Siendo los diques andesíticos, uno de los grandes índices del control estructural del área de estudio.

La geomorfología del área de estudio se caracteriza por unidades de origen agradacional, con las siguientes subunidades: Terrazas Aluviales y Depósitos Aluviales. Unidades de origen denudacional, con las siguientes subunidades: Cárcavas, Surcos, Ladera Abrupta, Ladera Suave, Loma, y Colinas. Asimismo unidades de origen antrópico, con las siguientes subunidades: canteras, escombrera y represas.

Las alteraciones hidrotermales reconocidas en el área de estudio son: Sílica, vista en el relleno determinadas fallas por minerales silíceos tales como cuarzo o reemplazamiento de minerales esenciales por otros como el mismo cuarzo.

Argílica, vista principalmente en las coladas andesíticas y tobas cristalinas, donde se observó el reemplazamientos de minerales como feldespatos por otros como arcillas blanquecinas, deteriorando la roca. Propilítica, observada principalmente dentro del tajo Marlin afectando a las coladas andesíticas y a los sedimentos siliciclásticos, los afloramientos presentaban una coloración verdosa que es la resultante del reemplazamiento de determinados minerales por minerales como clorita o epidota los cuales fueron observados a través de láminas delgadas en el microscopio.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación denominada GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS, “Mapeo Geológico y Determinación del Control de las Zonas de Alteración, al Sureste de la Mina Marlín”, está constituida por cinco capítulos. En cada uno de los cuales se exponen aspectos que guiaron la investigación, la metodología empleada, resultados obtenidos y el análisis correspondiente.

El capítulo 1 está constituido por los antecedentes del área de estudio y el planteamiento del problema. Asimismo expone los objetivos, tanto el general y como los específicos.

El capítulo 2 desarrolla la localización geográfica así como los accesos del área de estudio. También profundiza en la parte de la geología regional abarcando lo que es la litoestratigrafía, tectónica y geomorfología regional, dentro de la cual se describe la hidrología, clima, vegetación, relieve y aspectos de los suelos de la región.

El capítulo 3 expone el marco metodológico, los cuales explica las diferentes etapas que abordo el trabajo realizado, siendo estas la etapa de análisis y recopilación bibliográfica, la etapa de campo, la etapa de laboratorio y la etapa de gabinete.

El capítulo 4 menciona la estratigrafía local, refiriéndose a las diferentes unidades y subunidades descritas dentro del área de estudio, siendo estas: la unidad de Sedimentos Siliciclásticos, la cual a su vez se subdivide en la subunidad de Limolitas y la subunidad de Areniscas, otras de las unidades descritas fueron la

Unidad de Coladas Andesíticas, la Unidad de Tobas Cristalinas, la Unidad de Tobas Pomáceas, la Unidad de Aluvión y la Unidad de Rocas Hipoabisales. Dentro de este capítulo se profundiza en la parte de las alteraciones hidrotermales encontradas dentro del área de estudio siendo estas: Alteración Propilítica, Alteración Sílica y la Alteración Argílica. En este cuarto capítulo se describe la parte de la geología estructural, dentro de la cual se amplía la información respecto a rasgos estructurales tales como fallas inversas, fallas normales y familias de fracturas encontradas dentro del área de estudio. Dentro de este capítulo también se describe la geomorfología local del área de estudio, la cual esta se describe de mejor manera al dividirla en la unidades: Agradacional, Denudacional y Antrópica.

El capítulo 5 se refiere al análisis e interpretación de los rasgos estructurales, los cuales conllevaron a la creación de un modelo estructural local, así mismo la interpretación de los diferentes resultados obtenidos en aspectos litológicos y geomorfológicos dentro del área de estudio. Seguidamente de las conclusiones tanto general como específicas y las recomendaciones.

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1 ANTECEDENTES

“El distrito minero Marlín se encuentra al Sur de la falla Cuilco-Chixoy-Polochic, falla transformante de tipo sinistral, que separa los cratones de América del Norte y América Central¹. Y al Norte de la falla de Motagua, una falla de transformante de tipo sinistral, caracterizada por ser la que separa los terrenos tectonoestratigráficos de Sula y Motagua². Se encuentra dentro de una zona de desgarre sinistral *N-E*, donde el *strike* de las fallas se acomoda a la extensión de la misma la cual favorece la disposición de minerales.”

De acuerdo a estudios y reportes internos realizados por Montana Exploradora, el distrito minero Marlin se ubica regionalmente, en la unidad Tobas Volcánicas, del Terciario predominantemente del Mio-Plioceno, incluye tobas, coladas de lava, material lahárico y sedimentos volcánicos. Esta unidad es una franja de unos 50 km de ancho en promedio, va de oeste a este del territorio guatemalteco y se ubica en la cordillera central del país.

1.2 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Dentro del área de estudio existe un proyecto minero denominado Marlín, el cual se dedica a la extracción de oro por medio de *Open-Pit* y Túnel. En la actualidad la extracción únicamente la realizan por medio de túnel. Mediante estudios previos realizados a nivel regional, se determinó que dentro del área existen diferentes indicadores que son de interés para la prospección de minerales, tales como la presencia de fallas, que es uno de los medios principales por el que se transportan fluidos mineralizantes.

¹ Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos* Julio 2 010. <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/2 012).

² Donnelly, T.W. Et. Al., *The Geology of North America Vol. H. The Caribbean Region. chapter 3: Northern Central America; The Maya and Chortis Blocks*, 1 990: 12-14 (Traducción: Libre Mauricio Chiquín).

Estos fluidos tienden a interactuar con la roca encajante, cambiando tanto su composición mineralógica como su aspecto textural. Dichos cambios producidos en la roca son denominados Alteraciones Hidrotermales, las cuales están asociadas a fluidos de carácter hidrotermal, que transportan minerales de interés económico, tales como plata, zinc, oro, entre otros. Aunque se reconoce a nivel regional que el área cuenta diferentes rasgos característicos de zonas de interés minero, es necesario realizar diferentes controles que permitan determinar en función de qué tipo de control, está asociada la disposición de las diferentes zonas de alteración de cierta área, para establecer de manera más puntual cuales son las áreas de mayor interés tanto a nivel mineral como económico.

A través del presente estudio geológico y con lo expuesto anteriormente se pretende dar respuesta al siguiente problema de investigación:

¿Qué controla la disposición espacial de las zonas de alteración en el área de estudio?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 General

Caracterizar mineralógicamente las alteraciones presentes en el área de estudio con énfasis a definir el tipo de control que domina la distribución espacial de las mismas, basada en una exploración geológica, en un área de 8 km², a escala 1:5 000.

1.3.2 Específicos

- Determinar los tipos de alteraciones en el área de estudio y su distribución espacial.
- Analizar el control estructural del área de estudio, así como la influencia que tiene el mismo en la disposición de las diferentes zonas de alteración.
- Definir la distribución de unidades litológicas en la zona de trabajo.
- Describir la geomorfología del área de trabajo.

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El área de estudio se encuentra localizada en el departamento de San Marcos, dentro del municipio de San Miguel Ixtahuacán, propiamente dentro de las instalaciones del Distrito Minero Marlin. El límite espacial del área de estudio está localizada en la hoja cartográfica Santa Bárbara 1861-I, edición 3-DMA, serie E754 a escala 1:50 000. El área presenta una forma de L, teniendo las siguientes Coordenadas *UTM* (ver tabla 1) cuyo *datum* es *WGS-84* zona 15 N.

El área de estudio posee una extensión total de ocho kilometro cuadrados, constituyendo un polígono irregular. (Ver figura 1)

**TABLA 1
COORDENADAS DEL ÁREA DE ESTUDIO**

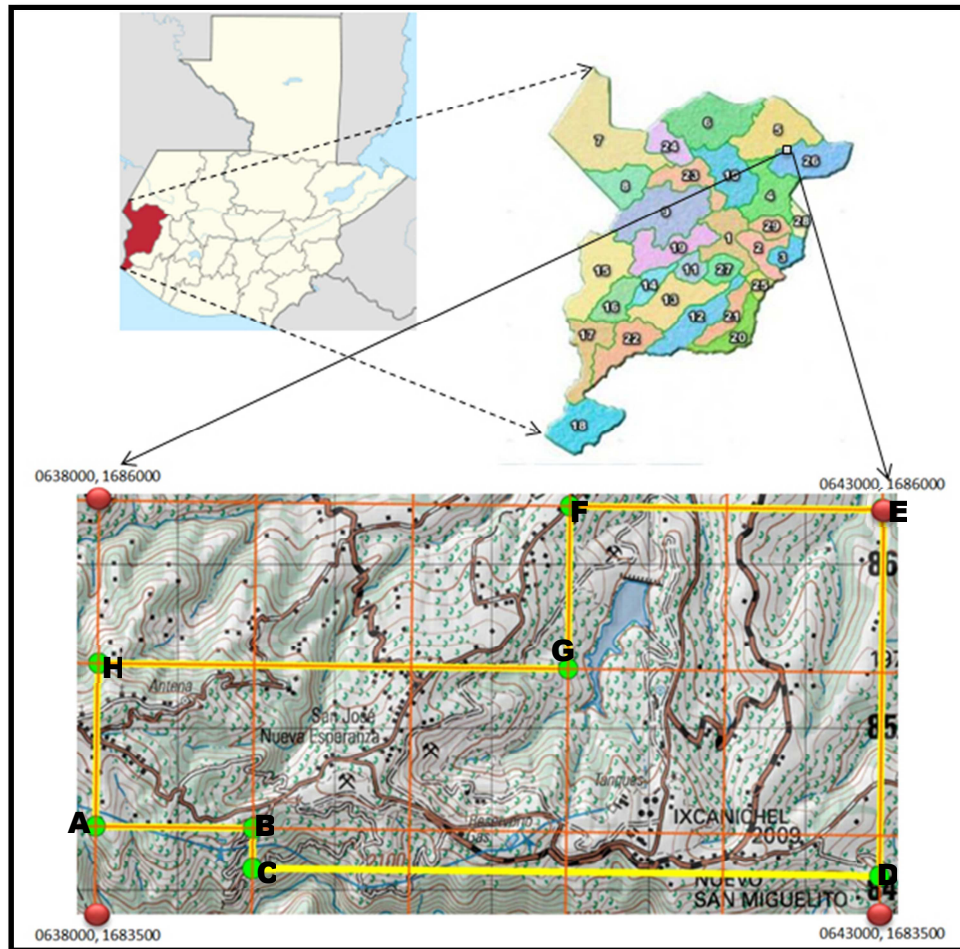
Vértice	Norte	Este
A	1684000	638000
B	1684000	639000
C	1683750	639000
D	1683750	643000
E	1686000	643000
F	1686000	641000
G	1685000	641000
H	1685000	638000

Fuente: Modificado de la hoja topográfica Santa Barbará 1861 I, 1:50 000 de IGN.

2.2 ACCESOS

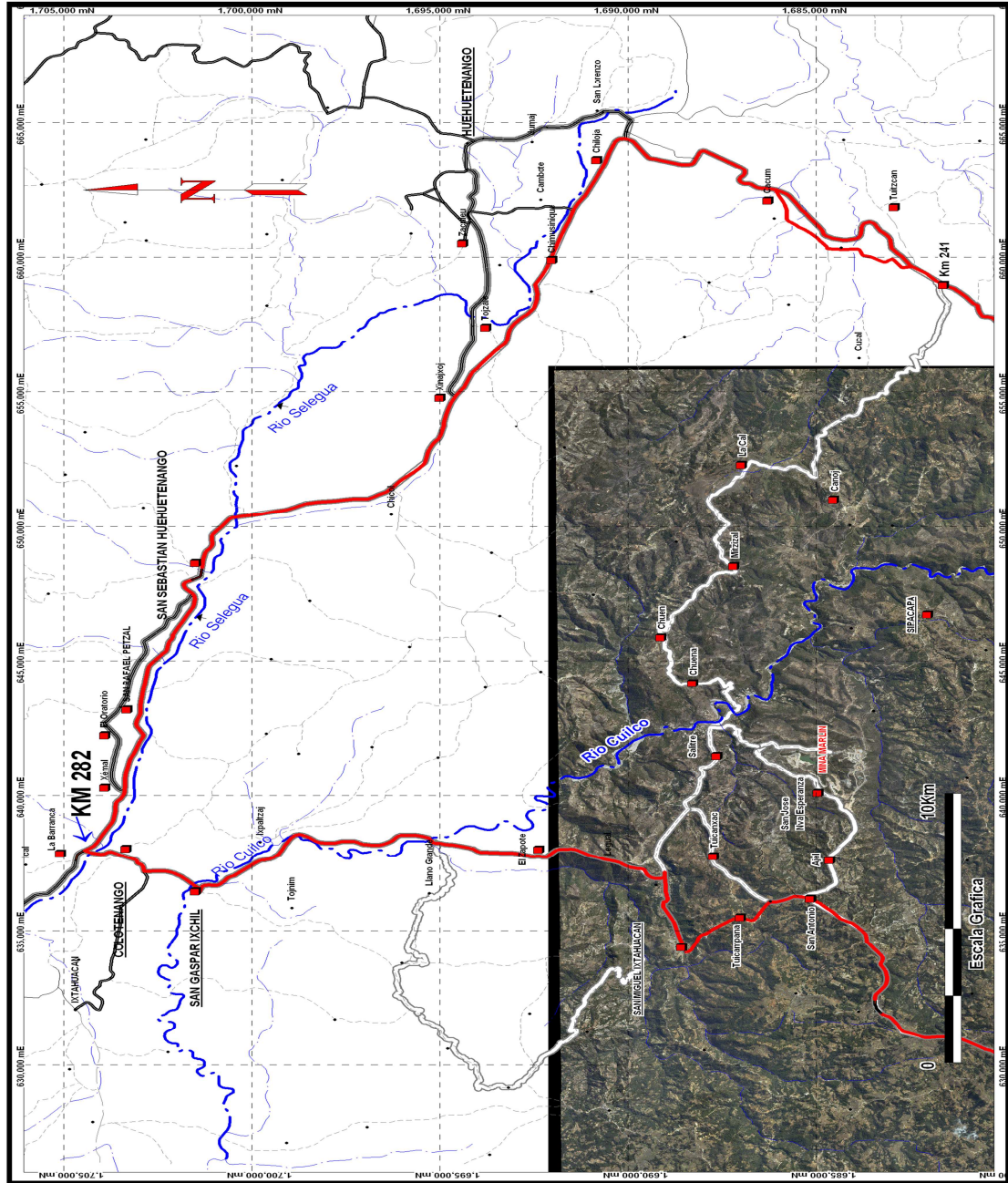
El Distrito Minero Marlin está conectado por una carretera de terracería la cual inicia al entrar por el km 241, de la carretera Interamericana CA-9, la que conduce hacia San Miguel Ixtahuacán. (Ver figura 2)

FIGURA 1
UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Modificado de la Hoja topográfica Santa Barbará 1861 I, 1:50 000 de IGN.

FIGURA 2
VÍAS DE ACCESO AL ÁREA DE ESTUDIO.



Fuente: López Vaides, Byron Eduardo. *Mapeo geológico al suroeste de la mina Marlin empresa Montana exploradora: Cartografiado Geológico y Muestreo de rocas en los alrededores del Rio Tzala, municipio San Miguel Ixtahuacán.* Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de geología, 2 009: 5

2.3 GEOLOGÍA REGIONAL

2.3.1 Litoestratigrafía

La estratigrafía regional que comprende el área de estudio corresponde básicamente a unidades como el Basamento de rocas metamórficas e ígneas, sedimentos siliciclásticos, Andesitas Marlin, rocas hipoabísales y depósitos cuaternarios.

La localización y reconocimiento de estas unidades fue de gran importancia ya que permitió un análisis local más detallado, que facilitó su interpretación.

a. Basamento

Según la teoría geológica, el basamento está conformado por las rocas más antiguas en un lugar, generalmente por una asociación de rocas cristalinas que están cubiertas por sedimentos no metamorfoseados en un contacto discordante. En el área minera no aflora el basamento. Tampoco se ha encontrado en los núcleos de los pozos, los cuales ya han profundizado más de 800 metros.

Al Norte, a partir de unos 6 km del distrito minero Marlin, afloran rocas cristalinas (metamórficas e ígneas) como filitas, esquistos, gneises y varios intrusivos, conocidos como Granito Siete Caminos y Granito Malacatancito.

El lugar más cercano al área del Informe donde aflora el basamento es la comunidad Siete Platos. El afloramiento se ubica a unos 3 km al Norte del distrito minero Marlin y consiste en esquistos. Se encuentra a una altura de 1,647 msnm.

“Se trata de rocas cristalinas que están cubiertas por sedimentos que no han sufrido metamorfismo, las cuales afloran al Norte del distrito minero Marlin. Se puede concluir que el basamento en el área del proyecto está formado por estas mismas formaciones geológicas, de carácter cristalino y edad Paleozoica, cubiertas por material volcánico del Terciario³.”

b. El Terciario y Cuaternario en Guatemala

“En Guatemala, el Terciario se caracteriza por una intensa actividad volcánica que está representada en las grandes cantidades de material volcánico que ha sido expulsado de fisuras y focos eruptivos. La actividad volcánica, en gran parte resultado de la subducción de la Placa de Cocos debajo de la Placa del Caribe, se estima que inició durante el Eoceno⁴.”

“Se formaron valles intramontanos donde se depositaron rocas sedimentarias con predominancia de clastos volcánicos, ya que las cuencas estaban formadas en parte por rocas que resultaron de la actividad volcánica del Terciario, aunque también afloraban rocas más antiguas⁵.”

La actividad volcánica ha continuado durante el Cuaternario hasta la fecha, evidenciada actualmente por la cadena volcánica. Ha predominado la actividad volcánica que forma un lineamiento paralelo a la Fosa Mesoamericana en una dirección *W-NW*.

“Asimismo, también se encuentra volcanismo de fisuras y de focos eruptivos a lo largo de fallas Norte-Sur. Esto se evidencia, por ejemplo, en la posición relativa de los volcanes Fuego y Acatenango, los volcanes Atitlán y Tolimán, los volcanes Zunil y Santo Tomás, así como varios volcanes con sus conos parasíticos orientados siempre norte-sur. El volcanismo es de tipo calco-alcalino⁶.”

“Los productos volcánicos que se manifiestan como resultado del volcanismo del Cuaternario son principalmente cenizas, pómez, tobas, coladas de andesitas y basaltos⁷.”

³ Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos*. Julio 2 010 <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/2 012).

⁴ Ídem

⁵ Ídem

⁶ Ídem

⁷ Ídem

c. Secuencia Volcanoclástica (Tv)

En el levantamiento geológico presentado en la tesis universitaria de William Joséy, 1970, toda el área está mapeada como la unidad geológica que designan como rocas volcánicas del Terciario y Cuaternario TQv. La descripción en la leyenda de dicha tesis reza así: “Rocas volcánicas, punteando donde aflora toba soldada”. A nivel de detalle del levantamiento de este trabajo, que corresponde a una escala 1:50 000, no dividieron este paquete de rocas volcánicas.

En estudio geológicos a mayor detalle elaborados por Montana Exploradora S.A, se definió la división de dos miembros para la unidad geológica denominada TQv. El miembro inferior sobreyace discordantemente al basamento, y está formado por sedimentos volcanoclásticos, localmente estratificados, denominado Secuencia Volcanoclástica y designada como Tv. Sobreyaciendo la unidad Tv se encuentra la Andesita Marlin designada como Tm.

“La unidad Tv es una unidad clástica que consiste en una secuencia volcanoclástica de tobas líticas (fragmentos < 4 mm) y conglomerados con clastos metamórficos. La presencia de clastos metamórficos sugiere que precisamente se trata de las rocas más antiguas después del basamento. No se encontró afloramiento del conglomerado basal en superficie, aunque sí se encontraron clastos de esquistos en algunos afloramientos de la unidad Tv⁸.”

“Las rocas volcánicas del Terciario comprenden dos miembros, el inferior es el más antiguo y el superior el más reciente, según el principio de superposición de los estratos. El miembro más antiguo que es la unidad Tv, ocupa la mayor extensión geográfica y mayor volumen de roca. Este miembro incluye ignimbritas, tobas arenosas intercaladas con estratos de conglomerados y conglomerados volcanoclásticos con presencia de fragmentos metamórficos⁹.”

⁸ Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos*. Julio 2 010 <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/2 012).

⁹ Ídem

“La unidad Tv está formada por rocas sedimentarias y volcanoclásticas de varios centenares de metros de espesor. La posición de los estratos es horizontal y levemente inclinados hacia el norte. No presentan metamorfismo ni están plegados¹⁰.”

d. Andesita Marlin (Tm)

Es el miembro superior de las rocas volcánicas Terciarias. El contacto entre las rocas de la Andesita Marlin (Tm), o Complejo Marlin como también han sido denominadas, y las subyacentes rocas de la Secuencia Volcanoclástica (Tv), es fallado localmente. El contacto no es visible en muchos sitios, por la cobertura de suelo y de rocas del Cuaternario (cenizas, tobas e ignimbritas), así como por procesos de argilización y otras formas de alteración hidrotermal presentes que no permiten identificar el contacto.

“La Andesita Marlin incluye dos tipos de rocas fácilmente diferenciables, se encuentran rocas no fragmentales masivas (flujos de lava) y rocas fragmentales como brechas de fragmentos gruesos (aglomerados). La Andesita Marlin aflora en las partes topográficamente elevadas del proyecto y su extensión es mucho más limitada que los volcanoclásticos de la unidad Tv¹¹.”

e. Depósitos Cuaternarios

Se incluye en esta clasificación aquellas rocas y unidades litológicas depositadas al final del Terciario en la época del Plioceno, y que son más jóvenes que la unidad Tm, y las depositadas durante los últimos 2 Ma. En el período del Cuaternario. Comprende los depósitos aluviales en el cauce de los ríos actuales como el río Tzalá, los depósitos coluviales, así como depósitos piroclásticos con espesores de hasta 15 metros que cubren las unidades más antiguas de los

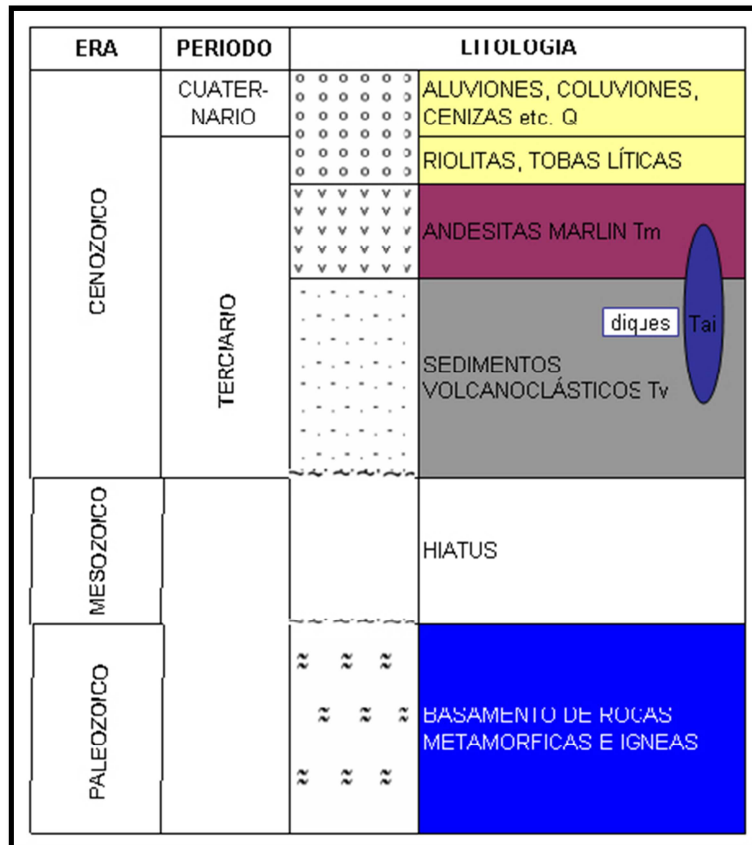
¹⁰Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos*. Julio 2 010 <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/2 012).

¹¹Idem

miembros Tv y Tm. Aquí se encuentran cenizas y pómez que seguramente provienen de erupciones de los volcanes Tajumulco y Tacaná.

“Los piroclásticos incluyen el material expulsado a la atmósfera como glóbulos líquidos y que se han solidificado en el aire, depositándose como partículas sólidas. También se incluye el material que ha sido expulsado como fragmentos sólidos, ya que originalmente era material sólido que fue fracturado durante la actividad explosiva¹².”

FIGURA 3
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.



Fuente: Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en algunas casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos.* Julio 2 010 Disponible en <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/2 012).

¹² Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en algunas casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos.* <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/ 2 012).

2.3.2 Tectónica

Guatemala está asentada sobre la confluencia de tres placas tectónicas, la de Norteamérica, la de Caribe y la de Cocos. Los movimientos relativos entre éstas determinan los principales rasgos topográficos del país y la distribución de los terremotos y volcanes. Además, estas placas hacen que la región se encuentre en una de los lugares con mayor sismicidad en el mundo.

“Las placas tectónicas en Guatemala se delimitan a través de numerosas fallas principales; hacia el Sur el tipo de contacto es convergente en el que la Placa de Cocos subduce por debajo de la placa del Caribe, este proceso da origen a una gran cantidad de sismos y formación de volcanes¹³.”

“Por su parte el contacto entre las placas de Norteamérica y Caribe es de tipo transcurrente, su manifestación en la superficie es el sistema de fallas Motagua-Chixoy-Polochic y Jocotán. A su vez, estos dos procesos generan deformaciones al interior de las placas, produciendo fallamientos secundarios como el de Jalpatagua, Mixco, Santa Catarina Pínula, etc. Estos sistemas generan sismicidad local, como ya se mencionó la convergencia de placas Caribe-Cocos genera un intenso vulcanismo activo. Tanto la sismicidad como el vulcanismo activo son desencadenantes y condicionantes de otros fenómenos como la generación de áreas de inestabilidad de laderas¹⁴.”

El arco volcánico activo es una manifestación en superficie de múltiples cuerpos de magma. El sistema montañoso que se dispone en la parte central de Guatemala consiste principalmente de rocas metamórficas del Paleozoico. San Miguel Ixtahuacán y sus comunidades se ubica dentro de las provincias de la cadena volcánica y del sistema montañoso en el centro de Guatemala.

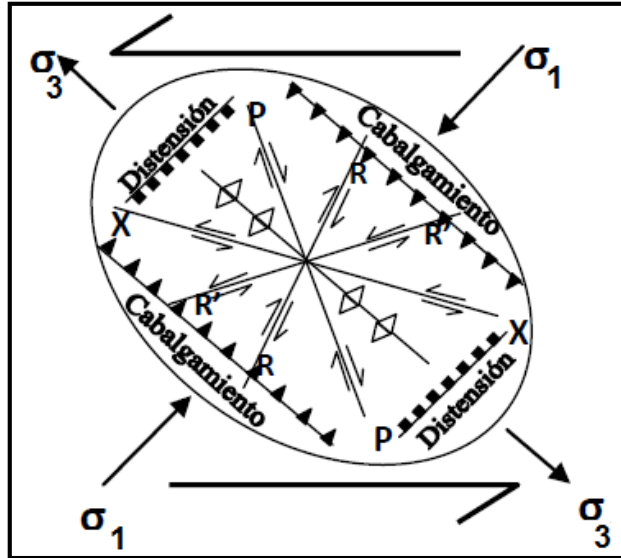
“La litología del área de estudio está asociada por un patrón de fallamiento principal y ha sido denominada como falla Virginia, la cual presenta una orientación N80W y buzamiento entre 40 a 60 grados al sur. El segundo patrón de fallamiento importante es el de orientación N70E que controla el

¹³ Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en algunas casas adyacentes al proyecto minero Marlin I, San Marcos*. <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (20/10/ 2 012).

¹⁴ Ídem

emplazamiento de los diques. El tercer patrón de fallamiento tiene una orientación N-S, este tiene a cortar a las dos estructuras anteriores¹⁵.”

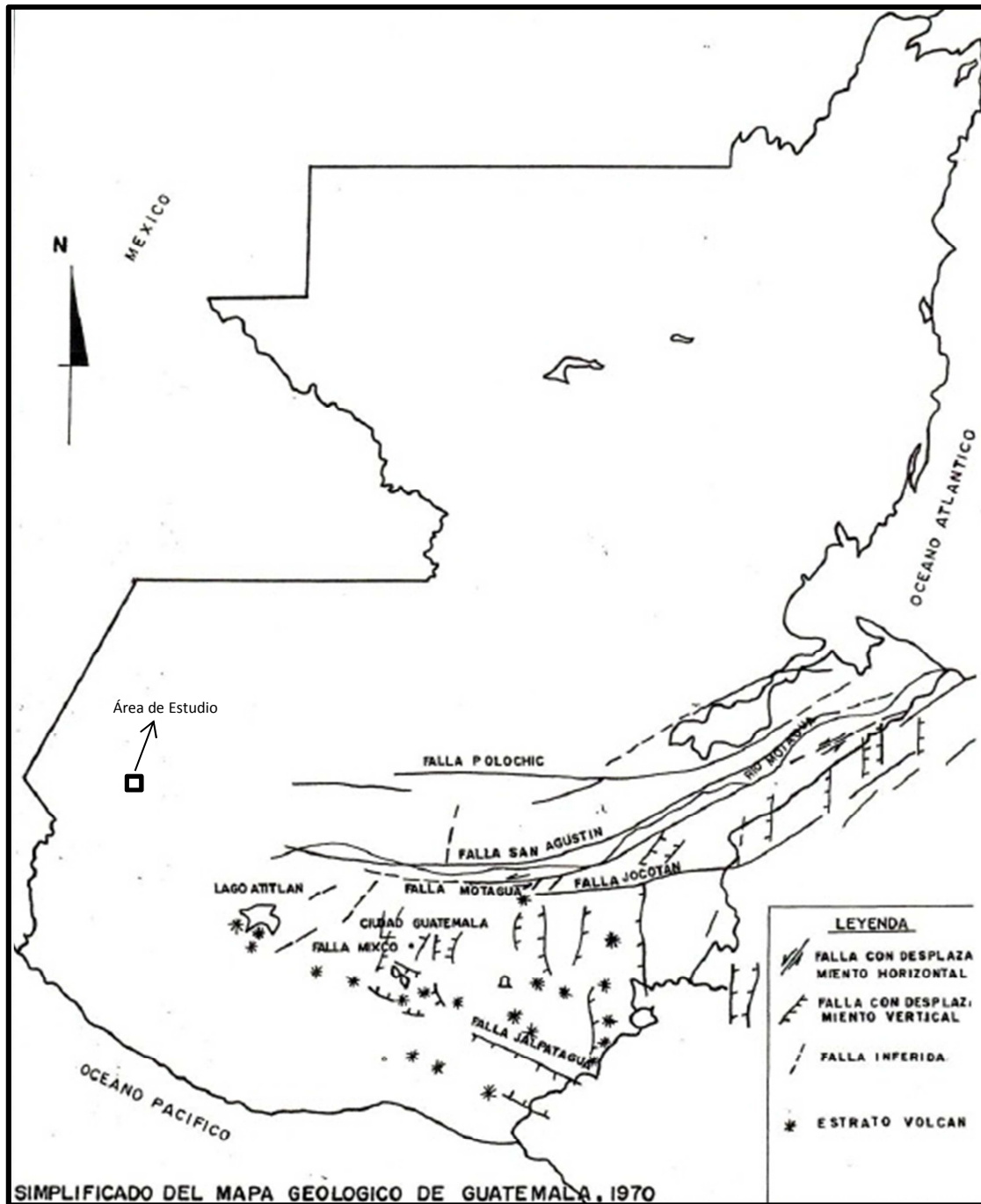
FIGURA 4
ELIPSE DE DEFORMACIÓN DE UN MOVIMIENTO SINISTRAL
(MODELO TEÓRICO FALLA CHIXOY-CUILCO-POLOCHIC)



Fuente: modificado de Burkart, Burke. *Definición de la falla de Polochic y sistema de falla de Izabal*. Departamento de geología. Texas: CGN, 1 992.

¹⁵ Klug Aguilar, María José. *Cartografía Geológica en San Marcos: Caracterización de las zonas de alteración del Proyecto Marlin, San Miguel Ixtahuacán*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de geología, 2 009: 91-93.

FIGURA 5
MAPA ESTRUCTURAL REGIONAL DE GUATEMALA



Fuente: modificado de López Ruano, Carlos Rene. *Síntesis Geológica de Guatemala*, Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/50911081/sintesis-de-la-geologia-de-guatemala>, (21/12/2012).

2.3.3 Geomorfología Regional

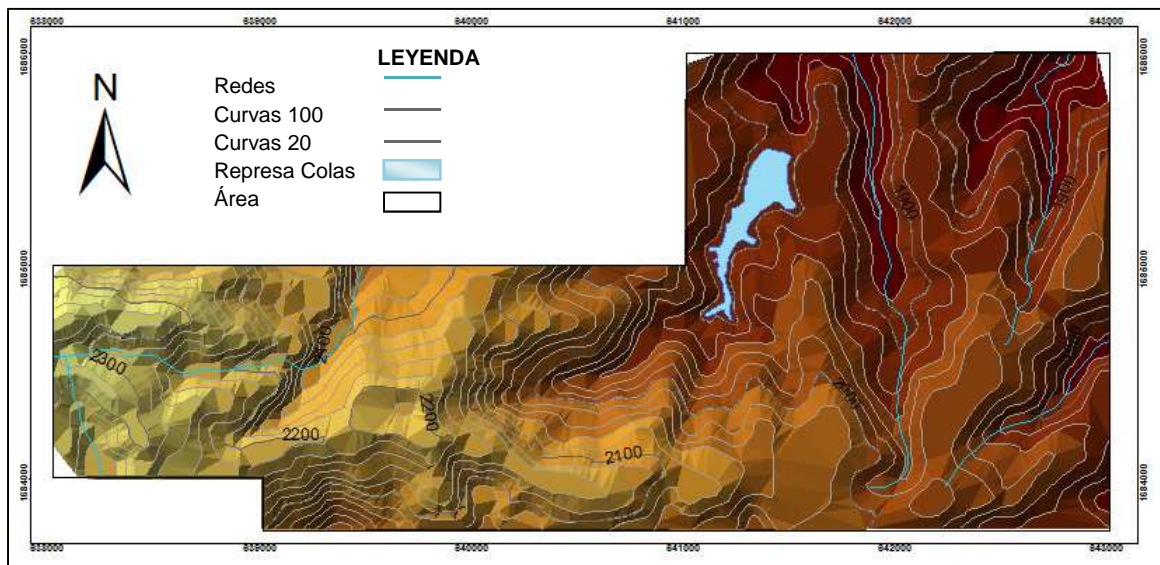
a. Hidrología

Observando en el mapa topográfico el patrón de drenaje en los alrededores del área del Informe, se distingue un drenaje dendrítico (ver mapa 1). La experiencia señala que la presencia de drenaje dendrítico es resultado de determinadas características del terreno y clima.

La red dendrítica se desarrolla en regiones de pluviosidad moderada con baja cobertura vegetal. Es característica de ríos que fluyen en montañas altas y que presentan una topografía juvenil. Los suelos son típicamente homogéneos con superficies homogéneas de sedimentos sueltos.

En la parte Sur fuera del límite de estudio se observa la red de drenaje fluvial principal siendo está el río Tzala. Además cuenta con una represa denominada Colas, que es una represa donde cae todo el fluido utilizado por la mina con el fin de reprocesarla.

MAPA 1
REDES DE DRENAJE DEL ÁREA DE ESTUDIO.



Fuente: Investigación de Campo. 2 012.

b. Clima y vegetación

El departamento de San Marcos se caracteriza por un clima generalmente templado, aunque posee una variedad de climas debido a su topografía. En el altiplano por la altura, el clima es frío, como en el municipio de San Miguel Ixtahuacán. Aunque está en función de la época del año ya que durante la práctica se observó la presencia de un clima caluroso y para los días finales de la práctica se observó un cambio de clima por uno más frío y lluvioso.

La zona de trabajo está representada por un bosque húmedo subtropical que va de cálido a frío, en éste, la precipitación media anual se encuentra entre 1 200 mm y 1 499 mm, la temperatura media anual oscila entre los 18 °C y 25 °C.¹⁶

c. Suelos

Del estudio de Simmons, Tarano y Pinto¹⁷ sobre la clasificación de los suelos de Guatemala en distintas series, se encontró que para los municipios de San Miguel Ixtahuacán y Sipacapa existen dos series de suelos. Estos se denominan la serie Patzité y la serie Sinaché. Según observaciones efectuadas en el campo, en el área minera se encuentran suelos de la serie Patzité.

1) Serie De Suelos Patzité¹⁸

Los suelos Patzité son profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo-seco. Ocupan relieves inclinados a relativamente gran altitud en la parte sur central y en el suroeste de Guatemala. Se asocian con los suelos Totonicapán, Camanchá y Sinaché pero se encuentran a menor altura y tienen un suelo superficial de color más claro que los de Totonicapán y Camanchá y no están bien desarrollados ni tienen subsuelos tan rojos como los de Sinaché.

En la clasificación de Reconocimiento de Suelos, las áreas Patzité representan una clase de terreno más que una clase peculiar

¹⁶Santos, Pedro. *Explorando el Valle de la Esmeralda*. Disponible en: http://www.viajeaguatemala.com/San_Marcos/105820292941.htm (22/12/2 012)

¹⁷Charles Simmons, Et. Al., *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/87085383/serie-de-suelos> (19/08/2 014).

¹⁸ Ídem

de suelo. Estas incluyen terreno severamente erosionado que colinda con las montañas altas.

Topografía y Geología: Ocupan pendientes inclinadas, siendo en la mayoría de los lugares mayores del 25 por ciento. Casi todas las áreas se encuentran en las faldas de las montañas donde se unen con la Altiplanicie Central. Yacen a elevaciones entre 1,800 a 2,400 metros sobre el nivel del mar. Se han desarrollado sobre ceniza volcánica pomácea, que está más o menos cementada y la mayoría de las áreas han sido influenciadas por aluvión local, o deslave coluvial de las regiones adjuntas más altas.

Localización y Extensión: Se encuentran al sur central y al suroeste de Guatemala, en los departamentos de Chimaltenango, Quiché, Suchitepéquez, Sololá, Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos. Comprenden 102,380 hectáreas o sean el 0.940 por ciento del área de la República en la Clasificación de Reconocimiento de Suelos.

2) Serie de Suelos Sinaché¹⁹

Son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea débilmente cementadas, en un clima templado y húmedo-seco. Ocupan pendientes de suave a moderadamente inclinadas, a elevaciones medianas en la parte central de Guatemala. Están asociados con los suelos Quiché y Patzité, sin embargo, los primeros son más profundos. Se asemejan a los suelos Quiché en características generales, pero se distinguen fácilmente pues son más profundos, más rojos y se han desarrollado sobre material de cementación menos firme. En los Suelos Sinaché la erosión consiste en zanjas que penetran el substrato, dando como resultado, áreas severamente cortadas. La vegetación nativa consiste en su mayor parte de encinos y pinos; un área considerable del suelo Sinaché está cultivada o se usa para potreros.

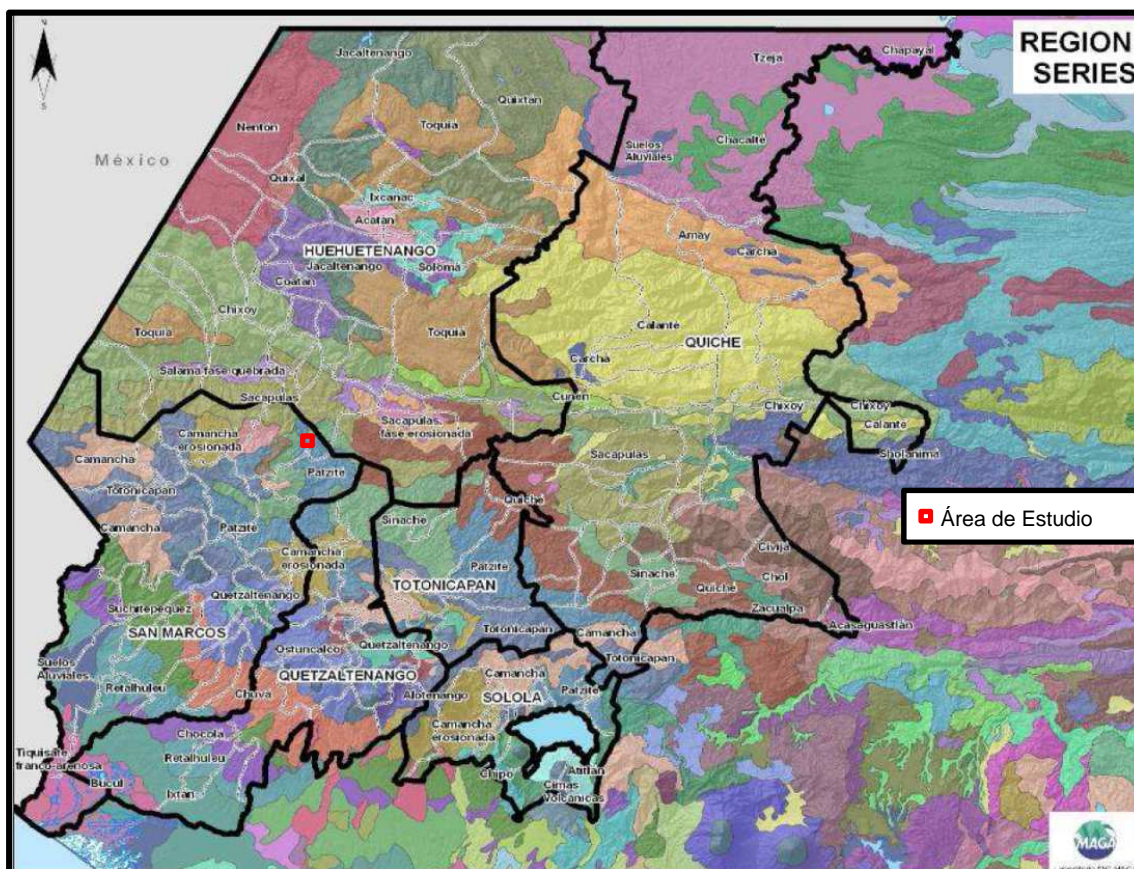
Topografía y Geología: Los Suelos Sinaché ocupan relieves inclinados, siendo la mayoría de las pendientes entre el 5 y el 12% (pocas tienen más del 20). Se han desarrollado sobre ceniza volcánica pomácea cementada (porosa), que tienen algo de material máfico en muchos lugares.

Localización y extensión: Los suelos Sinaché se encuentran en el oeste de Guatemala en los departamentos de El Quiché,

¹⁹ Charles Simmons, Et. Al., *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. Disponible en: <http://es.scribd.com/doc/87085383/serie-de-suelos> (19/08/2 014).

Huehuetenango, Quetzaltenango y San Marcos. Comprenden 668.66 kilómetros cuadrados, o sea el 0.614 por ciento del área de la República en la Clasificación de Reconocimiento de Suelos.

FIGURA 6
CLASIFICACIÓN DE SUELOS PARA EL ÁREA DE ESTUDIO



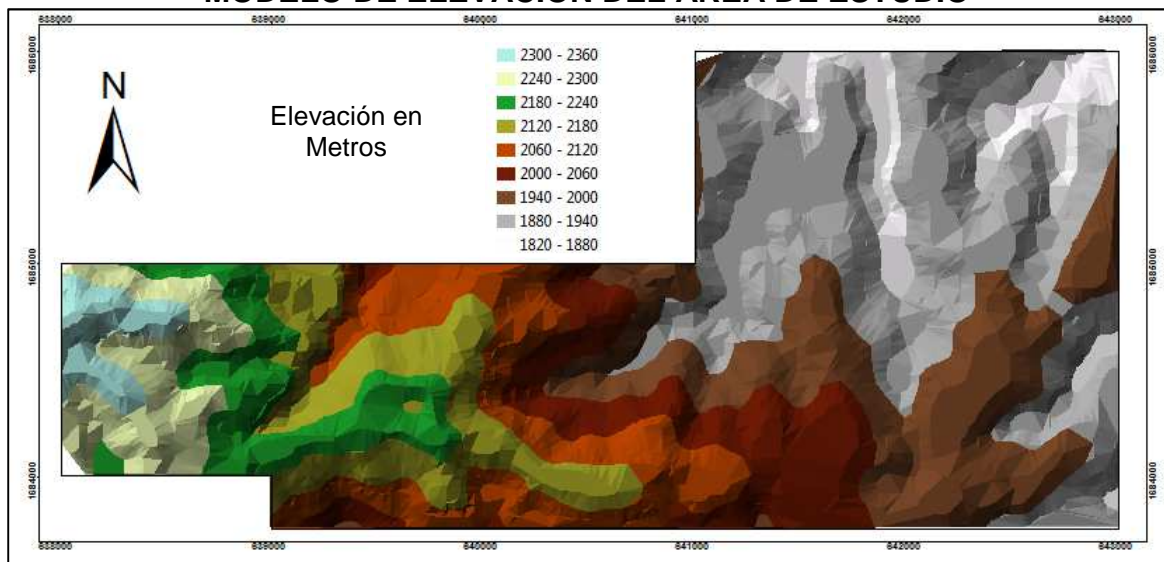
Fuente: Modificado de Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación –MAGA-. *Mapa de suelos de la región de occidente, República de Guatemala*. Guatemala, 2001. Disponible en: http://web.maga.gob.gt/wp-content/blogs.dir/13/files/2013/maps/nac/250/ambientales/suelos/clasificacion_reconocimiento_de_suelos.pdf (28/12/2014).

d. Relieve

El área de estudio se puede considerar como una especie de planicie en la parte Nor-Este presentando mayores pendientes y elevación en el lado Oeste.

Mediante el modelo de elevación digital generado mediante el software ArcGis (ver mapa 2) se determinó que la cota más alta del área presenta una elevación de 2360 msnm, presentándose en la parte Oeste y la más baja es de 1820 msnm observada en la parte Nor-Este del área de estudio. Basado en estos datos se obtuvo que el relieve máximo del área ascienda a los 540 Mts.

MAPA 2
MODELO DE ELEVACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo. 2 012.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 MARCO METODOLÓGICO

La estrategia metodológica utilizada comprendió diversas técnicas y métodos. Las fases o etapas que se llevaron a cabo durante la misma se enumeran y describen a continuación.

3.1.1 Etapa de análisis y recopilación bibliográfica

Esta fase consistió en recabar toda la información relacionada con el área de trabajo, considerando material cartográfico, trabajos previos realizados en la región y artículos relacionados a la investigación.

3.1.2 Etapa de Campo

Durante esta fase se procedió a realizar la medición y recolección de datos, por medio de métodos como caminamientos, cinta y brújula, y afloramientos, esto con el fin de determinar los distintos rasgos estructurales así como propiedades texturales de las unidades litológicas y alteraciones presentes en el área de estudio, apoyado mediante listas de chequeo.

Además de realizar una recolección de muestras tomadas en diferentes afloramientos las cuales serán etiquetadas para llevar un registro de las mismas y poder analizarlas más a fondo en la fase de laboratorio. Esto con el objetivo de describir y analizar los diferentes tipos de rocas encontradas dentro del área de estudio, en base a sus características texturales y mineralógicas, así como su disposición espacial y caracterizar las alteraciones minerales.

3.1.3 Etapa de laboratorio

Durante esta fase se procedió a realizar un estudio más detallado de las muestras recolectadas en el campo, a través del análisis microscópico por medio de secciones delgadas, apoyado en las listas de chequeo, complementándola con una descripción petrográfica, en la cual se distinguieron los diferentes componentes mineralógico y micro texturales de las rocas, lo cual permitió clasificar de mejor manera las rocas encontradas en el área de estudio. De las rocas que fueron recolectadas que a simple vista se observaba que habían sufrido una alteración, se procedió a realizarles sección delgada, con el fin de verificar si existían relictos de los minerales que fueron alterados o reemplazados así como las diferentes asociaciones mineralógicas que se dieron a partir del proceso de alteración al cual estuvieron sometidos.

3.1.4 Etapa de Gabinete

Durante esta fase se procedió a realizar la interpretación de los datos obtenidos tanto en la fase de campo como en la fase de laboratorio, así mismo la redacción del informe final en base a los resultados obtenidos, la construcción del mapa y perfil geológico del área de estudio, así como un mapa que caracterice le distribución espacial de las alteraciones presentes.

CAPITULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

El área de estudio está constituida por varias unidades litológicas locales, dentro de la cual se observó la presencia de rocas sedimentarias, tales como Sedimentos Siliciclásticos (SSil), que se subdivide en: subunidad de Limolitas (Lim) y subunidad de Areniscas (Arx). Las cuales corresponden a una secuencia de tipo *F.U.S.* ya que se tomaron registros donde las partes bajas se observaba roca de grano fino que iba graduando hacia roca de grano más grueso a las partes más altas.

Otro tipo de roca determinado en el área es de tipo volcánico, siendo de carácter extrusiva denominada unidad de Coladas Andesíticas (Ca), seguido de la unidad Tobas Cristalinas (Tc), otro tipo de roca volcánica con la variedad que estas son de carácter intrusivo fue la unidad de Rocas Hipabisales (Rh) que se subdivide en: subunidad de Dique Latítico (DI) y subunidad de Dique Andesítico (Da), unidad de Tobas Líticas Pomáceas (QTp) y por último la unidad de Aluvión (Qa).

Para la identificación y clasificación de las mismas se procedió a la recolección de muestras de los diferentes afloramientos, a las muestras de mayor interés se les realizó un análisis petrográfico, para determinar tanto como porcentajes como composición mineralógica de las mismas. Se tomaron criterios como la clasificación de Pettijohn, 1987, análisis por medio de triangulo de Streckeisen, entre otros para realizar la clasificación de una manera concisa. Las unidades del área fueron descritas de la siguiente manera:

4.1.1 Unidad de Sedimentos Siliciclásticos (SSil)

La unidad de sedimentos siliciclásticos ocupa un 14% del total del área de estudio, esta se encuentra limitado por un contacto fallado con la unidad de coladas andesíticas en el centro del área de estudio, (ver fotografía 1) más al este en contacto discordante con la unidad de tobas cristalinas y al norte delimitada por un contacto discordante con la unidad de ceniza pomácea.

Compuestos principalmente por fragmentos líticos de rocas de origen volcánico, es una unidad clástica que consiste en una secuencia de tipo *C.U.S.* (grano creciente). Se determinó que eran depósitos epiclásticos, ya que es material volcánico retrabajado por corrientes fluviales, y como evidencia de esto se observó una marcada dirección de inclinación de 19/253. (Ver fotografía 4)

En afloramiento la roca presenta, por lo general, un grado de meteorización II o levemente meteorizada (ver anexo 3), y su coloración generalmente se observa entre un tono café a uno gris.

Dentro del Distrito Minero Marlin, en una de las vías de acceso principal dentro del mismo se logró observar el afloramiento con mayor presencia de roca sana, así como la estratificación y disposición de la misma. Espacialmente se observó que se encuentra en contacto discordante con la unidad de Coladas Andesíticas (Ver fotografía 1), lo cual refiere a que esta unidad es más antigua en comparación con las coladas.

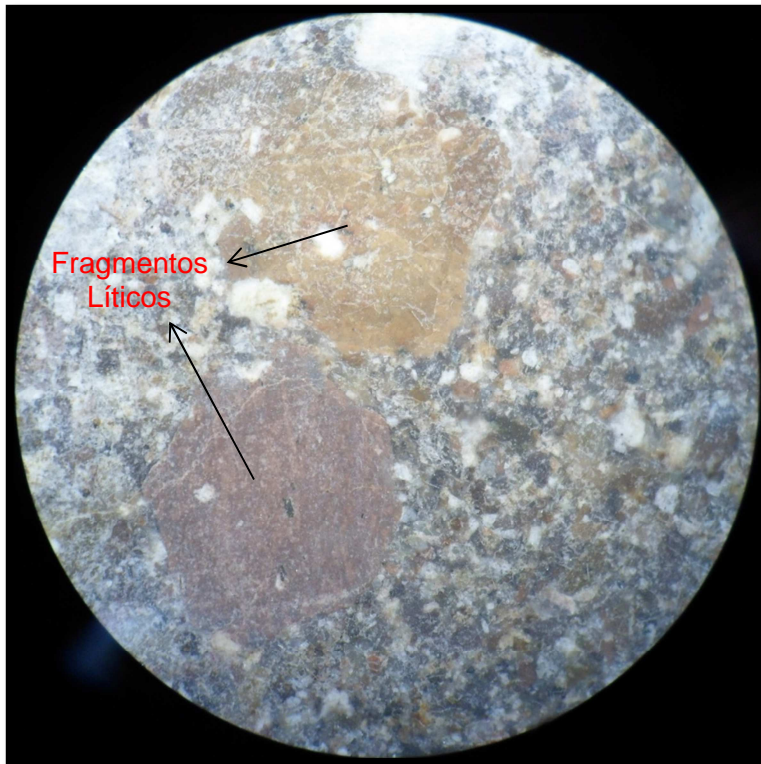
FOTOGRAFÍA 1
AFLORAMIENTO UNIDAD DE SEDIMENTOS SILICICLASTICOS (SSIL)
COORDENADAS UTM: N1683958, E0640756



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

La unidad de Sedimentos Siliciclásticos mineralógicamente está compuesta por fragmentos de origen ígneo, dentro de los que se reconocieron fragmentos de andesita los cuales se identificaron a través del microscopio petrográfico, también se observaron fragmentos de cuarzo y un fragmento de epidota la cual es considerado asociada a la alteración en ciertos afloramientos de esta unidad (ver fotografía 3), cementados en una matriz afanítica formada por minerales arcillosos.

FOTOGRAFÍA 2
UNIDAD DE SEDIMENTOS SILICILÁSTICOS (SSIL)
VISTA EN EL ESTEREOSCOPIO
COORDENADAS N1683838, E0640485



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

A nivel macro mediante el uso del estereoscopio se observó la presencia de varios fragmentos líticos, de considerable tamaño (ver fotografía 2) los cuales posteriormente al ser observadas por medio de análisis petrográfico se determinó que eran fragmentos de andesita.

FOTOGRAFÍA 3
AFLORAMIENTO DE SEDIMENTOS SILICICLÁSTICOS CON UNA DIRECCIÓN DE
ESTRATIFICACIÓN DE 19/253.
COORDENADAS N1683942, E0641190



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Basado en la granulometría de los sedimentos siliciclásticos encontrados esta se subdividido en:

a. Sub-Unidad de Limolitas (Lim)

Al sur del área la subunidad de limolitas se encuentra en contacto concordante con la subunidad de areniscas, en afloramiento se logró observar que grada de manera brusca de grano fino (limolita) hacia grano más grueso (Arenisca), por lo que a criterio se consideró que dichas subunidades pertenecen a una secuencia de tipo grano-creciente, ya que grada de grano fino a grano más grueso (*CUS*). Ver Fotografía 4.

FOTOGRAFÍA 4
AFLORAMIENTO DE SEDIMENTOS SILICICLÁSTICOS, CONTACTO
CONCORDANTE ENTRE LIMOLITAS (BASE) Y ARENISCAS (TECHO).
FALLAMIENTO NORMAL.
COORDENADAS N1683988, E0645431



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Esta subunidad está formada por sedimentos de rocas y fragmentos volcánicos cuyo diámetro no sobrepasa 1 mm, cuya matriz es afanítica, lo afloramientos presentaban laminaciones de entre 2 a 30 cm, y una estratificación de 17/258. (Ver fotografía 5)

FOTOGRAFÍA 5
AFLORAMIENTO DE LIMOLITAS ESTRATIFICADA, CON UNA DIRECCIÓN DE
ESTRATIFICACIÓN DE 19/258
COORDENADAS N1685930, E0641523.

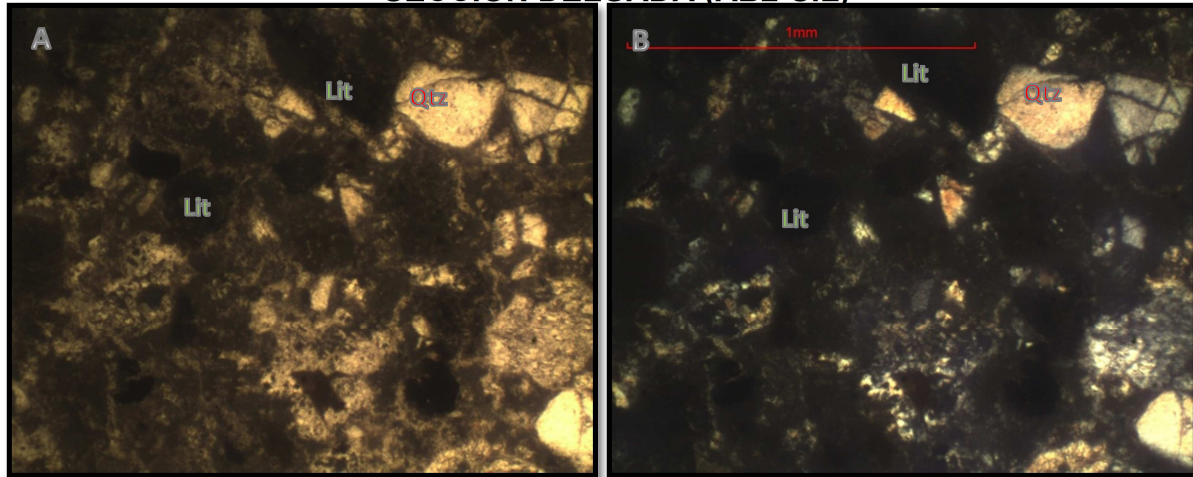


Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Esta subunidad está compuesta mineralógicamente por fragmentos de origen ígneo tales como pequeños fragmentos de andesita vistos a través del microscopio petrográfico, también se observaron fragmentos de cuarzo y fragmentos de feldspatos, así como una matriz afanítica formada por minerales arcillosos.

Por la forma poco redondeada y baja esfericidad que presentan los clastos se puede asumir que son sedimentos que no han sufrido mucho transporte por lo que presentan una mala clasificación y por contener en su mayoría fragmentos no mayores a 1 mm, fueron arrastrados por caudales no muy fuertes. (Ver fotografía 6).

FOTOGRAFÍA 6
MICROFOTOGRAFÍA DE LIMOLITAS (LIM)
COORDENADAS N1683838, E0640485
SECCIÓN DELGADA (AB2-SIL)



A: vista se la sección de limolita con nicoles paralelos en los que se observan los cristales de cuarzo (**Qtz**) subhedrales, así como los fragmento líticos (**Lit**) presentan una forma anhedral.

B: vista de la sección de limolita con nicoles cruzados en los que se observan los colores de interferencia en primer orden del cuarzo (**Qtz**), mientras que los líticos (**Lit**) permanecen oscuros. En ambas se observan cristales muy pequeños.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

b. Subunidad de Areniscas (Arx)

Estas Areniscas afloran en mayor parte en la zona sur y centro del área de estudio. Esta subunidad es el techo de una secuencia grano-creciente (CUS) que se encuentra en contacto concordante al sur con las Limolitas, en contacto fallado en el Centro y Oeste del área de estudio con las coladas andesíticas y en contacto discordante al Este con la ceniza pomácea. La mala clasificación de los tamaños de granos, su bajo grado de redondez de fragmentos de cuarzo y líticos y su gran variedad de componentes indican, que la fuente de estos clastos es cercana y que estos no presentan un alto índice de transporte.

La fuente principal de esta subunidad se compone básicamente de rocas intermedias a básicas, en este caso andesitas y basaltos, y otros fragmentos de cuarzo. Por el tamaño que presentan los clastos se considera que el transporte tenía un caudal turbidítico ya que tuvo la presión suficiente para arrastrar fragmentos de hasta 2 mm de diámetro. Los clastos presentan una mala clasificación y por la angulosidad de estos se puede inferir que no sufrieron mucho transporte.

FOTOGRAFÍA 7
AFLORAMIENTO DE ARENISCAS (Arx)
COORDENADAS UTM: N1683857, E0640458



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Mediante las diferentes características que presentaban los afloramientos además de un análisis microscópico y los porcentajes minerales (ver tabla 3), se determinó que esta muestra de arenisca pertenecía a una grauvaca lítica. Así como la utilización de la tabla de clasificación de Pettijohn et al. Descrita en 1987 (Ver tabla 2).

La grauwaca lítica contiene principalmente granos de diámetros entre 0,02 y 2mm determinadas en el microscopio, entre los que se observaron fragmentos de andesitas, dicha subunidad de complementa litológicamente con fragmentos de feldespato y fragmentos de cuarzo, cuyos porcentajes están descritos en la tabla 3 y se contrastan con el criterio de Pettijohn.

La matriz se forma por minerales arcillosos. Los granos no presentan mayor redondez. Es una roca sedimentaria mal clasificada, es decir el tamaño de los granos de los distintos fragmentos puede ser muy variable, y la roca contiene una variedad grande de componentes minerales como feldespatos, cuarzo, entre otros y variedad de fragmentos líticos de rocas como andesita y/o basaltos. En afloramiento esta subunidad tiene una coloración café, presentan una estratificación de 17/258.

TABLA 2
CLASIFICACIÓN DE PETTIJOHN ET AL. 1 987

<i>Tipo de familia</i>	<i>Tipo de roca</i>	<i>Cuarzo (%)</i>	<i>Feldespatos (%)</i>	<i>Fragmentos de roca (%)</i>	<i>Matriz (%)</i>
ARENITAS	Cuarzoarenita	$C > 90$	$0 < F < 5$	$0 < Fr < 5$	
	Sublitarenita	$50 < C < 95$	$0 < F < 25$	$5 < Fr < 25$	
	Subarcosa	$50 < C < 95$	$5 < F < 25$	$0 < Fr < 25$	Matriz < 15
	Arcosa	$0 < C < 75$	$25 < F < 100$	$0 < Fr < 50$	
	Litarenita	$0 < C < 75$	$0 < F < 50$	$25 < Fr < 100$	
GRAUVACAS	Cuarzovaca	$C > 90$	$0 < F < 5$	$0 < Fr < 5$	
	Grauwaca feldespática	$0 < C < 95$	$5 < F < 100$	$0 < Fr < 50$	$15 < Matriz < 75$
	Grauwaca Lítica	$0 < C < 95$	$0 < F < 50$	$5 < Fr < 100$	
	Lutita				Matriz > 75
LUTITAS	Lutita				Matriz > 75

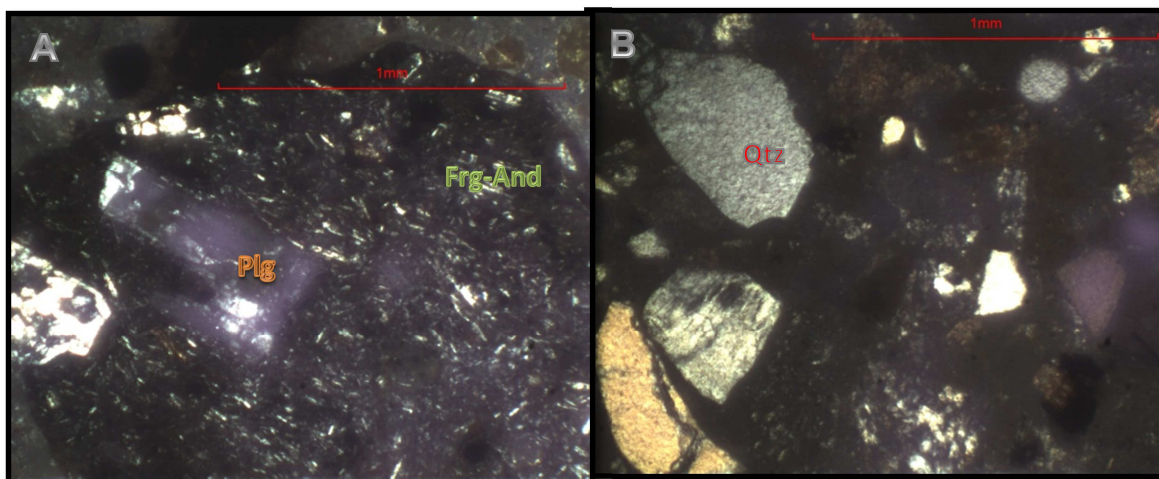
Fuente: modificado de Pettijohn Et Al., *Clasificación de rocas volcánoclasticas*, Revista de Ciencia e Ingeniería, México. Vol. 30.-3, (agosto de 1 987): 15-16

TABLA 3
VALORES OBTENIDOS EN EL ANÁLISIS DE LA SECCIÓN DELGADA (AB1-Sil)
CORRESPONDIENTE A LA SUBUNIDAD DE ARENISCAS (Arx)
COORDENADAS N1683838, E0640485
 Clasificación de Pettijohn et al. 1987

Roca: Sedimento Siliciclásticos, Subunidad Grauwaca Lítica	
Mineral o Fragmento Roca	Porcentaje
Fragmentos Líticos	40%
Cuarzo	22%
Epidota	1%
Feldespatos	13%
Matriz	24%
Total	100%

Fuente: Investigación de campo. 2 012.

FOTOGRAFÍA 8
MICROFOTOGRAFÍA DE ARENISCAS
COORDENADAS N1683838, E0640485
SECCIÓN DELGADA (AB1-SIL)



A: vista de la sección de grauwaca en la que se observa la presencia de una plagioclasa (Plg) que en base al ángulo de extinción siendo 27° se determinó que era una andesina, y también se logró observar un fragmentos de andesita (Frg-And), determinado por las plagioclasas de la matriz del fragmento (andesina).

B: en esta parte de la sección se observan fragmentos de cuarzo (Qtz) anhedrales, de bajo relieve y colores de interferencia de primer orden.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

4.1.2 Unidad de Coladas Andesíticas (Ca)

Las coladas andesíticas afloran en mayor proporción en la parte Sur-Este del área de investigación, observándose de mejor manera en las afueras del Tajo Marlin. Se encuentran en contacto fallado al centro del área de estudio con los sedimentos siliciclásticos y en contacto discordante al Este con las tobas cristalinas.

Es una roca volcánica de composición intermedia, compuesta fundamentalmente por plagioclasas de tipo andesina (30%), lo cual fue determinado a través de un análisis microscópico, dentro de su mineralogía presentaba de clinopiroxenos (5%), cristales de cuarzo (2%) y anfíboles (hornblenda 7%), siendo estos primarios o como parte de la formación de la roca en una matriz afanítica (55%).

FOTOGRAFÍA 9
AFLORAMIENTO UNIDAD DE COLADAS ANDESÍTICAS (Ca)
COORDENADAS N1684078, E0638951



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

En afueras del tajo Marlin se encontró de un color grisáceo aunque ya presentaba alteración argílica (ver fotografía 9), identificada por el deterioramiento de los feldespatos a arcillas blanquecinas, mientras que dentro del tajo Marlin se le observo una coloración verdosa, la cual se le atribuye a una alteración propilítica siendo la epidota el principal mineral alterante, en varios afloramientos se observó la presencia de pirita y fracturas rellenas de calcita.

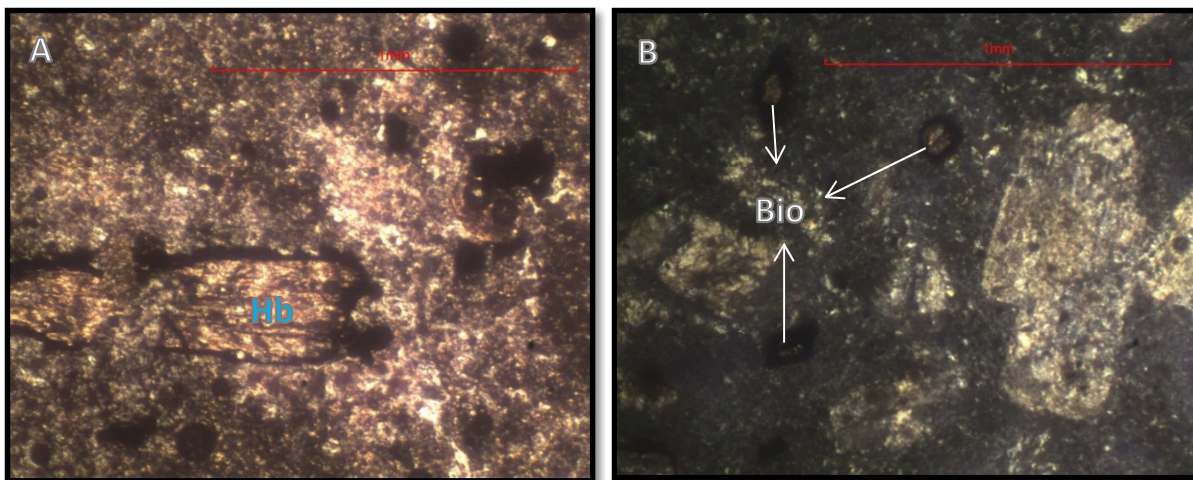
FOTOGRAFÍA 10
UNIDAD DE COLADAS ANDESÍTICAS (Ca)
VISTA EN EL ESTEREOSCOPIO
COORDENADAS N1684078, E0638951



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Las coladas andesíticas presentan una textura porfídica con fenocristales de plagioclasa, también una textura fluidal característico de depósitos de coladas (ver fotografía 11), la matriz es densa y microcristalina de color grisáceo y verdosa. Los fenocristales son subhedrales y anhedrales.

FOTOGRAFÍA 11
MICROFOTOGRAFÍA LA UNIDAD DE COLADAS ANDESÍTICAS (CA)
COORDENADAS UTM: N1684078, E0638951.
SECCIÓN DELGADA (AB6-CAN)



A: vista de la sección de la unidad de andesitas en la que se observa un fenocristal de hornblenda (Hb), el cual presenta un pleocroísmo débil debido a que se encuentra alterado, dicha alteración genera que el cristal de observe roto.

B: en esta parte de la secciones observan fenocristales de plagioclasas (Plg) los cuales presentaban un ángulo de extinción de 26° denominándola como andesina, también se observan fragmentos de biotita (Bio) y una matriz compuesta de microcristales de plagioclasas y vidrio. Se observa como la alteración argílica ha deteriorado toda la muestra

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

4.1.3 Unidad de Tobas Cristalinas (Tc)

Las Tobas Cristalinas afloran en mayor proporción en la parte Oeste del área de investigación, observándose de mejor manera a los alrededores del Tajo Cochis. Se encuentran en contacto discordante al sur-oeste del área de estudio estratigráficamente por sobre las coladas andesíticas y en contacto discordante al centro con los sedimentos siliciclásticos.

Son tobas que en afloramiento presentan una textura piroclástica con una matriz afanítica. La matriz presenta una coloración entre beige y café claro. Los feldespatos presentan una coloración blanquecina debido a que estos se encuentran alterados.

FOTOGRAFÍA 12
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE TOBAS CRISTALINAS (Tc)
COORDENADAS N1684685, E0639599

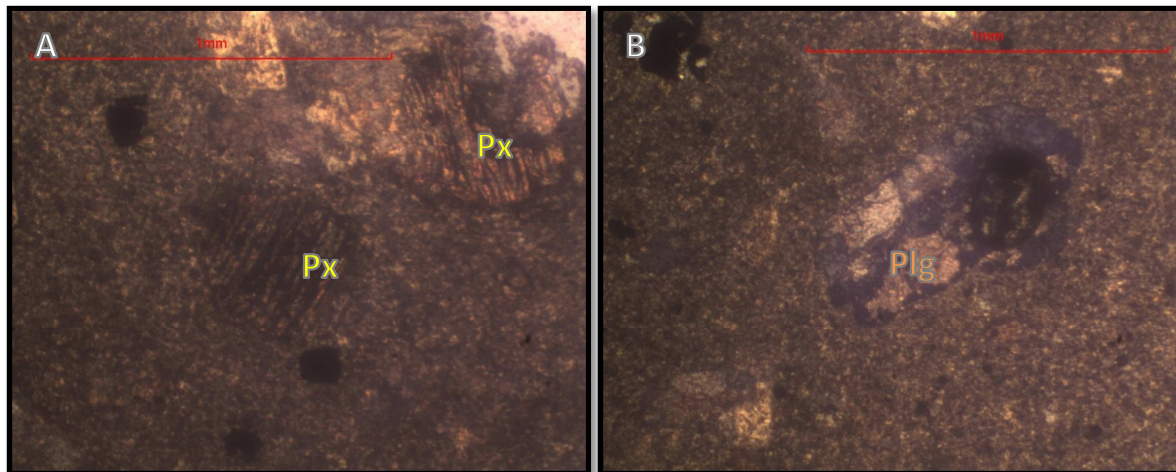


Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Mineralógicamente está compuesta por una matriz afanítica de pómez, fenocristales de plagioclasas con ángulo de extinción de 24° (andesina), cristales de biotita y piroxenos, aunque la mayoría de estos cristales minerales se encuentran alterados, ya que parte de dicha unidad se encuentra dentro de la zona de alteración argílica. (Ver fotografía 13)

Estas tobas están afectadas por la alteración hidrotermal de la región, la cual genera que las plagioclasas se degraden o cambien a arcillas blancas y que minerales como los piroxenos y biotita pierdan sus características petrográficas tales como el habito, color, ángulo de extinción y zonación.

FOTOGRAFÍA 13
MICROFOTOGRAFÍAS DE LA UNIDAD DE TOBAS CRISTALINAS
COORDENADAS N1684685, E0639599



A: es esta foto de la sección se observan cristales de piroxenos (**Px**) con un clivaje doble intersectándose a 90° . Este fue uno de los criterios para determinar que era un cristal de piroxeno. Aunque toda la muestra se encuentra alterada y debido a eso los fenocristales se observan destruidos.

B: en esta parte de la sección se observa un fenocristal de plagioclasa (**Plg**) con ángulo de extinción 25° Denominándola como andesina

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

4.1.4 Unidad de Rocas Hipoabisales (Rh)

Estas son rocas que se generan a partir de intrusiones de magmas, las cuales se filtran a través de sistemas de fallas o bien fracturamiento, tienen la característica de solidificarse rápidamente rellenando grietas y hendiduras, formando filones rocosos. Dentro de esta unidad se subdivide en:

a. Subunidad de Dique Latítico (DI)

Esta unidad se encuentra intruyendo a la unidad de Sedimentos siliciclásticos, a las coladas andesíticas y a las tobas cristalinas, presentan una dirección de flujo de 38/240, dicha orientación se encuentra a favor del fracturamiento expuesto en el afloramiento. Tiene un grado de meteorización II. Y una coloración café en el área de los de sedimentos volcanoclásticos y verdosa en la parte de las andesitas y tobas cristalinas.

FOTOGRAFÍA 14
AFLORAMIENTO DE LA SUBUNIDAD DE DIQUE LATÍTICO
COORDENADAS N1683794, E0640822

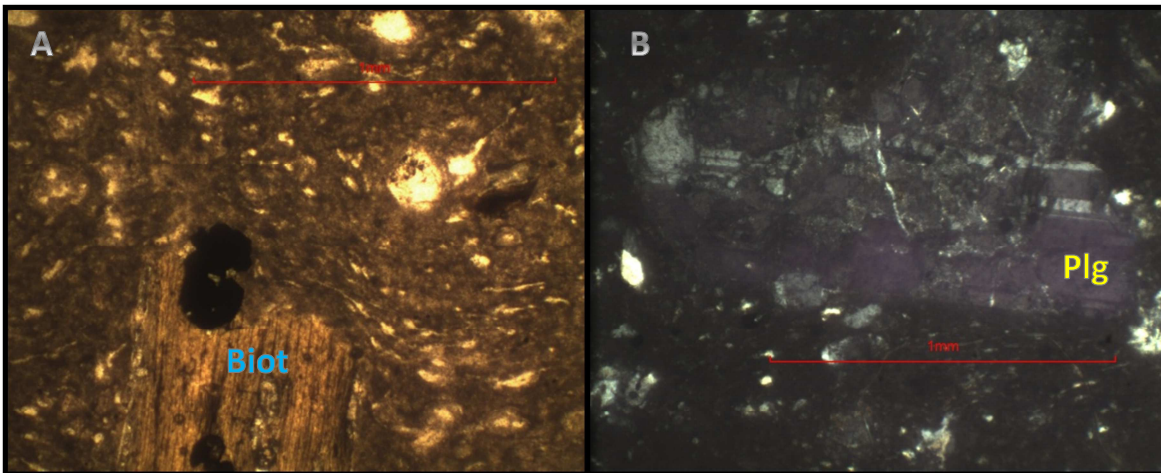


Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Se encuentra en la parte Central, Sur y Este del área de estudio. Los mejores afloramientos que presenta, se encuentran en la carretera que dirige del campamento Marlin hacia Salem Sipacapa, y en una quebrada que se encuentra en la parte alta del tajo Cochis.

Presenta una estructura porfídica donde minerales como la biotita y los feldespatos son fácilmente reconocibles en muestra de mano. En un análisis microscópico, se observó la presencia de Biotita, Plagioclasas de tipo labradorita y andesina (33%), Anfíboles (9%), minerales opacos como pirita vista en muestra de mano, una matriz afanítica en la que se observó una textura fluidal y una presencia no mayor al 5% de cuarzo, dichos rasgos se deben a que presenta una débil alteración sílica. Presenta una coloración café clara.

FOTOGRAFÍA 15
MICROFOTOGRAFÍAS DE LA SUBUNIDAD DE DIQUE LATÍTICO
COORDENADAS N1683794, E0640822



A: vista de la sección de subunidad de dique latítico, en la que se observa una textura fluidal sobreyacente al fragmento de biotita (Biot), además se observa en la matriz pequeños fragmentos de cuarzo que son la resultante de una leve alteración sílica.

B: en esta parte de la sección se observa un fenocristal de plagioclasa (Plg) con un ángulo de extinción de 24° denominando la andesina, aunque la muestra también presento labradoritas.

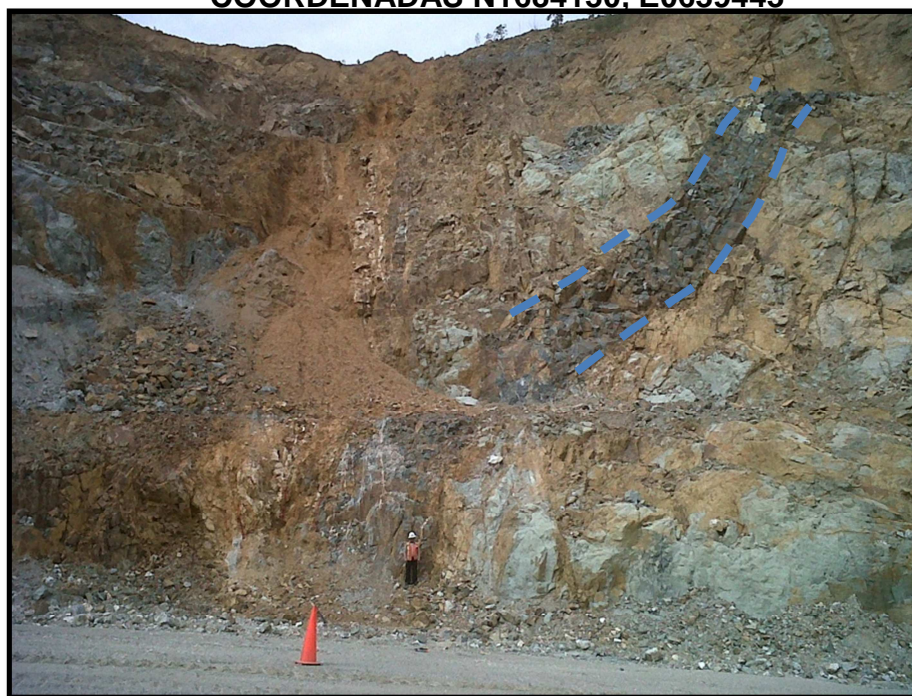
Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

b. Subunidad de Dique Andesítico (Da)

Se encuentra en la parte Central del área de estudio, aflorando en mayor parte dentro de lo que es el tajo Marlin y el Tajo Cochis presentaba un ancho de entre 3 a 5 Mts. (Ver anexo VII)

Muestra una coloración entre verde oscuro a negro, con una dirección de flujo de 75/082, dicha orientación se encontraba a favor del fracturamiento expuesto en los afloramientos, mineralógicamente está compuesta por plagioclasas de tipo andesina (34%), piroxenos alterados (8%), anfíboles (6%), biotita (2%), todos estos dentro de una matriz afanítica. Dicha unidad se encuentra intruyendo a la unidad de coladas andesíticas.

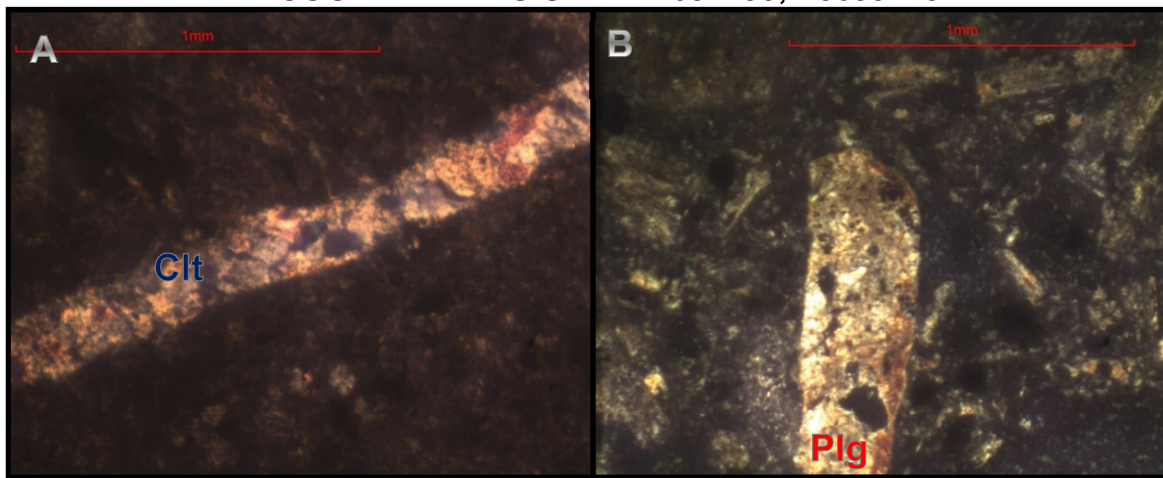
FOTOGRAFÍA 16
AFLORAMIENTO DE LA SUBUNIDAD DE DIQUE ANDESÍTICO (Da)
COORDENADAS N1684130, E0639443



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Caracterizada por su estructura ofítica, que consiste en una mezcla de cristales aplanados de plagioclasa, en cuyos intersticios se encuentra piroxenos monoclinico, de importante tamaño cristalino. Petrográficamente se observan fracturas rellenas por calcita así como el deterioro de las plagioclasas debido a la alteración hidrotermal a la que fue expuesta. (Ver fotografía 17)

FOTOGRAFÍA 17
MICROFOTOGRAFÍAS DE LA SUBUNIDAD DE DIQUE ANDESÍTICO
COORDENADAS UTM: N1684130, E0639443



A: vista de la sección de la subunidad de dique andesítico en el que se observa una fractura la cual ha sido rellena por calcita (Clt), se determinó que era calcita a través de la prueba de rojo de alizarina

B: en esta parte de la sección se observa un fenocristal de plagioclasa (Plg), con un ángulo de extinción de 25° denominándola andesina, se observa una matriz verdosa producto de la alteración propilítica, la cual está siendo generada por la clorita, que a su vez afecta tanto a la matriz como a los fenocristales minerales.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Una característica distintiva es el magnetismo experimentado al acercarse a los afloramientos y en muestra de mano. Este fenómeno indica la presencia de minerales con características magnéticas como la magnetita, ilmenita y/o hematita, minerales que pueden ser el resultado de la intrusión de magmas con alto contenido de minerales ferromagnesianos.

4.1.5 Unidad de Tobas Líticas Pomáceas (QTp)

Esta unidad se encuentra en la parte Central, Este y Norte del área de estudio, es una roca friable masiva de color naranja parduzco rojizo al meteorizar. La matriz se presenta afanítica con granos finos de color blanco verdoso a verde oscuro. Los fragmentos de rocas se presentan angulares a subredondeados. La textura traquítica es común a lo largo de toda la unidad, la cual exhibe fenocristales de plagioclasa y raramente de piroxenos. Los fragmentos irregulares de vidrio recristalizado exhiben elongación y alteración por epidota.

FOTOGRAFÍA 18
AFLORAMIENTO DE LA UNIDAD DE TOBAS LÍTICAS POMÁCEAS (QTp)
COORDENADAS UTM: N1685471, E0641823.



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2 012.

Está compuesta por una Matriz afanítica (40%), la cual captura distintos fragmentos de rocas (32%) y cristales (28%). Se encuentra en contacto discordante al Sur con la unidad de sedimentos siliciclásticos, y en contacto discordante al Oeste con la unidad de tobas cristalinas.

4.1.6 Unidad De Aluvión (Qa)

La unidad se identifica a lo largo de las distintas trazas de ríos que pasan por el área de estudio, aunque su mejor exposición se da al Norte y al Oeste de la misma, abarca un 3% del área total. Se encuentran bloques de andesitas y sedimentos siliciclásticos que son transportados corriente abajo, siendo estos muy variados en cuanto tamaño, tipo y composición.

Estos depósitos están mal clasificados con esfericidad oblada y redondez, subredondeados respectivamente. La fábrica tiene un contacto entre granos del tipo puntual. No se muestra alguna imbricación de clastos, ni estructuras sedimentarias dentro de esta unidad. Se estableció que los bloques de mayor tamaño se encuentran localizados dentro de las quebradas por lo que dichos bloques se encuentran en condiciones de transporte proximal. Mientras que los bloques de menor tamaño presentan mayor redondez, asumiendo condiciones de transporte distal para estos bloques.

FOTOGRAFÍA 19
UNIDAD DE ALUVIÓN (Qa)
COORDENADAS UTM: N1685347, E06415409



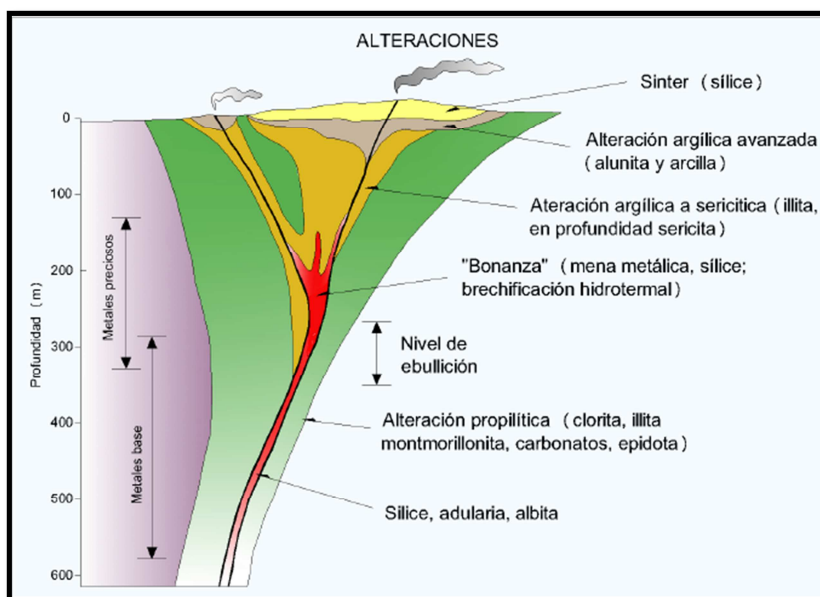
Tomada por: Jose Bermudez. Año 2012.

4.1.7 Alteración Hidrotermal

Dentro del área de estudio, existe un yacimiento mineral el cual está siendo extraído y comercializado por Montana Exploradora, dicho yacimiento fue descubierto mediante diferentes indicios de la localidad. Uno de los principales indicios determinados dentro del área de estudio fue el descubrimiento de rocas que se encontraban deterioradas o con cambios físicos fácilmente observables, dichos cambios son denominados alteraciones, los cuales están asociados a actividad hidrotermal observada a los alrededores del área de estudio.

“Fontboté define a la alteración hidrotermal como la transformación de una asociación mineral original, en una nueva que es más estable bajo las nuevas condiciones de temperatura, presión y sobre todo en equilibrio con el fluido hidrotermal que atraviesa la roca. Las texturas y estructuras originales pueden ser ligera o completamente modificadas por la alteración hidrotermal²⁰.”

FIGURA 7
ZONEAMIENTO TEÓRICO DE ALTERACIÓN PARA UN DEPÓSITO DE BAJA E INTERMEDIA SULFURACIÓN



Fuente: modificado de Buchanan. En: “*Precious Metals Deposits Associated with Volcanic Environments in the Southwest Dickinson*”, Sociedad Geológica de Arizona. Vol. 14 (Mayo de 1982) 227-232.

²⁰Fontboté, Lluís. *Latin American UNESCO-SEG-SGA Course of Metallogeny in Quito*, Ecuador, Junio 2003. Disponible en: https://cms.unige.ch/sciences/terre/research/Groups/mineral_resources/latinometal/quito14/seg_newsletter_98_2014_july.pdf (21/12/2 012)

“Según exploraciones y estudios realizados por Montana Exploradora, el sistema hidrotermal dominante dentro del área de estudio corresponde a un sistema epitermal de baja sulfuración. Para este sistema Camprubí²¹” sugiere una serie de características:

TABLA 4
CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS PARA SISTEMAS EPITERMALES DE BAJA SULFURACIÓN

Rocas volcánicas relacionadas	Vulcanismo subaéreo, rocas ácidas a intermedias (andesita–riodacita– riolita). Encajante de cualquier tipo.
Controles de emplazamiento	Cualesquiera fallas o zonas de fractura estrechamente relacionadas a centros volcánicos.
Alteración asociada	Extensa alteración propilítica en zonas adyacentes con baja relación agua/roca. Gran cantidad de mica blanca en zonas con alta relación agua/roca. Alteración argílica dominante conforme disminuye la temperatura.
Minerales clave de alteración proximal	Sericita o illita ± adularia; roscoelita (mica-V) en depósitos asociados a rocas alcalinas; a veces, clorita.
Abundancia de sulfuros	1–20% del volumen total, pero típicamente menos del 5%, pirita predominante.
Minerales metálicos clave	Pirita, esfalerita, marcasita, galena, electrum, oro (sulfosales de Ag, arsenopirita, argentita, calcopirita, tetraedrita)
Rango de temperaturas de formación	Generalmente, entre 100–320°C (la mayoría entre 150–250°C (6))

Fuente: Boletín de la sociedad geológica mexicana. LVI,-1, (Febrero de 2 003): 9-12

La alta asociación que existe entre las alteraciones y los yacimientos metálicos, genera que incremente el interés en el estudio de las mismas, puesto económicamente es una de las herramientas más útiles y de menor valor monetario para el prospector. Así mismo como las alteraciones hidrotermales son de gran utilidad en exploración minera también generan información para conocer el carácter químico de las soluciones hidrotermales y sus fuentes, y para conocer la evolución del sistema hidrotermal.

²¹Camprubí, Antoni. “Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración”. Boletín de la sociedad geológica mexicana. LVI.-1 (junio de 2 003): 10-18

“Rose²² menciona que el transporte de materiales que intervienen durante la alteración hidrotermal puede darse ya sea por infiltración (movimiento de masa debido al flujo de un fluido a través de la roca), o por difusión (transporte por difusión de tipo químico a través de los fluidos estancados en los poros). Normalmente habrá una combinación de ambos procesos. Diferenciando los factores que controlan a la alteración hidrotermal de las rocas:

Temperatura y la diferencia de temperatura (t°) entre la roca y el fluido que la invade: mientras más caliente el fluido mayor será el efecto sobre la mineralogía original.

Composición del fluido; sobre todo el pH del fluido hidrotermal: mientras más bajo el pH (fluido más ácido) mayor será el efecto sobre los minerales originales.

Permeabilidad de la roca: Una roca compacta y sin permeabilidad no podrá ser invadida por fluidos hidrotermales para causar efectos de alteración. Sin embargo, los fluidos pueden producir fracturamiento hidráulico de las rocas o disolución de minerales generando permeabilidad secundaria en ellas.

Duración de la interacción agua/roca y variaciones de la razón agua/roca. Mientras mayor volumen de aguas calientes circulen por las rocas y por mayor tiempo, las modificaciones mineralógicas serán más completas.

Composición de la roca; la proporción de minerales: es relevante para grados menos intensos de alteración, dado que los distintos minerales tienen distinta susceptibilidad a ser alterados, pero en alteraciones intensas la mineralogía resultante es esencialmente independiente del tipo de roca original.

Presión: este es un efecto indirecto, pero controla procesos secundarios como la profundidad de ebullición de fluidos, fracturamiento hidráulico (generación de brechas hidrotermales) y erupción o explosiones hidrotermales.”

Basado en las características mencionadas por Rose, y los rasgos físicos y texturales vistos en los diferentes afloramientos, dentro del área de estudio se lograron determinar 3 tipos de alteración hidrotermal siendo estos:

²² Rose, A.W. y DM., Burt. *Hydrothermal Alteration*. En: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2da edición. Michigan, EE.UU. Barnes, *Wiley Interscience Publication*, 1979. 173-235

a. Alteración Propilítica

Dicha alteración fue la más dominante dentro del área de estudio, una de sus características más visibles en el campo fue la tonalidad verdosa en la que se tornaron las rocas alteradas. Las unidades litológicas más afectadas por esta alteración son las coladas andesíticas y los sedimentos siliciclásticos, vistos en mayor parte dentro y a los alrededores del tajo Marlin.

Se caracteriza por el desarrollo minerales ricos en Ca los cuales fueron vistos por medio de secciones delgadas (ver anexo 1), mientras que en afloramientos se observaban pequeñas vetas rellenas por calcita, (ver fotografía 20) estos se generaron a partir del arreglo de los minerales originales formadores de roca. Las plagioclasas son convertidas a epidota y calcita.

Esta alteración ha sido caracterizada por las siguientes asociaciones:

- Calcita-Epidota
- Epidota-Pirita
- Calcita-Pirita

“Rose argumenta que la considerable concentración de CO₂. Se da en aquellas áreas donde la alteración hidrotermal presenta una zonación, que pasa gradualmente hacia rocas frescas. Es un tipo común de alteración en depósitos de cuarzo aurífero y en otros presentes en rocas intrusivas y volcánicas básicas a intermedias. Durante la propilitización se introduce abundante agua, pudiendo haber también adición de CO₂, S, As. Algo de sílice es generalmente extraída durante el proceso y puede haber también pérdida de sodio, potasio y alcalinos térreos en algunos depósitos.”²³

²³ Rose, A.W. y DM., Burt. *Hydrothermal Alteration*. En: *Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*, 2da edición. Michigan, EE.UU. Barnes, *Wiley Interscience Publication*, 1979. 173-235

FOTOGRAFÍA 20
ALTERACIÓN PROPILÍTICA
COORDENADAS N1684201, E0639779.

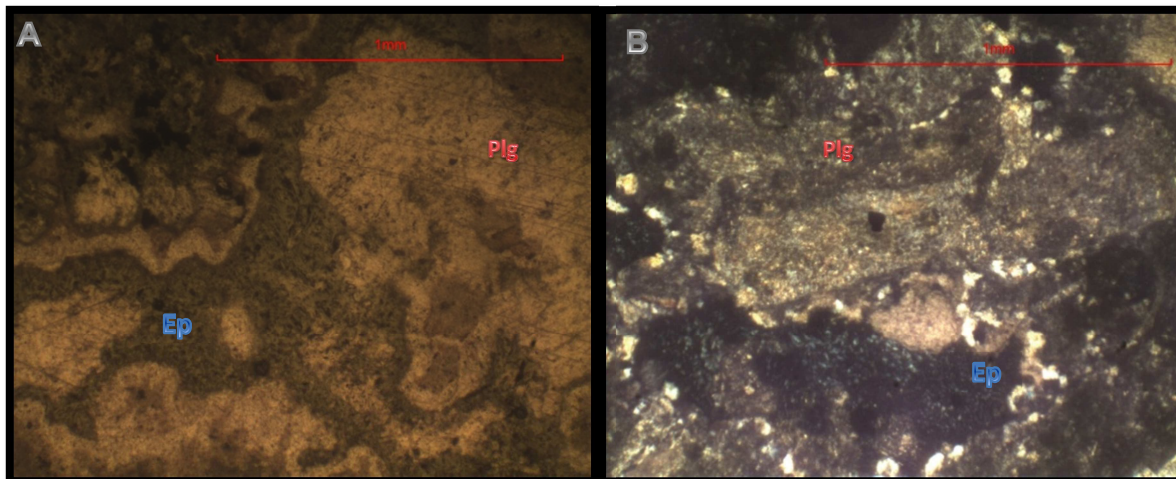


A: Alteración Propilítica vista dentro del tajo Marlín.

B: Fracturas rellenas por calcita vistas en afloramientos de Coladas Andesíticas.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

FOTOGRAFÍA 21
MICROFOTOGRAFÍAS DE LA COLADAS ANDESITICAS ALTERADAS
COORDENADAS N1684130, E0639443.



A: Coladas andesíticas, afectadas por la alteración propilítica, Los rellenos amigdaloides están compuestas por la alteración de la matriz debido a la epidota.

B: Se observa un fenocristal de plagioclasa (Plg), el cual está siendo alterado por la epidota lo cual genera la tonalidad verdusca tanto en las orillas como en diferentes partes del fenocristal, así como la matriz.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

b. Alteración Argílica

Esta alteración se caracteriza por el reemplazamiento principalmente de las plagioclasas por arcillas blanquecinas amorfas, La alteración argílica intermedia representa un grado más alto de hidrólisis relativo a la alteración propilítica. El feldespato potásico y la biotita, parcialmente recristalizada son dos de los minerales más afectados, ya que sus características petrográficas se modifican o pierden totalmente. Dicha alteración afecta en su mayor parte a las unidades de Coladas Andesíticas y Tobas Cristalinas.

Para las unidades anteriormente mencionadas se observaba un alto grado de alteración que en conjunto con la meteorización, lo cual generaba que propiedades físicas como la dureza y/o coloración fueran modificadas además que propiedades petrográficas como el ángulo de extinción, relieve, color entre otras cambiara de manera drástica o simplemente perdiera por completo estas propiedades habiendo casos en los que los fenocristales estaba destruidos. (Ver fotografías 22 y 23). Dicha alteración se encontraba como en forma de aureola rodeando a la alteración propilítica, en su parte más externa (ver Anexo V), además de presentar en varios puntos donde existían varios fallamientos.

“Rose menciona que la caolinita es inestable a temperaturas mayores a 400°C y la montmorillonita probablemente a valores apenas superiores, por lo cual el límite superior para esta alteración sería de 400 a 480°C. Zonalmente grada a una alteración propilítica hacia la roca fresca y a sericítica en dirección de la mineralización, con predominio de montmorillonita en la franja externa y de caolinita en el sector interno.²⁴”

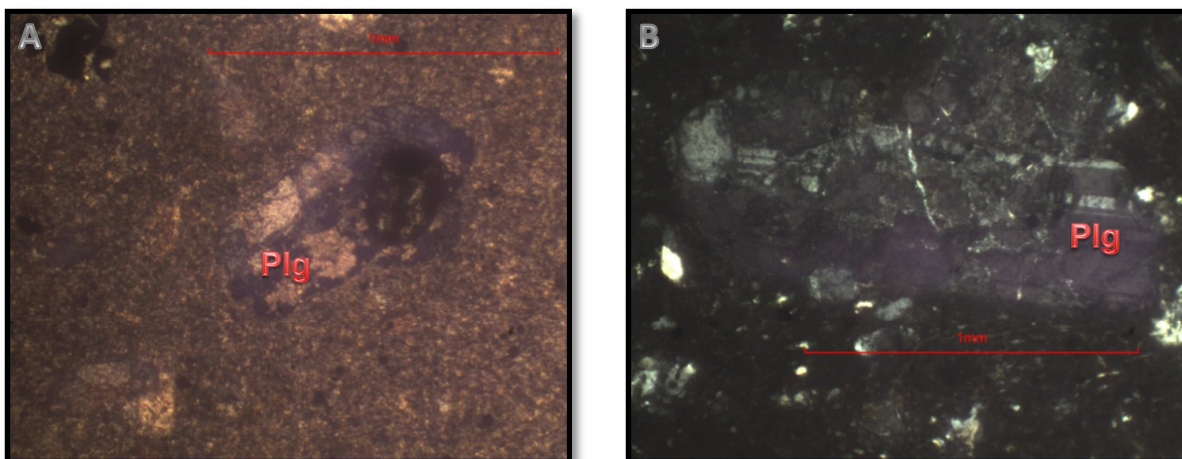
²⁴ Rose, A.W. y Burt, D.M. (1979). Hydrothermal Alteration. En: Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits, Segunda Edición, Hubert L. Barnes (ed.), Wiley Interscience Publication, 173-235.

FOTOGRAFÍA 22
ALTERACIÓN ARGÍLICA
COORDENADAS UTM: N1683824, E0639112.



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

FOTOGRAFÍA 23
MICROFOTOGRAFÍAS DE LA UNIDAD COLADAS ANDESÍTICAS Y DE
SUBUNIDAD DE DIQUE LATÍTICO ALTERADAS ARGÍLICAMENTE



A: vista con nicoles paralelos de la sección de la unidad de coladas andesíticas, las cuales fueron afectadas por la alteración argílica, deteriorando y destruyendo el fenocristal de plagioclasa (Plg).

B: vista con nicoles cruzados de la sección de la subunidad de dique latítico, que fue afectado Argílicamente deteriorando los fenocristales de plagioclasa (Plg) como se puede observar en la foto, la alteración provoca que parte de sus propiedades mineralógicas ya no sean tan fácilmente reconocibles.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

c. Alteración Sílica

Esta alteración se da por el reemplazamiento de agentes minerales por sílice lo cual genera cambios en la estructura cristalina de la roca. Una de las principales características de esta alteración es uno de los principales índices de agentes minerales con valor económico, para la exploración y explotación minera. Dentro del Tajo Marlin se encontraron rocas con textura esqueletal donde se observa ya sea el crecimiento, reemplazamiento o emplazamiento de cuarzo (ver fotografía 24 y 25), el cual cambiaba las características físicas propias de la roca afectada.

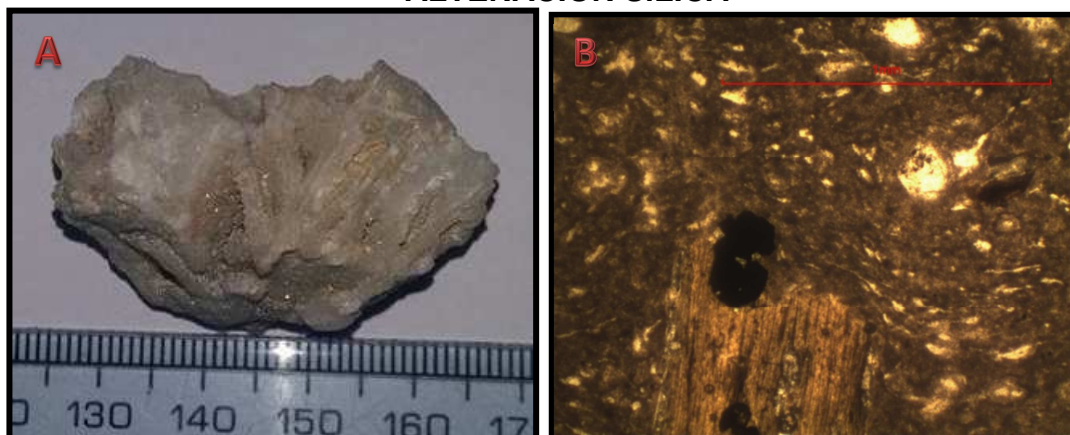
La unidad que se ve más afectada por dicha alteración es la unidad de coladas andesíticas, vistas propiamente dentro de los tajos Marlín y Cochis (ver anexo 4), donde era más fácil verlo de manera macro. Otra unidad que también fue afectada fue la unidad de dique latítico en la cual en afloramiento no era tan observable pero en sección delgada se evidenciaba como la matriz presentaba mosaicos entrecrecidos de cuarzo (ver fotografía 25).

FOTOGRAFÍA 24
ALTERACIÓN SÍLICA
COORDENADAS UTM: N1684217, E0639758.



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

FOTOGRAFÍA 25 ALTERACIÓN SÍLICA



A: vista de la muestra extraída en el tajo marlín, donde se observa la textura esquelética, donde se da el reemplazamiento de calcita por sílice, en este caso cuarzo, cambiando el sistema cristalino de la calcita por un sistema rómbico característico del cuarzo, esta textura es uno de los mejores indicios de yacimientos auríferos.

B: vista de la sección de la subunidad de dique latítico, el cual está levemente afectado por la alteración sílica ya que se ve afectada la matriz por cristales de cuarzo, presentando una textura en mosaico entre crecidos.

Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se tomaron datos de características estructurales tales como fallas de tipo normal e inversa, fracturas, entre otras. Mediante las cuales se estudió la relación que estos tienen con la disposición espacial de la estratigrafía local, así como la determinación del control estructural de las alteraciones del área de estudio. A continuación se describe la geología estructural:

4.2.1 Fallas

La orientación del fallamiento del área de estudio, está influenciada por el sistema de fallas regionales Chixoy-Polochic-Motagua, que atraviesan longitudinalmente al país. De manera más local se tienen 2 sistemas de fallamientos predominantes, siendo estos el sistema E-W, diferenciado por la falla Virginia y el sistema N-E diferenciada por la secuencia de falla denominada localmente Tello-Tomates.

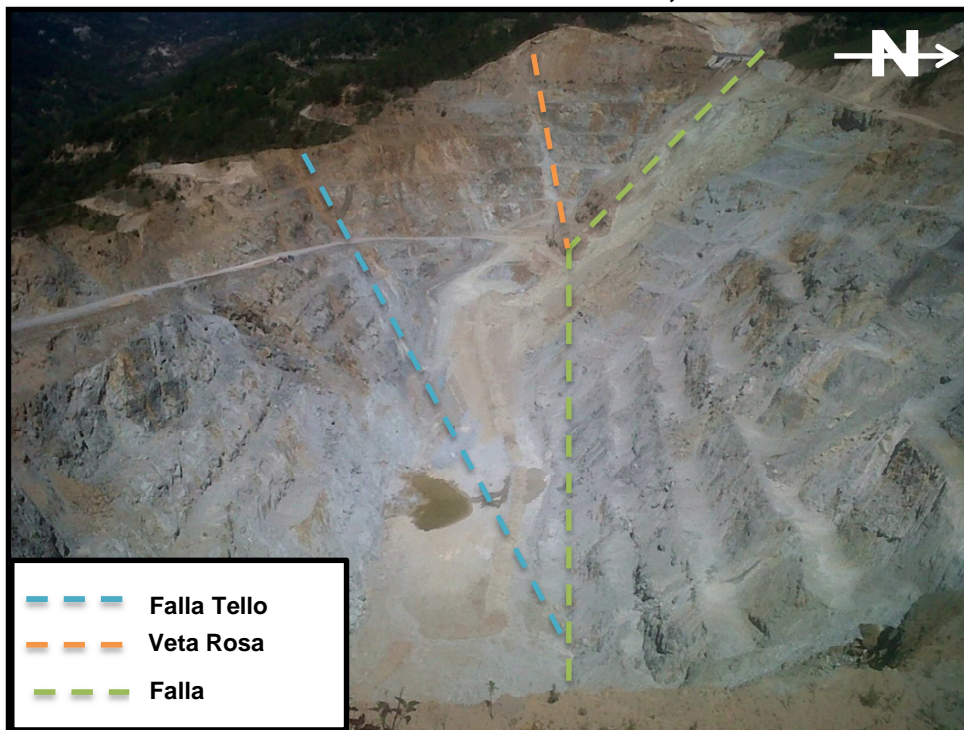
a. Fallas Normales

Se determinaron dos patrones de fallamiento siendo el primero caracterizado por la estructura Virginia, que es una falla normal-sinestral, la cual presenta una orientación N80W y buzamiento entre 40 a 60 grados al S. El segundo patrón de fallamiento importante es el de orientación N70E que controla el emplazamiento de los diques. La estructura característica de este patrón es la falla Tello.

1) Fallamiento E-W

La Falla Virginia se conoce por una longitud de más de 1 km. (ver figura 8), el bloque techo se desliza hacia abajo (Sur) contiene a la unidad de coladas andesíticas y el bloque base se desliza hacia arriba (Norte) generando que los sedimentos siliciclásticos queden expuestos casi al mismo nivel que la Andesita.

FOTOGRAFÍA 26
MIRADOR DEL TAJO MARLIN
COORDENADAS UTM: N1684207, E0639790.

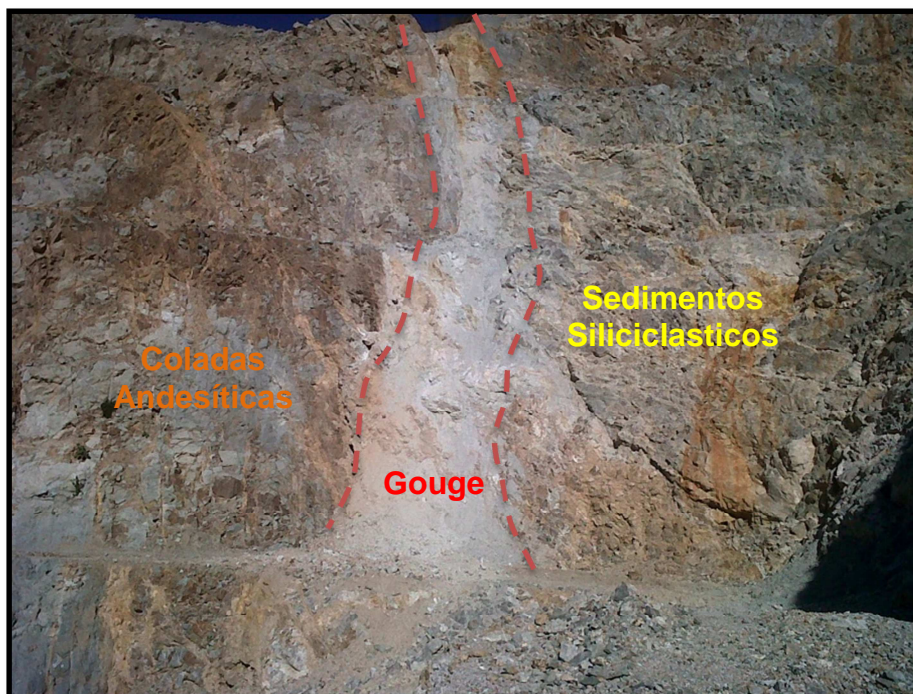


Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

En la fotografía 26 se observa una panorámica de lo que es el tajo marlin, para el cual es perceptible la Falla Virginia la cual tiene una dirección E-W, y como es que la misma corta o controla y emplaza la extensión del fallamiento N-E.

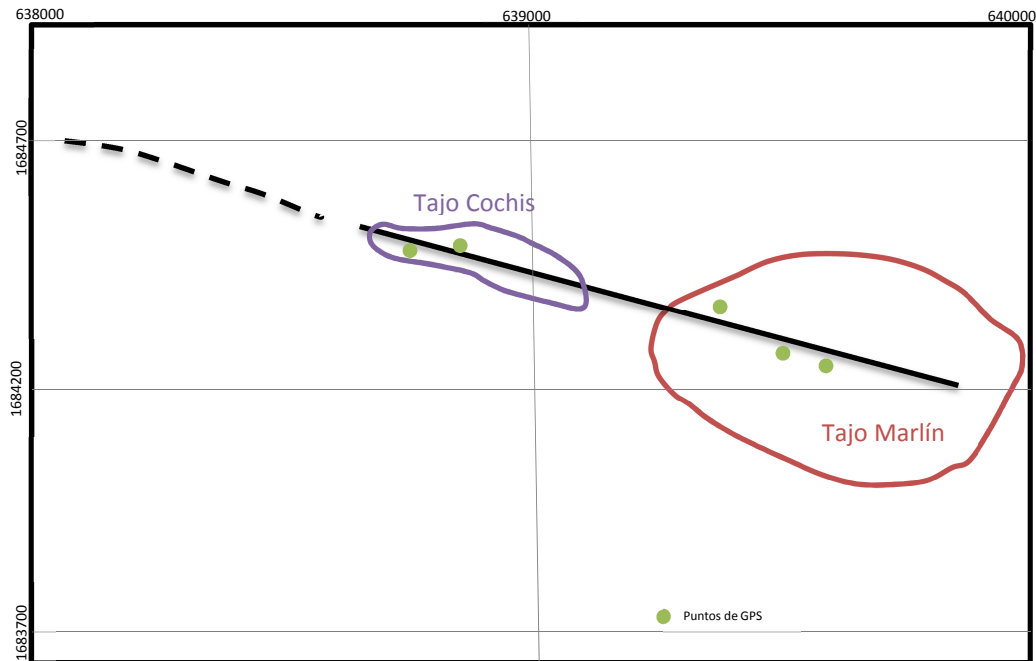
Localmente para el distrito minero Marlin, el fallamiento E-W controla el emplazamiento del mineral con interés económico, tomando el fallamiento N-E como un emplazamiento secundario de mineral de interés. Debido al movimiento, se forma una zona de brecha que contiene roca pulverizada y la formación de arcilla de falla (Gouge), el cual es fácilmente visible dentro de los tajos Marlin y Cochis (ver fotografía 27), para lo que dicho material es una de las principales características resultantes del desplazamiento o ruptura de una falla.

FOTOGRAFÍA 27
ZONA DE GOUGE FORMADA POR LA ESTRUCTURA VIRGINIA
COORDENADAS UTM: N1684207, E0639790



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

FIGURA 8
PUNTOS TOMADOS PARA LA FALLA VIRGINIA



Fuente: Investigación de campo. 2012.

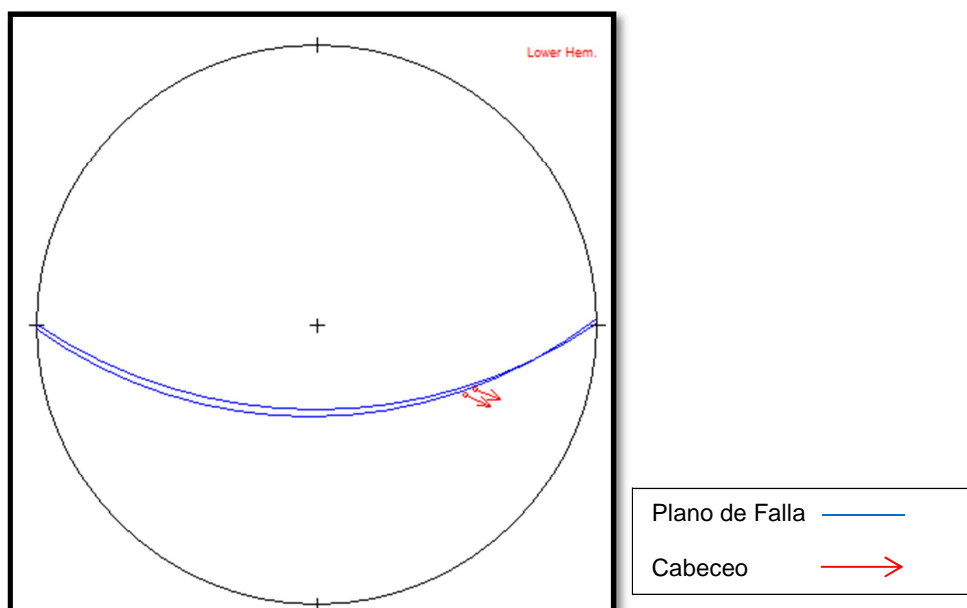
Dentro de los tajos Cochis y Marlin se tomaron puntos de GPS respecto a la falla que controla el depósito mineral del distrito, se determinó que en estos puntos no presentaba mayor variación en la dirección del plano por lo que se infiere que dicha falla podría continuar. Dicha falla es la responsable del control de la zona de alteración sílica del área de estudio, en donde dicho mineral es donde se encuentra emplazado las reservas de oro explotados por el distrito minero Marlin.

TABLA 5
DATOS DE CAMPO PARA LAS FALLAS NORMALES ASOCIADAS AL PATRÓN
DE FALLAMIENTO E-W

Dip	Dir	Pitch	Reconocida Por
65	180	44E	Estrías
63	179	41E	Estrías

Fuente: Investigación de campo. 2012.

FIGURA 9
ESTÉREO FALSILLA DE FALLAS NORMALES ASOCIADAS A LA ESTRUCTURA
VIRGINA



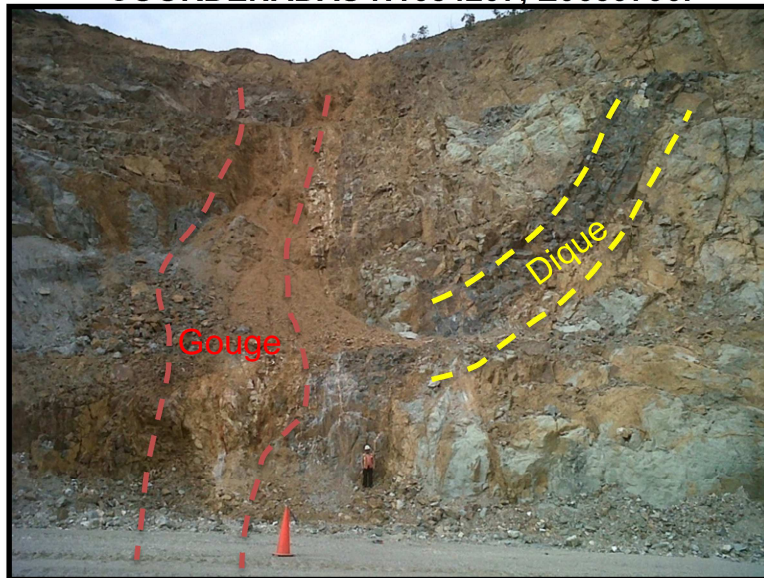
Fuente: Investigación de campo. 2012.

2) Fallamiento N-E

El segundo patrón de fallamiento importante es el de orientación N70E, dicho fallamiento es cortado por el fallamiento E-W ya que muchas de las estructuras vistas en campo se ven afectadas y la extensión de la misma se observa desplazada o modificada (ver anexo 6).

A los alrededores de los tajos Marlin y Cochis, se observó que dicho fallamiento controla la zona de alteración argílica, debido a que varios de los afloramientos donde se encontró este fallamiento estaban afectados por la alteración argílica. Mientras que dentro del tajo Marlin este fallamiento está más asociado a la alteración propilítica (ver fotografía 28). Esta información al conjuntarla en un mapa general permite observar que la alteración argílica crea una especie de aureola alrededor de la alteración propilítica exponiendo la zonificación que presentan las mismas dentro del área de estudio.

FOTOGRAFÍA 28
VISTA DENTRO DEL TAJO MARLIN DE LA ZONA DE GOUGE FORMADA POR
LA ESTRUCTURA TELLO
COORDENADAS N1684207, E0639790.



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

FOTOGRAFÍA 29
VISTA A LOS ALREDEDORES DEL TAJO MARLIN, ALTERACIÓN ARGÍLICA
DOMINANTE EN ZONAS CON FALLAMIENTO N-E
COORDENADAS N1684207, E0639790.



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

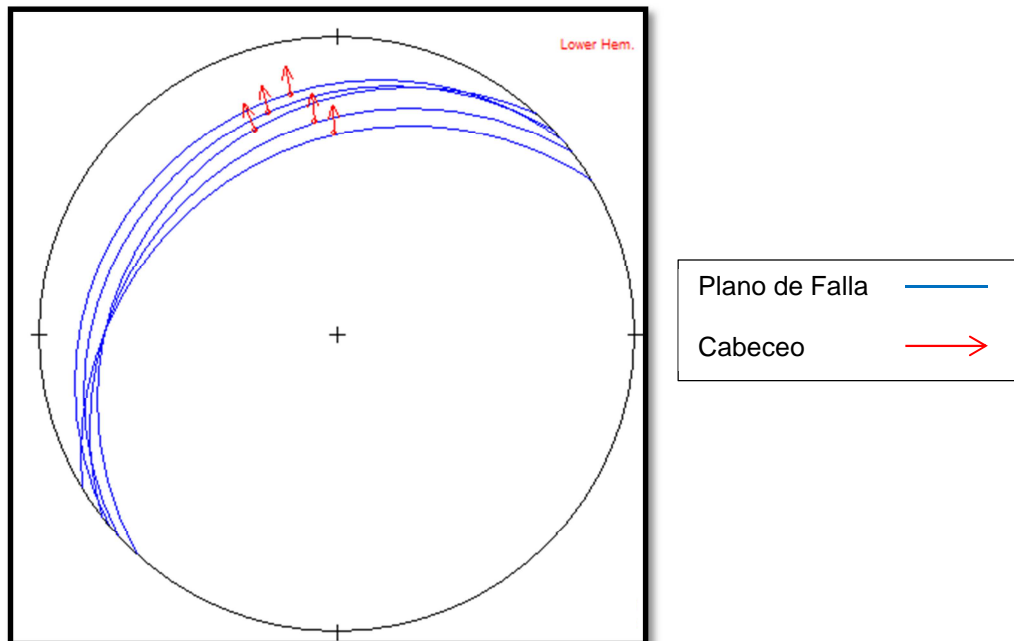
De los datos obtenidos en el campo únicamente se les lograron determinar el pitch a cinco fallas, tres por medio de estrías y 2 por medio de escalones, ya que las demás estructuras encontradas se encontraban afectadas ya sea por meteorización o por alteración lo cual dificultaba su reconocimiento.

TABLA 6
DATOS DE CAMPO PARA LAS FALLAS NORMALES ASOCIADAS AL PATRÓN
DE FALLAMIENTO N-E

Dip	Dir	Pitch	Reconocida Por
21	320	63E	Estrías
29	312	67E	Estrías
37	329	65E	Estrías
33	322	62E	Escalones
25	317	66E	Escalones

Fuente: Investigación de campo. 2012.

FIGURA 10
ESTÉREO FALSILLA DE FALLAS NORMALES ASOCIADAS A LA ESTRUCTURA
TELLO



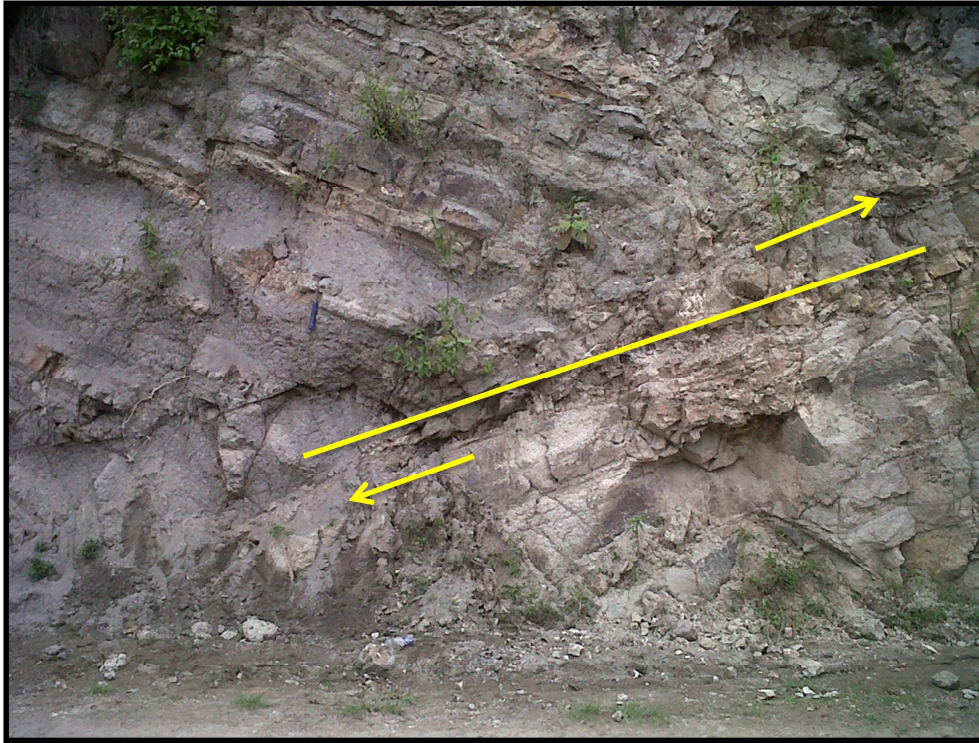
Fuente: Investigación de campo. 2012.

b. Fallas Inversas

Ramsey y Huber 1987 definen que el movimiento de estas estructuras se genera en función del esfuerzo sigma 1, que genera una compresión provocando cabalgamientos producto de la rigidez.

Tomando en consideración que gran parte del área de estudio abarca el total de las instalaciones de lo que es el distrito minero Marlin, así como las comunidades aledañas, esto afecta a la toma de datos, ya que varios sectores se encuentran modificados antropicamente, de igual manera fenómenos de carácter natural como las alteraciones y la meteorización genera gran dificultad en la búsqueda de estructuras, por lo que dentro del área de estudio únicamente se le logro determinar una falla de tipo inverso con su respectivo pitch, por medio de estrías. Dicha falla se encontraba en la unidad de Sedimentos Siliciclásticos (ver fotografía 30).

FOTOGRAFÍA 30
AFLORAMIENTO DE SEDIMENTOS SILICICLÁSTICOS, FALLADOS
INVERSAMENTE
COORDENADAS UTM: N1683820, E0640385



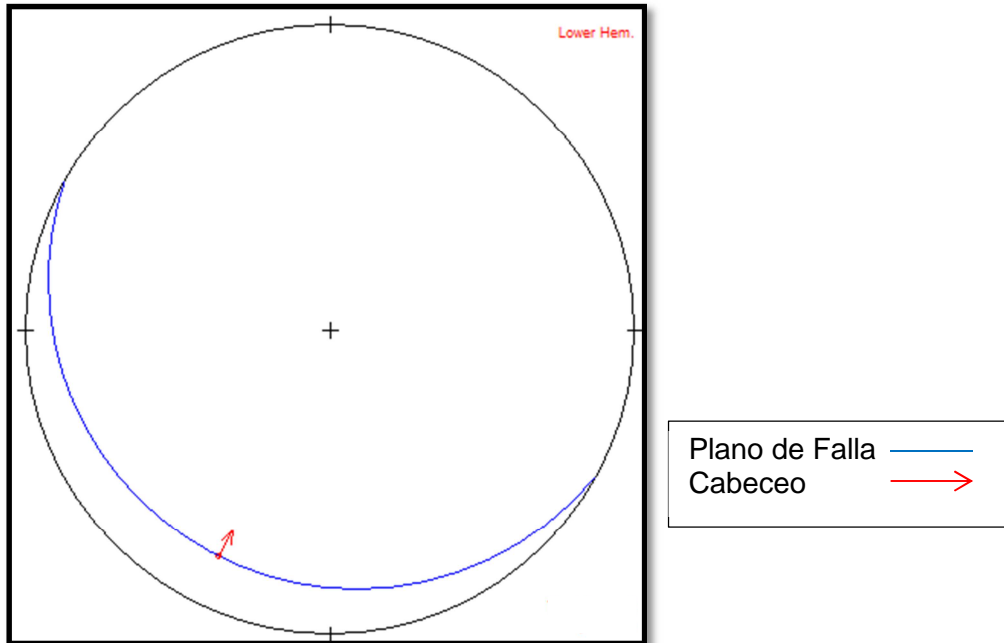
Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

TABLA 7
FALLAS INVERSAS

Dip	Dir	Pitch	Reconocida Por
18	209	87W	Estrías

Fuente: Investigación de campo. 2012.

FIGURA 11
ESTÉREO FALSILLA DE FALLAS INVERSAS



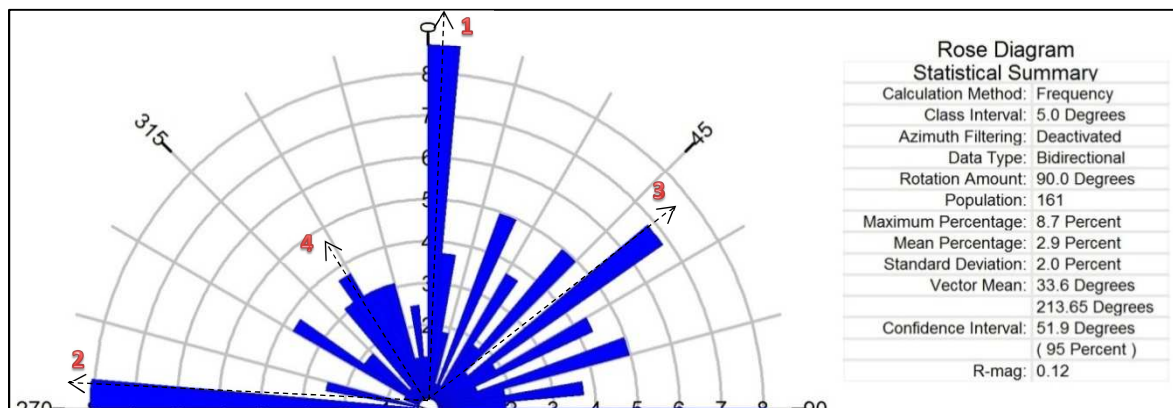
Fuente: Investigación de campo. 2012.

4.2.2 Fracturas

Estas estructuras se pueden observar en las unidades de Tobas Cristalinas, coladas andesíticas, cenizas Pomáceas y Sedimento Siliciclásticos. Estas son las estructuras más predominantes dentro del área de estudio.

En base a los datos obtenidos en el campo se definieron 4 patrones de fracturamiento predominantes, fracturamiento que se asume es generado por los esfuerzos locales que afectan al área de estudio.

FIGURA 12
ROSETA DE DIRECCIONES DE CAPA DE FRACTURAS.



Fuente: Investigación de campo. 2012.

Con el diagrama de rosa se pueden observar cuatro direcciones preferenciales de fracturas correspondiendo a las familias: 1) N005°, 2) N275°, 3) N050° y 4) N320°. (Ver figura 13)

4.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

El área de estudio se encuentra localizada en el municipio de San Miguel Ixtahuacán, San Marcos. Dentro de la extensión comprendida por Mina Marlin, en cuanto a rasgos topográficos directamente dentro de las instalaciones no se puede tomar referencia a mapas topográficos ya que la topografía de la misma se ha visto afectada por la mano del hombre, ya sea con construcciones o movimientos masales controlados, siendo observado en la parte central del área de estudio, mientras que en la parte Este aún se logran observar rasgos como cambios bruscos de pendiente los cuales han sido de origen más natural que artificial, al igual que en la parte norte se logra observar el paso de quebradas que han dejado en evidencia la influencia de procesos fluviales.

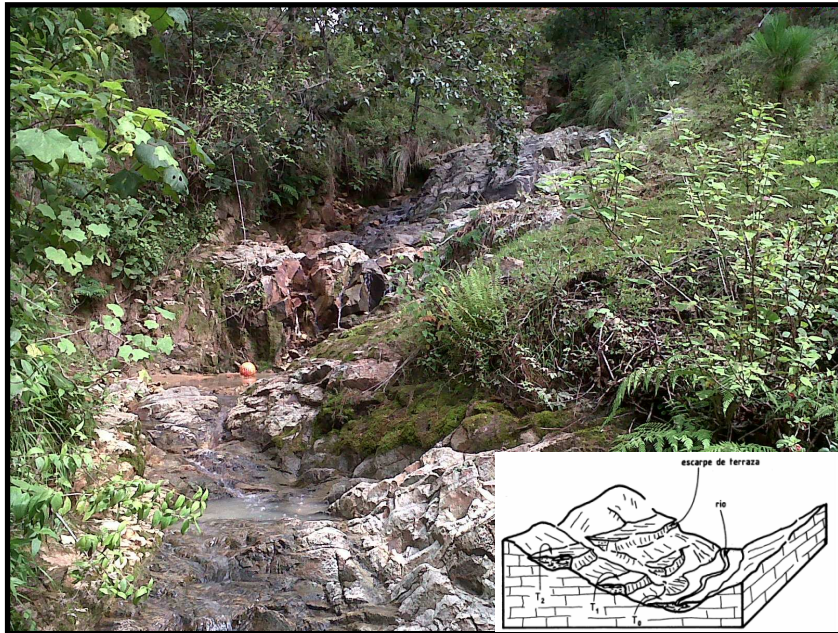
4.3.1 Unidad de Origen Agradacional

Es una unidad de la geomorfología la cual se caracteriza por la depositario de fragmentos de rocas o suelo, la cual es generada por la erosión fluvial, lo cual genera un arrastre de producto erosionado a ciertos lugares donde se depositan, otra de las características es la localización de fragmentos de roca que no comprenden al área de estudio los cuales han sido transportados y depositados a causa de agentes fluviales no tan locales.

a. Subunidad de Terrazas Aluviales (TA)

Esta Subunidad de observa a pocos metros de la entrada principal de Mina Marlin, en la cual se encontraba el paso de un rio el cual abarcaba desde la entrada a la Mina hasta la parte de atrás de las oficinas de mina subterránea, dichas terrazas se encuentra cubiertas por vegetación y suelo, que a medida que la topografía va descendiendo estas terrazas se van ampliando.

FOTOGRAFÍA 31 TERRAZAS OBSERVADAS EN LA PARTE ESTE DEL ÁREA DE ESTUDIO



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

Se observaron terrazas con dimensiones en 5 a 10 metros en las partes más altas, mientras que a medida que la topografía descendía estas terrazas tomaban dimensiones de hasta 30 metros. Dentro de los materiales depositados en estas terrazas se observaron bloques de andesita y areniscas, así como sedimentos muy finos.

b. Subunidad de Depósitos Aluviales (DA)

Se localiza en los puntos más bajos topográficos del paso del río que se encuentra a cercanías de la entrada principal a mina marlin, es esta subunidad de depositan todos aquellos clastos, fragmentos de roca y sedimentos que han sido arrastrados por el caudal del río. Presenta gran aporte de fragmentos de roca los cuales no están consolidados y presentan un brechamiento. Fragmentos desde 3cm hasta otros de más de 1 metro se observan en los diferentes depósitos.

Estos fragmentos corresponden a rocas andesíticas, sedimentos siliciclásticos y diques que por la exposición al intemperismo se desprenden y son transportados ya sea por gravedad o por corrientes de agua y finalizan en estos depósitos aluviales.

Debido a que son fragmentos de arrastre que han sido transportados por varios kilómetros, en los diferentes depósitos se han observado rocas que no son pertenecientes al área de estudio, como esquistos, basaltos, entre otros.

Gran parte del material rocoso encontrado en estos depósitos pertenece a las coladas andesíticas que han sido extraídas por el distrito minero Marlin y acarreados a los distintas escombreras, que por acción de gravedad caen a corrientes fluviales y son transportadas.

FOTOGRAFÍA 32
DEPÓSITOS ALUVIALES OBSERVADAS EN LA PARTE OESTE DEL ÁREA DE ESTUDIO.



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

4.3.2 Unidad de Origen Denudacional

Unidad geomorfológica producto de la meteorización y erosión de las unidades de roca del área de estudio y capas de suelo, debido a factores de escorrentía o estructurales.

a. Movimientos de Laderas (ML)

Los movimientos de ladera se encuentran entre los procesos geológicos más dinámicos sobre la superficie terrestre e incluyen todos los movimientos de rocas y escombros que se producen bajo la influencia de la gravedad principalmente.

Los movimientos de ladera pueden ser clasificados en función de la con la que se mueve el material en lentos, cuyo movimiento es imperceptible a la vista, y en rápidos los cuales se producen en unos pocos minutos o segundos.²⁵

Los movimientos de ladera se originan por innumerables variables o factores, entre los que se menciona el tipo de roca o material, la topografía, el volumen de lluvia que cae, la actividad humana, la erosión, actividad sísmica, etc. En la presente investigación se determinó que de todos los factores el tipo de roca no es determinante en la generación de deslizamientos, ya que estos se encuentran presentes indiferentemente en todas las unidades litológicas.

En el área de estudio se pudieron identificar tres tipos de movimientos de ladera: de flujo, rotacional, y reptación. Los movimientos de ladera poseen factores condicionantes y desencadenantes similares. Entre los primeros se encuentran la alta tasa de deforestación existente en algunas zonas, con el propósito de usar la tierra para cultivos y la venta de la madera extraída como fuente de ingresos para las familias que habitan la región.

Otro de los factores es el relieve y más específicamente las pendientes abruptas de las laderas, para lo cual por medio del software ArcGis, se generó un mapa de zonificación según el ángulo de pendiente de ladera (ver mapa 3), para determinar las áreas topográficas más propensas a sufrir movimientos de masa y/o derrumbes.

²⁵ Gerardo Paiz Schwartz, *Degradación ambiental y desastres en Guatemala*. Guatemala: Programa de Atención Movilización e Incidencia por la Niñez y la Adolescencia -PAMI-, 2 007, <http://www.pami-guatemala.org/Documentos/Asdena/Libro1Asdena.pdf> (15 de febrero del 2 010).

1) Flujos de Suelo

Los flujos de suelo poseen un movimiento relativamente rápido y los materiales desplazados se encuentran mezclados con cantidades considerables de agua. Se determinó que se producen cuando el suelo y la escasa vegetación de algunas zonas son debilitadas por el agua de lluvia que escurre y/o filtra por la superficie. (Ver fotografía 33)

La magnitud o atributos geomórficos de estos es muy variable, está en función del relieve y de lo inclinado o no de las pendientes en donde se desarrollan. Entre los de menor extensión se encuentran aquellos que poseen de 2 m a 6 m de largo por 4 m a 6 m de ancho. Los más grandes se encuentran entre 35 metros de largo por 15 metros de ancho aproximadamente.

FOTOGRAFÍA 33 FLUJO DE SUELO EN COLADAS ANDESITICAS CON ALTERACION ARGÍLICA



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

2) Flujo Traslacional

En estos flujos, el movimiento no es muy rápido, pero tiende a incrementar con la presencia de lluvia. En los deslizamientos traslacionales el desplazamiento se produce sobre una superficie relativamente plana con presencia de leves ondulaciones (ver fotografía 34). La magnitud al igual que los de flujos es muy variable, pero con dimensiones mucho menores. Poseen aproximadamente de 20 m a 25 m de longitud y de 5 m a 8 m de ancho.

FOTOGRAFÍA 34 FLUJO TRASLACIONAL GENERADA POR ESCORRENTÍAS DE AGUA QUE EROSIONARON EL SUELO



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

La intensidad depende en gran medida de la cantidad de plantas y la clase de éstas, por lo general solo han afectado a pequeños arbustos y uno que otro árbol.

3) Reptación

En los deslizamientos la reptación es la más lenta e imperceptible, pero puede ser identificada gracias a la presencia de varios indicadores como la inclinación de árboles y postes hacia la dirección del flujo, la rugosidad de suelo, el desplazamiento de cercas, etc. En el caso del área se estableció gracias al geotropismo de pinos principalmente (ver fotografía 35).

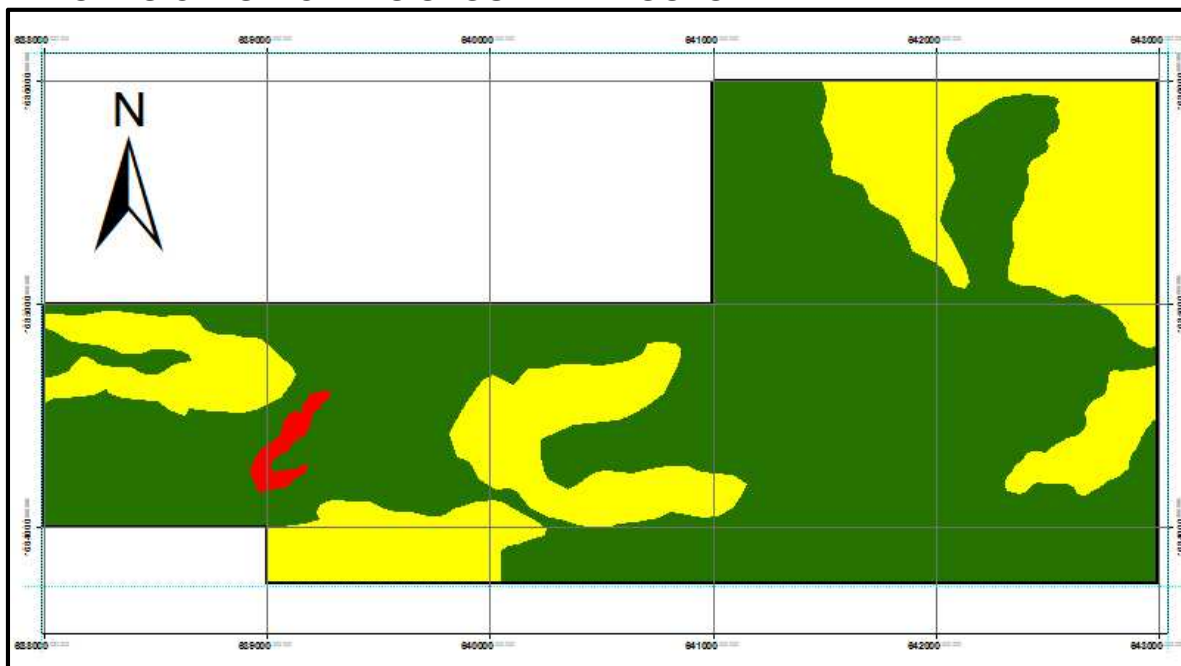
FOTOGRAFÍA 35 RESPTACION EN TOBAS CRISTALINAS



Fuente: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

La magnitud del deslizamiento es de aproximadamente 500 m². En relación a la intensidad afecta a un sin número de árboles, arbustos y varias cercas.

MAPA 3 ZONAS CLASIFICADAS SEGÚN EL ANGULO DE PENDIENTE DE LADERA.



Fuente: Investigación de campo. 2012.

- 0 – 22° → Pendiente Suave
- 22° – 35° → Pendiente Moderada
- 35 – 89° → Pendiente Abrupta

4.3.3 Unidad de Origen Antrópico

Unidad geomorfológica derivada de la acción del hombre, en donde es el principal factor de cambios de topografía, erosión de suelos, cambios de vegetación, entre otras.

a. Subunidad de Canteras (SCan)

Son canteras de explotación mineral a cielo abierto, explotación generada por medio de bancos, los cuales permiten ir descendiendo niveles estabilizando los taludes de la estructura. Las principales unidades litológicas afectadas por la creación de los tajo son la unidad de Coladas Andesíticas y la unidad de Sedimentos Siliciclásticos.

FOTOGRAFÍA 36 VISTA DEL TAJO COCHIS (A) & VISTA DEL TAJO MARLIN (B)



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

Dentro de las canteras se tiene la característica de encontrarse una veta de cuarzo, la cual está controlada por un patrón de fallamiento E-W la cual se extrae para posteriormente mediante procesos de lixiviación separar el mineral con potencial económico del resto.

b. Subunidad De Escombrera (SEsc)

Esta subunidad comprende una área que es utilizada para la acumulación del material estéril proveniente del túnel de extracción de la mina, la cual está constituido en su mayoría por bloque de andesita, como parte de los trabajos de rehabilitación, este material lo han aprovechado para rellenar y restablecer la topografía de la parte central del área de estudio, así como el relleno de los tajos para su posterior clausura.

FOTOGRAFÍA 37 VISTA DE LA ESCOMBRERA, Y EL SISTEMA DE REHABILITACIÓN DEL ÁREA TRABAJADA POR MINA MARLIN



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

La creación de las escombreras y la incorporación de vegetación en los mismos es una medida para mitigar el impacto visual que el distrito minero pueda tener a futuro cuando cierre operaciones,

c. Subunidad De Represa (SRep)

Esta subunidad se caracteriza por ser una área de captación de agua residual la cual a su vez es tratada de tal manera que sea de utilidad, como en riegos o servicios generales, aunque por políticas de la empresa no se le ha denomina como agua potable o bebible.

FOTOGRAFÍA 38 VISTA DE LA REPRESA DE COLAS



Tomada por: Jose Estuardo Alvarado Bermudez. 2012.

Además de servir como captación de aguas residuales, también sirve como desfogue para las distintas vertientes y escorrentías cercanas, evitando que se generen puntos susceptibles a inundaciones.

CAPITULO 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS LITOLÓGICOS

Correspondiente al mapeo superficial geológico, realizado dentro del área de estudio, dentro del cual se ubican las instalaciones de Mina Marlin, así como las comunidades aledañas San Jose Ixcaniche y Agel, en dos tipo de rocas, siendo estos depósitos sedimentarios y rocas ígneas, en la cual la litología fue definida como unidades informales correspondientes a los datos tomados en campo y análisis realizados en laboratorio.

Estratigráficamente se define a la unidad de Sedimentos Siliciclásticos (Sil), como la unidad más antigua, seguido un depósito sedimentario que esta subdividido en las subunidades de Limolitas (Lim) y la subunidad de Areniscas (Arx). Esta unidad se encuentra en contacto fallado, de tipo normal con las unidades de Coladas Andesíticas y Tobas Cristalinas, y es discordante con las Tobas Líticas Pomáceas.

La unidad de Sedimentos Siliciclásticos presenta una marcada estratificación de 19/253, y en muestra de mano y microscópica se observaron rasgos como la mala clasificación que esta presentaba, así como baja esfericidad y una subredondes en los clastos que lo constituyen. Mineralógicamente estaba constituida por fragmentos de feldespatos, cuarzo, fragmentos líticos siendo en su mayoría fragmentos de andesita y una matriz arcillosa muy fina.

La unidad de Coladas Andesíticas se caracteriza por el alto grado de alteración de tal manera que no fue posible encontrar una muestra netamente pura, aunque siempre se logró observar la mineralogía distintiva de este tipo de

roca, estando constituida por plagioclasas de tipo andesina, hornblenda, clinopiroxenos y biotita.

La unidad de Tobas Cristalinas presenta una textura masiva con evidentes fenocristales de feldespatos, basado en el análisis microscópico se logró determinar la presencia de plagioclasa andesina, piroxenos alterados y biotita.

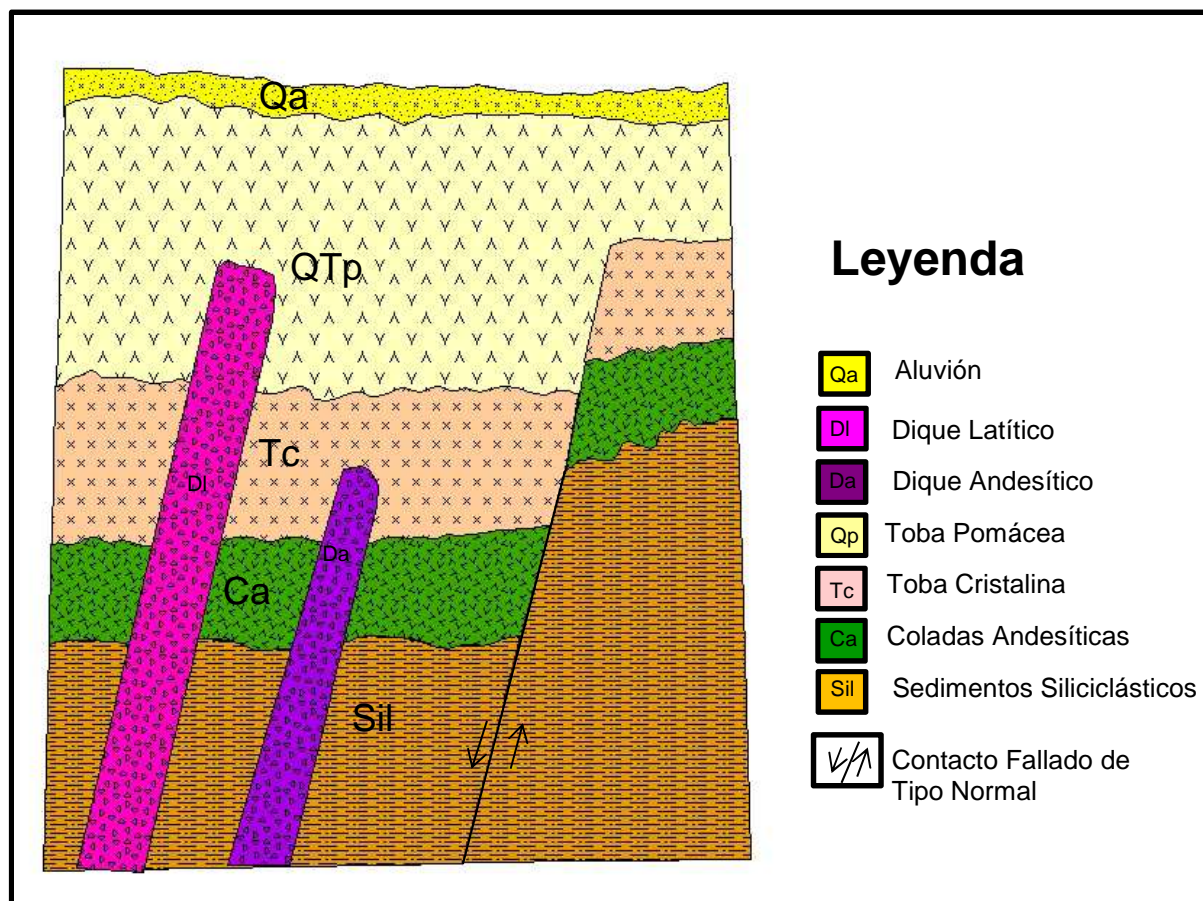
Una característica importante fue la presencia de dos tipos de diques siendo uno de constitución latítico y otro con constitución andesítico, ambos controlados por el patrón de fallamiento N-E.

La unidad de Toba Lítica Pomácea (QTp), es la unidad de mayor extensión en el área de estudio, depositada en la parte Oeste, Norte y Centro del área de estudio. La unidad consiste en una toba de cuya matriz está constituida por ceniza volcánica la cual fue transportada por el viento depositándose sobre el suelo y compactándose por la presión ejercida por las capas más superficiales. Dicha matriz captura varios fragmentos líticos en su mayoría fragmentos de andesita.

La unidad de Aluvión (Qa), es estratigráficamente la unidad más reciente conformada por sedimentos transportados a través de los ríos del área de estudio.

En la figura 13 se esquematiza como es que las distintas unidades están dispuestas espacialmente, así como una referencia del espesor que pueden llegar a tener cada una de las unidades litológicas y como el fallamiento afecta la disposición de las mismas.

FIGURA 13
SECCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA LOCAL



Fuente: Investigación de campo. 2012.

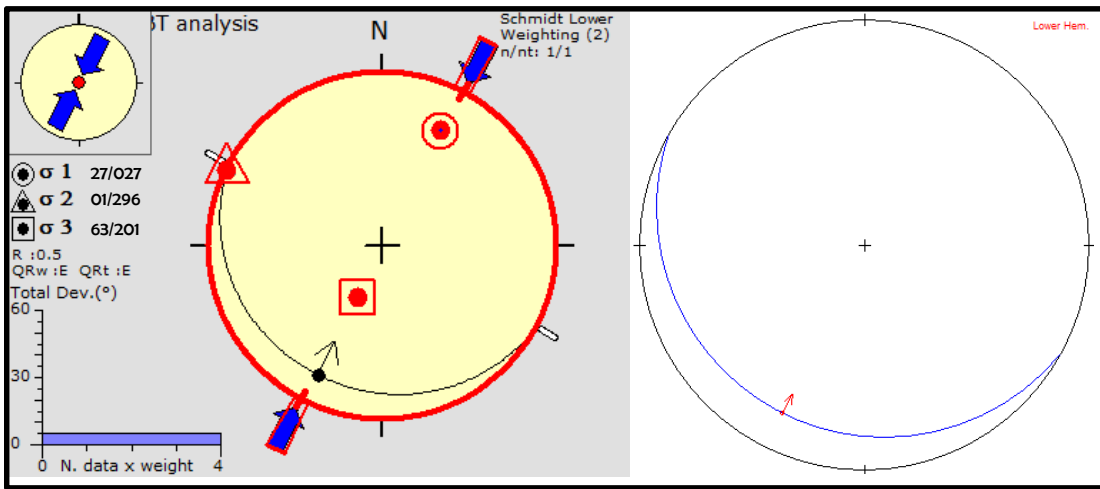
5.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN ESTRUCTURAL

5.2.1 Fallas

En base al análisis e interpretación de los estereogramas con los datos de campo, 2 patrones principales de fallamiento, a los cuales se les atribuyen la mayor influencia en la deformación estructural del área de estudio.

De acuerdo al estereograma de la figura 14 se observa una falla inversa pura que tiene una dinámica de esfuerzos con orientación de: Sigma 1=N027°; Sigma 3=N201.

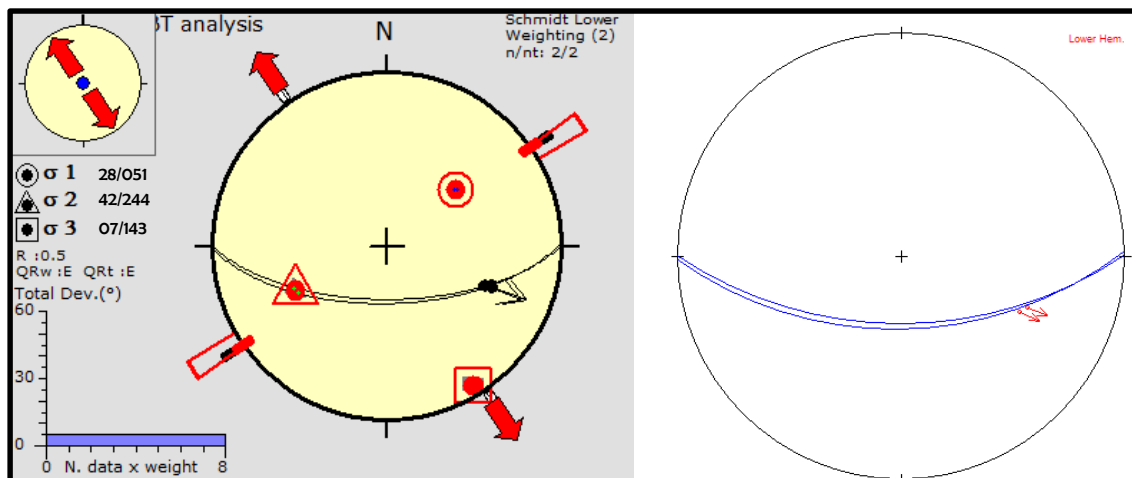
FIGURA 14
ESTEREOGRAMA DE LA FALLA INVERSA PURA, DETERMINANDO LOS
ESFUERZOS DE SIGMA 1 Y SIGMA 3.



Fuente: Investigación de campo. 2012.

De la misma forma se determinaron dos fallas normales correspondientes al sistema sinistral, las cuales están asociadas al fallamiento con patrón *E-W*; esta tiene una dirección de sigma 1=N051°, Sigma 3=143°. (Ver figura 15)

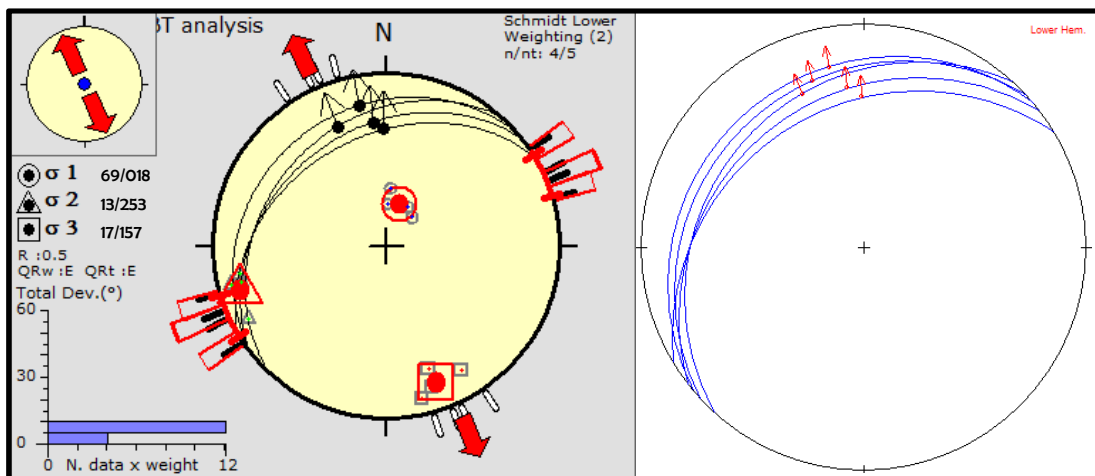
FIGURA 15
ESTEREOGRAMA DE LAS FALLAS NORMALES CORRESPONDIENTES AL
SISTEMA SINISTRAL, ASOCIADAS AL PATRÓN DE FALLAMIENTO *E-W*
DETERMINANDO LOS ESFUERZOS DE SIGMA 1 Y SIGMA 3



Fuente: Investigación de campo. 2012.

De igual manera en base a la interpretación de los datos de campo en los estereogramas, se analizaron las fallas normales puras, las cuales están asociadas al fallamiento con patrón N-E; esta tiene una dirección de sigma 1=N021°, Sigma 3=N131°. (Ver figura 16)

FIGURA 16
ESTEREOGRAMA DE LAS FALLAS NORMALES PURAS, ASOCIADAS AL
PATRÓN DE FALLAMIENTO N-E DETERMINANDO LOS ESFUERZOS DE SIGMA
1 Y SIGMA 3.



Fuente: Investigación de campo. 2012.

5.2.3 Modelos Estructurales

En la elaboración del modelo estructural local, se formaron una diversidad de modelos parciales, basados en la interacción de los esfuerzos en cada estructura, indicando su relación dinámica con los esfuerzos principales.

Para un modelo de deformación sinistral se distinguen las siguientes estructuras y su orientación de esfuerzos individuales. (Ver tabla7)

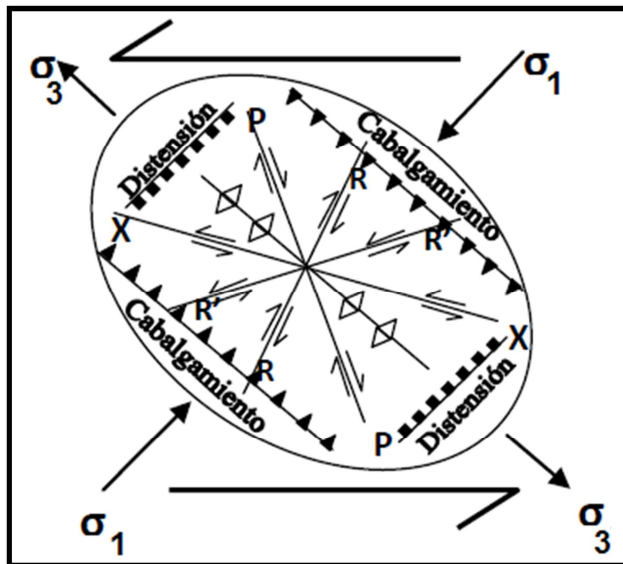
TABLA 8
RESULTADOS ESTRUCTURALES PARCIALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL
MODELO GENERAL

ESTRUCTURAS	ORIENTACION δ_1	ORIENTACION δ_3
Falla Inversa	N027°	N201°
Falla Normal	N018°	N157°
Falla Normal-Sinestral	N051°	N143°

Fuente: Investigación de campo. 2012.

El modelo general propuesto mediante el análisis estructural se ajusta a una elipse de deformación de tipo sinestral, lo que coincide con los esfuerzos de la zona de falla Cuilco-Chixoy-Polochic. (Ver figura 17)

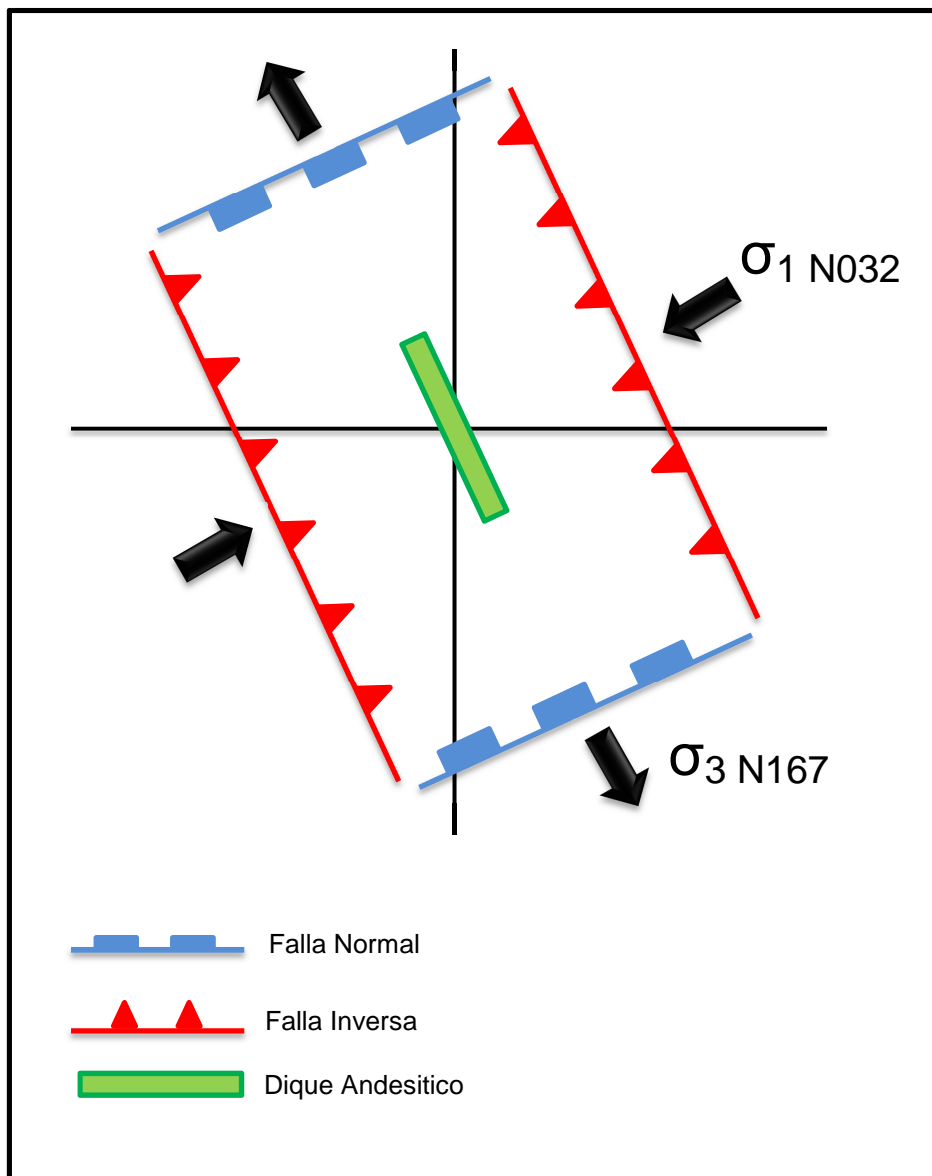
FIGURA 17
ELIPSE DE DEFORMACIÓN DE UN MOVIMIENTO SINISTRAL



Fuente: modificado de Burkart, Burke. *Definición de la falla de Polochic y sistema de falla de Izabal*. Departamento de geología. Texas: CGN, 1 992.

En la figura 18 se tiene el estructural local para el área de estudio, que tienen congruencia con el modelo teórico de deformación regional.

FIGURA 18
MODELO ESTRUCTURAL LOCAL



Fuente: Investigación de campo. 2012.

5.3 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN GEOMORFOLÓGICA

La geomorfología del área se define según las pendientes, litología, rasgos estructurales y áreas transformadas por el hombre. Las zonas de mayor pendientes esta asociadas a las tobas cristalinas, esta unidad tiene un mayor grado de susceptibilidad a la erosión y meteorización.

Las unidades de Sedimentos Siliciclásticos y Toba Cristalina son las más afectadas por la unidad geomorfolica denominada denudacional, la cual está asociada a la erosión, remanente por escorrentías generadas por lluvias repentinas, las cuales agrietan la roca. El transporte de sedimentos más importante se localiza al Norte del área de estudio a lo largo del rio, creando a su paso terrazas aluviales que a su vez erosiona el relieve.

Las unidades geomorfológicas identificadas son: Unidad de origen agradacional, Unidad de origen denudacional y Unidad de origen antrópico. Estas hacen referencia a la génesis de su desarrollo, has sido delimitadas con geoformas, endientes y rasgos topográficos visas con el modelo de elevación digital DEM.

El relieve originado a partir de la Unidad de origen agradacional, consiste en laderas con pendiente muy baja básicamente son planicies producto de la erosión en la Unidad de origen denudacional las endientes son menos pronunciadas, están controladas por socavación y caída de bloques de roca desde pendientes más moderadas con mayor susceptibilidad a la erosión.

CONCLUSIONES

CONCLUSIÓN GENERAL

Se determinó la existencia de 3 tipos de alteraciones de las cuales las zonas de alteración propilítica y sílica responden a un control estructural con una orientación E-W, mientras que la disposición de la alteración argílica está en función a un patrón de fallamiento N-E. Especialmente se centra más la alteración sílica la cual es la responsable del emplazamiento de mineral de interés económico, mientras que las alteraciones propilítica y argílica zonalmente generan una aurora que recubre la zona donde se encuentra la falla Virginia dentro de lo que es el tajo Marlin.

La alteración propilítica se caracteriza por asociaciones minerales como clorita-calcita-pirita; clorita-epidota-calcita y clorita-epidota-pirita, minerales ricos en calcio, los cuales tienden a alterar a minerales como las plagioclasas. La alteración argílica está en función de 2 minerales reconocida en el campo, como lo son las arcillas blanquecinas amorfas y el caolín, los cuales suelen alterar a los feldespatos de la roca caja. Y la última alteración descrita es la sílica, alteración que se pudo observar de 2 maneras, ya sea rocas reemplazadas completamente por sílice u otras menores que se ven afectadas solamente en la matriz donde frecuentemente el cuarzo, genera una textura de mosaico, y se halla entrecrecidos con illita

CONCLUSIONES ESPECÍFICAS

Mediante un control estructural se logró establecer y zonificar 3 tipos de alteraciones hidrotermales siendo estas la alteración propilítica, la alteración argílica y la alteración sílica.

El área de estudio posee una cinemática regional de tipo sinestral, que coincide con el modelo del sistema Chixoy-Cuilco-Polochic. Los esfuerzos principales poseen una dinámica con orientación de Sigma 1 de N 032 y Sigma 3 N167.

Se definieron 6 unidades informales litológica estando distribuidas de la más antigua a la más reciente: Sedimentos siliciclásticos, la cual a su vez se subdivide en: subunidad de limolitas y subunidad de areniscas. Seguido por la unidad de coladas andesíticas, luego la unidad tobas cristalinas, unidad de rocas hipoabísales que se subdivide en: subunidad de dique latítico y subunidad de dique andesítico, unidad de tobas líticas pomácea y unidad de aluvión.

Se determinó tres unidades geomorfológicas, siendo estas: unidad de origen agradacional, unidad de origen denudacional y unidad de origen antrópico. La unidad agradacional se subdivide en: depósitos y terrazas aluviales. La unidad de origen denudacional describe los diferentes movimientos de laderas expuestos en el área de estudio, siendo estos flujos de suelo, flujos traslacionales y de reptación. Por último la unidad antrópica que se divide en canteras, escombrera y la represa de Colas.

RECOMENDACIONES

- Promover una distribución demográfica adecuada en función de las necesidades de la población y características del terreno. Realizar estudios de riesgo de movimientos de ladera, con punto de partida en el inventario de deslizamientos propuesto y establecer de una mejor forma los factores condicionantes y detonantes de los mismos.
- Llevar a cabo un análisis químico para determinar de mejor forma la mineralogía de las alteraciones existentes dentro del área de estudio con el fin de determinar los cambios mineralógicos que ha sufrido el protolito.
- Darle seguimiento al análisis de áreas con presencia de alteraciones ya que este serviría como un indicativo de posibles áreas con alto índice de mineralización.

BIBLIOGRAFÍA

- Burkart, Burke. *Definición de la falla de Polochic y sistema de falla de Izabal*. Texas, Estado Unidos de América; Tahoe Resource: Departamento de Geología, 1 992.
- Camprubí, Antoni. “Depósitos epitermales de alta y baja sulfuración”. *Sociedad Geológica Mexicana*. LVI.-1 (junio de 2 003).
- Fontboté, Luis. *Latin American UNESCO-SEG-SGA Course of Metallogeny in Quito, Ecuador*, Junio 2003. https://cms.unige.ch/sciences/terre/research/Groups/mineral_resources/latinometal/quito14/seg_newsletter_98_2014_july.pdf (18 de diciembre de 2 012).
- Klug Aguilar, María José. *Cartografía Geológica en San Marcos: Caracterización de las zonas de alteración del Proyecto Marlin, San Miguel Ixtahuacán*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2 009.
- López Vaides, Byron Eduardo. *Mapeo geológico al suroeste de la mina Marlin empresa Montana exploradora: Cartografiado Geológico y Muestreo de rocas en los alrededores del Río Tzala, municipio San Miguel Ixtahuacán*. Trabajo Final de Campo. Técnico en Geología. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2 009.
- Matasovic, Neven. *Comisión interinstitucional para analizar el fenómeno de agrietamiento de paredes en casas adyacentes al proyecto minero Marlin I*, San Marcos Julio 2 010. <http://www.comision-transparencia.info/wp-content/uploads/2011/10/Geologia-LOCAL.pdf>. (18 de diciembre de 2 012).
- Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación. –MAGA-. *Atlas temático de las cuencas hidrográficas de la república de Guatemala*. Guatemala: Unidad de Planificación Geográfica y Gestión de Riesgo, 2 005.

Paiz Schwartz, Gerardo. *Degradación ambiental y desastres en Guatemala*. Guatemala. Programa de Atención Movilización e Incidencia por la Niñez y la Adolescencia -PAMI-. 2 007. <http://www.pami-guatemala.org/Documentos/Asdena/Libro1Asdena.pdf> (20 de diciembre de 2 012).

Rose, A.W. y DM., Burt. *Hydrothermal Alteration. En: Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits*. Michigan, United States Of America. Barnes, Wiley Interscience Publication, 1 979.

Simmons, Charles. Et. Al., *Clasificación de reconocimiento de los suelos de la república de Guatemala*. <http://es.scribd.com/doc/87085383/serie-de-suelos> (20 de diciembre de 2 012).



V.º B.º
Adán García Veliz

Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario

Anexos

ANEXO I DESCRIPCIÓN DE SECCIONES DELGADAS

DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: 1		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS: AB6-CAn	
FECHA: Agosto 2 012		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: WGS 84	UTM_Norte: 1683866	UTM_Este: 639733	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Carretera entre Mina Marlín y Municipio de Sipacapa			
HOJA TOPO/GEO: Topográfica	NOMBRE: Santa Bárbara 1861-I	SERIE: E754	ESCALA: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: José Estuardo Alvarado Bermúdez			

TIPO DE ROCA:	DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
Ígnea	DISPOSICIÓN: In Situ, Coladas
NOMBRE DE LA ROCA: Coladas Andesíticas	LITOLOGÍA: Andesita
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Triangulo de Streckeisen	ESTRUCTURAS: -----

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
MINERALES ESENCIALES: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Plagioclasa (Andesina) 30% ▣ Hornblenda 7% ▣ Clinopiroxenos 5% ▣ Matriz Afánítica 55%
MINERALES ACCESORIOS Biotita 3%
MINERALES OPACOS -----
MICROTEXTURA Porfídica

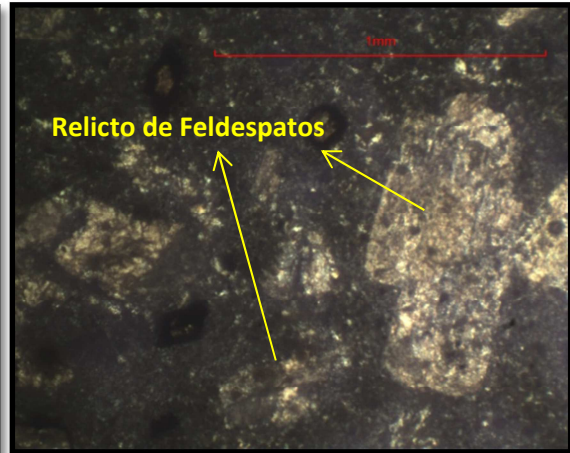
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: II Ligeramente Meteorizada	COLOR: Gris
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Feldespatos y Minerales Máficos	
TEXTURA: Afanítica	
ALTERACIÓN Argílica	

FOTOGRAFÍAS

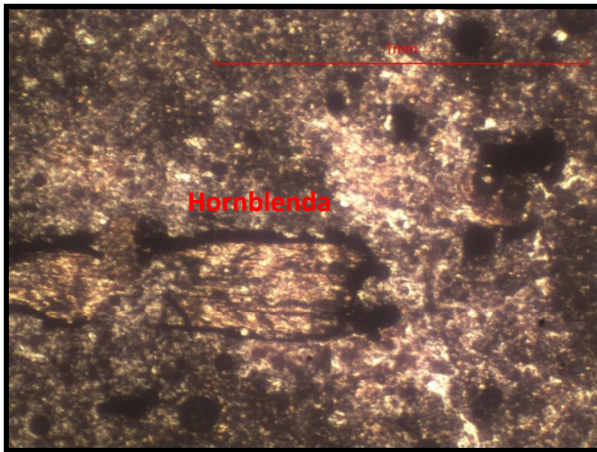
Fotografía 1: Afloramiento



Fotografía 2: Relictos de Feldespatos, por alteración argílica, Vista XPL.



Fotografía 3: Relictos de Hornblenda, por alteración argílica, Vista XPL.



DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: 2		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS: AB1-SIL	
FECHA: Agosto 2 012		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: WGS 84	UTM_Norte: 1683751	UTM_Este: 0640684	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Carretera a San José Nueva Esperanza, San Miguel Ixtahuacan			
HOJA TOPO/GEO: Topográfica	NOMBRE: Santa Bárbara 1861-I	SERIE: E754	ESCALA: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: José Estuardo Alvarado Bermúdez			

TIPO DE ROCA: Sedimentaria	DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
NOMBRE DE LA ROCA: Sedimentos Siliciclasticos	DISPOSICIÓN: In Situ, Estratificada
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Pettijohn et al. 1987	LITOLOGÍA: Siliciclasticos
	ESTRUCTURAS: Estratificación

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
MINERALES ESENCIALES: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Fragmentos Líticos 45% ▣ Cuarzos 15% ▣ Matriz Afánítica 38%
MINERALES ACCESORIOS Epidota 2%
MINERALES OPACOS -----
MICROTEXTURA -----

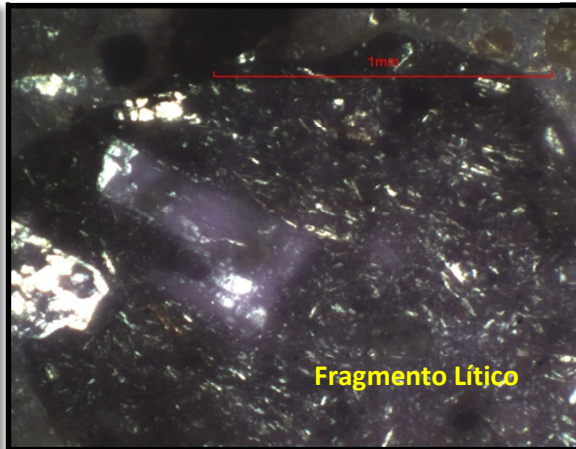
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: II Leve Meteorización	COLOR: Café-Marrón
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Fragmentos líticos y Cuarzo	
TEXTURA: -----	
ALTERACIÓN	
Leve Propilitización	

FOTOGRAFÍAS

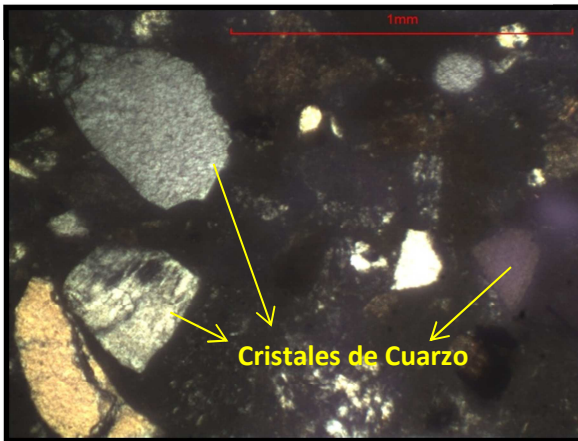
Fotografía 1: Afloramiento



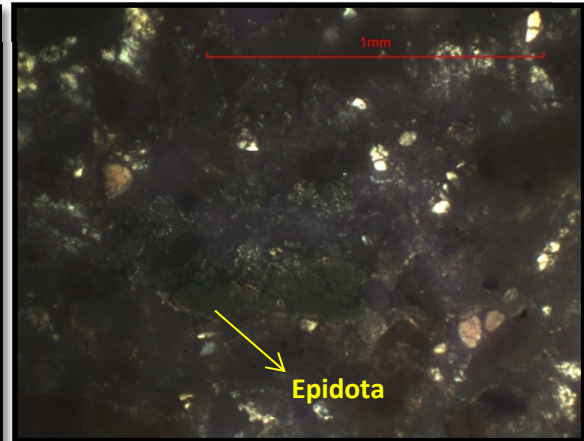
Fotografía 2: Fragmentos Líticos, de Andesita, Vista XPL



Fotografía 3: Cristales de cuarzo, Vista XPL



Fotografía 4: Fragmento de Epidota, Vista XPL



DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: 3		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS: AB3-DL	
FECHA: Agosto 2 012		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: WGS 84	UTM_Norte: 1683759	UTM_Este: 0641072	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Carretera entre Mina Marlín y Municipio de Sipacapa			
HOJA TOPO/GEO: Topográfica	NOMBRE: Santa Bárbara 1861-I	SERIE: E754	ESCALA: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: José Estuardo Alvarado Bermúdez			

TIPO DE ROCA: Ígnea	DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
NOMBRE DE LA ROCA: Dique Latítico	DISPOSICIÓN: In Situ, Intrusión
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Streckeisen	LITOLOGÍA: Dique
	ESTRUCTURAS: -----

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
MINERALES ESENCIALES: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Plagioclasa Andesina 33% ▣ Biotita 9% ▣ Cuarzo 5% ▣ Matriz Afánítica 49%
MINERALES ACCESORIOS -----
MINERALES OPACOS Pirita 4%
MICROTEXTURA Fluidal

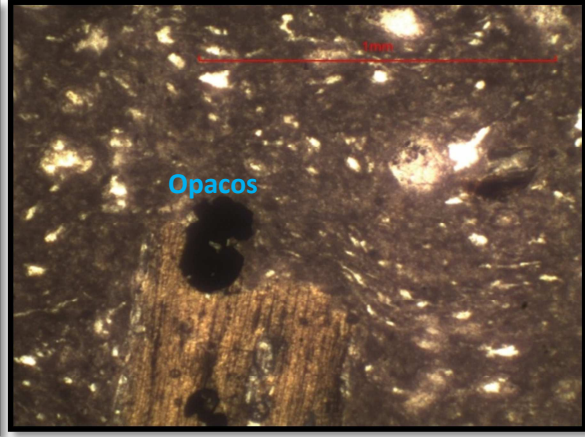
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: II Ligeramente Meteorizada	COLOR: Café
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Plagioclasas - Biotita	
TEXTURA: -----	
ALTERACIÓN Silíceo	

FOTOGRAFÍAS

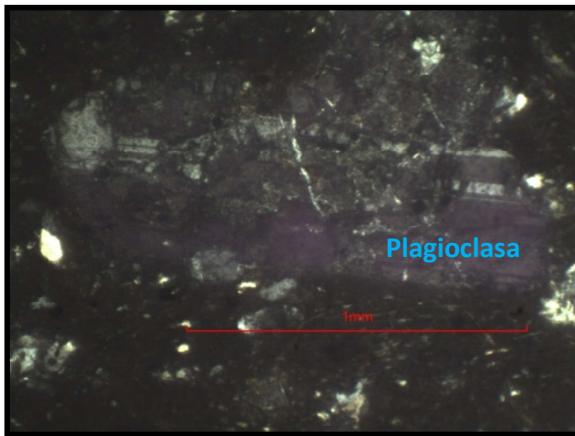
Fotografía 1: Afloramiento



Fotografía 2: vista de minerales opacos, textura Fluidal generada por alteración Sílica, Vista XPL.



Fotografía 3: cristales de feldespatos, Vista XPL.



Fotografía 4: cristal de Biotita, Vista XPL.



DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: 4		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS: AB7-CA	
FECHA: Agosto 2 012		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: WGS 84	UTM_Norte: 1684085	UTM_Este: 0639188	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Carretera entre Mina Marlín y Municipio de Sipacapa			
HOJA TOPO/GEO: Topográfica	NOMBRE: Santa Bárbara 1861-I	SERIE: E754	ESCALA: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: José Estuardo Alvarado Bermúdez			

TIPO DE ROCA: Ígnea	DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
NOMBRE DE LA ROCA: Coladas Andesíticas	DISPOSICIÓN: In Situ, Coladas
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Streckeisen	LITOLOGÍA: Andesita
	ESTRUCTURAS: -----

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
MINERALES ESENCIALES: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Plagioclasa Andesina 37% ▣ Clinopiroxenos alterados 10% ▣ Anfíboles 5% ▣ Matriz Afánítica 44%
MINERALES ACCESORIOS -----
MINERALES OPACOS <ul style="list-style-type: none"> ▣ Pirita 4%
MICROTEXTURA Amigdal - Moteada

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: II Ligeramente Meteorizada	COLOR: Verde Claro
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Plagioclasa – Piroxeno - Anfíboles	
TEXTURA: -----	
ALTERACIÓN Propilítica	

FOTOGRAFÍAS

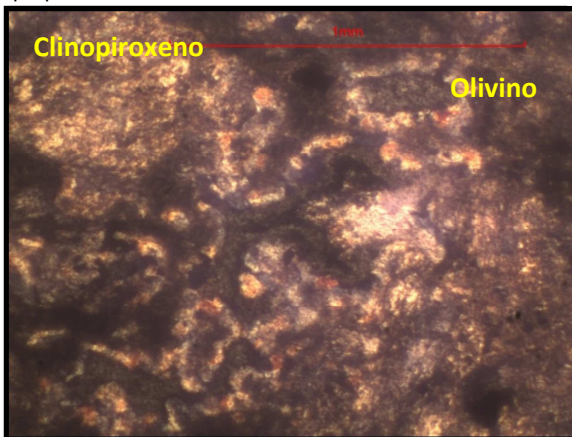
Fotografía 1: Afloramiento



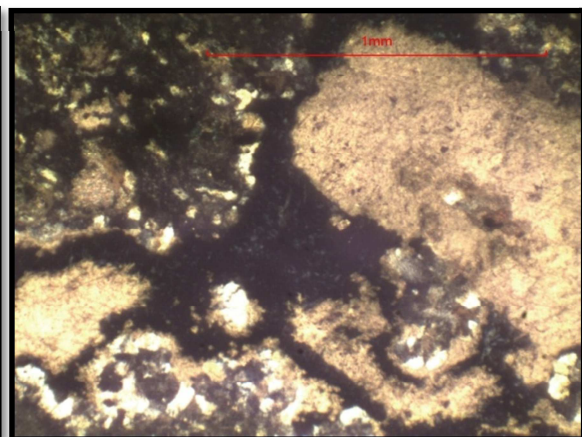
Fotografía 2: Plagioclasa alterada propiliticamente, Vista XPL.



Fotografía 3: olivinos y clinopiroxenos alterados propiliticamente, textura moteada, Vista XPL.



Fotografía 4: Textura Amigdal, Vista XPL.



DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: 5		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS: AB4-DA	
FECHA: Agosto 2 012		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: WGS 84	UTM_Norte: 1683942	UTM_Este: 0639434	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: Carretera entre Mina Marlín y Municipio de Sipacapa			
HOJA TOPO/GEO: Topográfica	NOMBRE: Santa Bárbara 1861-I	SERIE: E754	ESCALA: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: José Estuardo Alvarado Bermúdez			

TIPO DE ROCA: Ígnea	DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
NOMBRE DE LA ROCA: Dique Andesítico	DISPOSICIÓN: Dique
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Streckeisen	LITOLOGÍA: Andesita
	ESTRUCTURAS: -----

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
MINERALES ESENCIALES: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Plagioclasa Andesina 34% ▣ Piroxenos alterados 8% ▣ Anfíboles 6% ▣ Matriz Afanítica 45%
MINERALES ACCESORIOS <ul style="list-style-type: none"> ▣ Biotita 2%
MINERALES OPACOS <ul style="list-style-type: none"> ▣ Pirita 5%
MICROTEXTURA <ul style="list-style-type: none"> ▣ Textura Amigdal y Porfídica

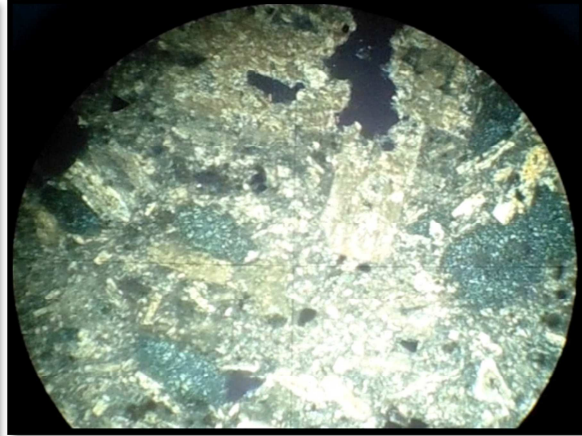
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: II Ligeramente Meteorizada	COLOR: Verde Oscura
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Feldespato – Piroxeno - Anfíbol	
TEXTURA: -----	
ALTERACIÓN Propilítica	

FOTOGRAFÍAS

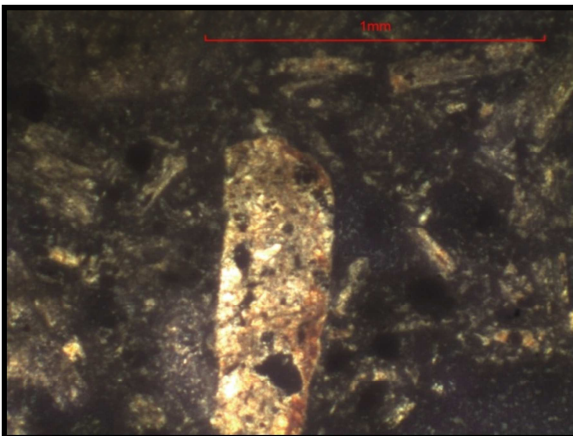
Fotografía 1: Afloramiento



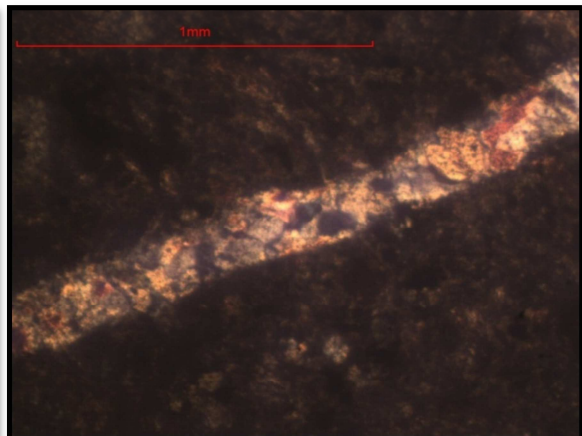
Fotografía 2: Matriz Afanítica, Vista XPL



Fotografía 3: Cristales de plagioclasas alteradas propiliticamente, Vista XPL.



Fotografía 4: Fracturas rellenas de Calcita, Vista XPL.



DESCRIPCIÓN DE MUESTRA

DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: 6		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS: AB5-TC	
FECHA: Agosto 2 012		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: WGS 84	UTM_Norte: 1684546	UTM_Este: 0638743	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: a inmediaciones de la comunidad Antena			
HOJA TOPO/GEO: Topográfica	NOMBRE: Santa Bárbara 1861-I	SERIE: E754	ESCALA: 1:50,000
ANÁLISIS Y MUESTREO: José Estuardo Alvarado Bermúdez			

TIPO DE ROCA: Ígnea	DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO
NOMBRE DE LA ROCA: Toba Cristalina	DISPOSICIÓN: In Situ, Depósitos
CLASIFICACIÓN UTILIZADA: Teruggi et al. 1978	LITOLOGÍA: Tobas
	ESTRUCTURAS: -----

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA
MINERALES ESENCIALES: <ul style="list-style-type: none"> ▣ Plagioclasa Andesina 36% ▣ Piroxenos alterados 6% ▣ Biotita 4% ▣ Líticos 5 % ▣ Matriz Vítreo (pómez) 47%
MINERALES ACCESORIOS -----
MINERALES OPACOS <ul style="list-style-type: none"> ▣ Opacos 2%
MICROTEXTURA <ul style="list-style-type: none"> ▣ Textura Afánitica ▣ Textura Porfídica

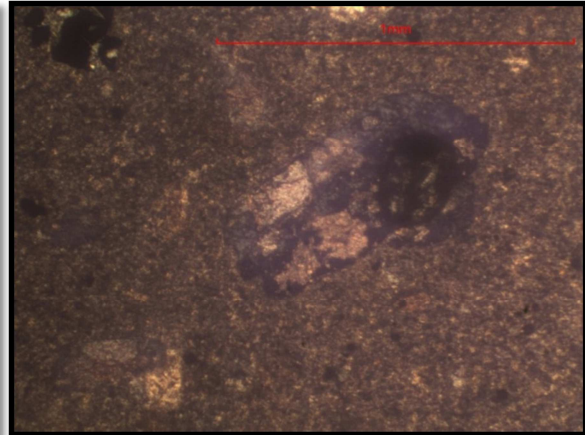
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA	
GRADO DE METEORIZACIÓN: III Moderadamente Meteorizada	COLOR: Gris-Blanquecina
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA: Biotita-líticos-feldespatos	
TEXTURA: -----	
ALTERACIÓN Argílica	

FOTOGRAFÍAS

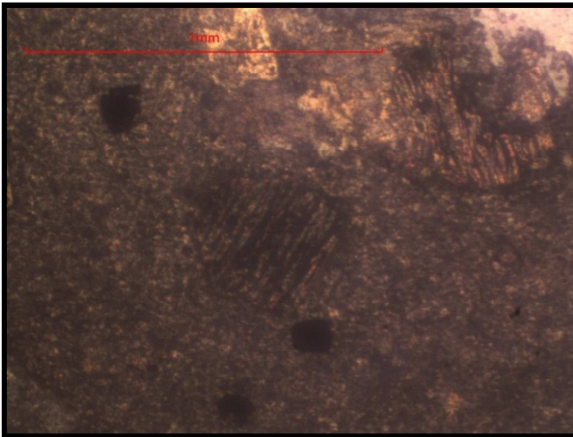
Fotografía 1: Afloramiento



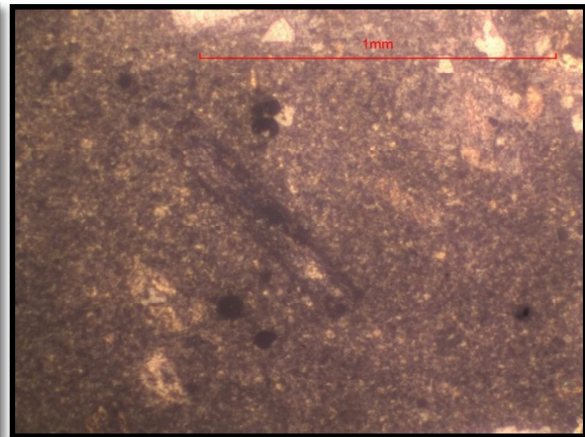
Fotografía 2: cristales de plagioclasas, afectados por alteración argílica, Vista XPL.



Fotografía 3: cristales de piroxenos, afectados por alteración argílica, Vista XPL.



Fotografía 4: cristales de biotita, afectados por alteración argílica, Vista XPL.

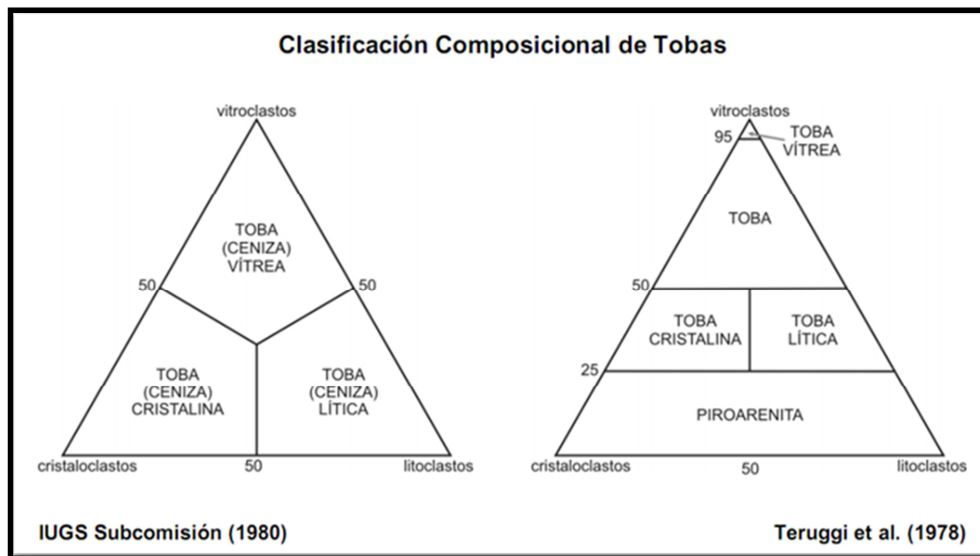


ANEXO II ESCALA DE METEORIZACIÓN

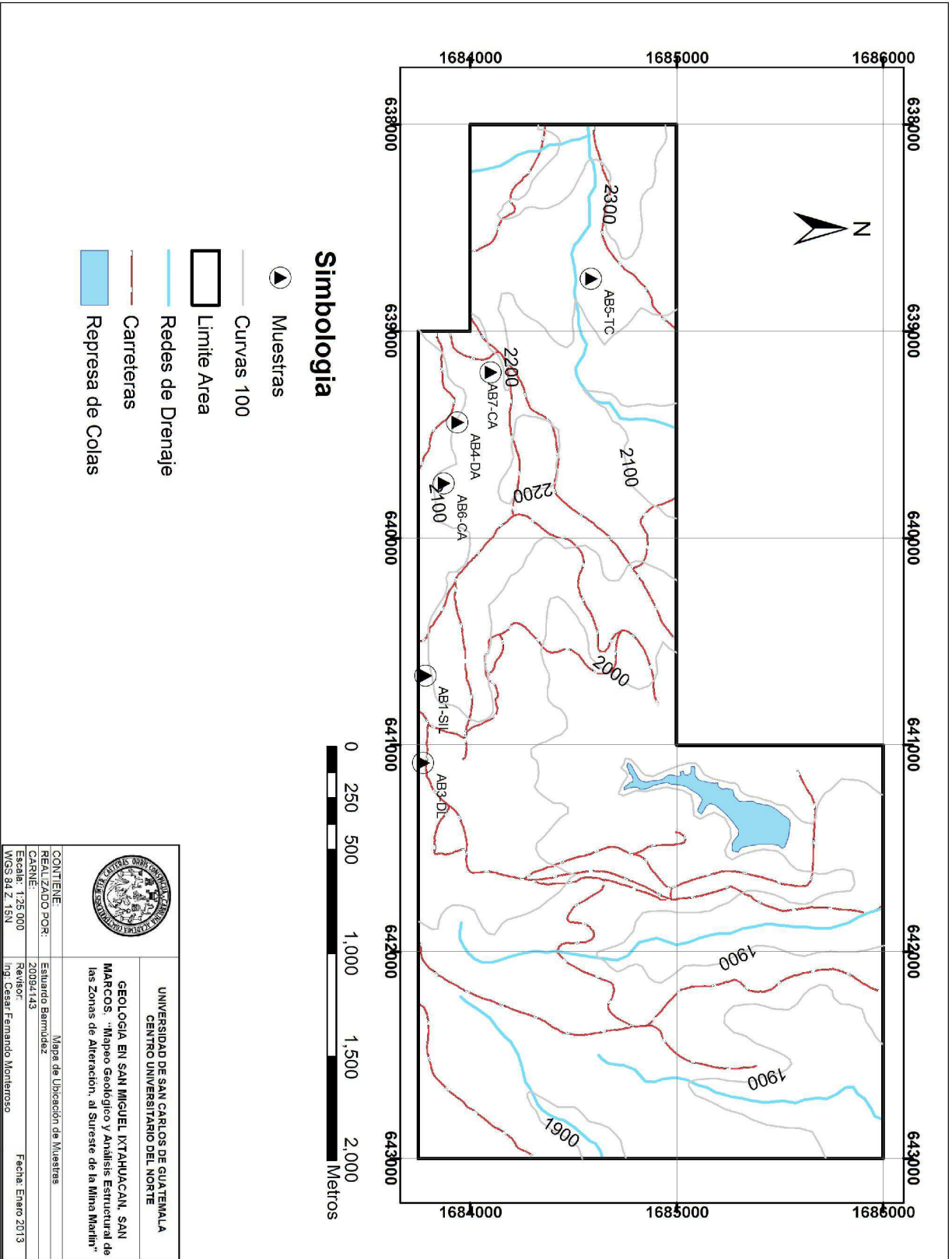
GRADO	DENOMINACIÓN	CRITERIOS
I	Roca sana o fresca	No presenta signos visibles de meteorización.
II	Roca ligeramente meteorizada	La roca y planos presenta signos de decoloración
III	Roca moderadamente meteorizado	La roca está decolorada en la pared, empieza a penetrar al interior.
IV	Roca meteorizada o muy meteorizada	Más de la mitad de material está descompuesto a suelo
V	Roca completamente meteorizada	Todo el material está descompuesto a suelo.
VI	Suelo residual	La roca es suelo y no se reconoce ninguna estructura. ni textura original

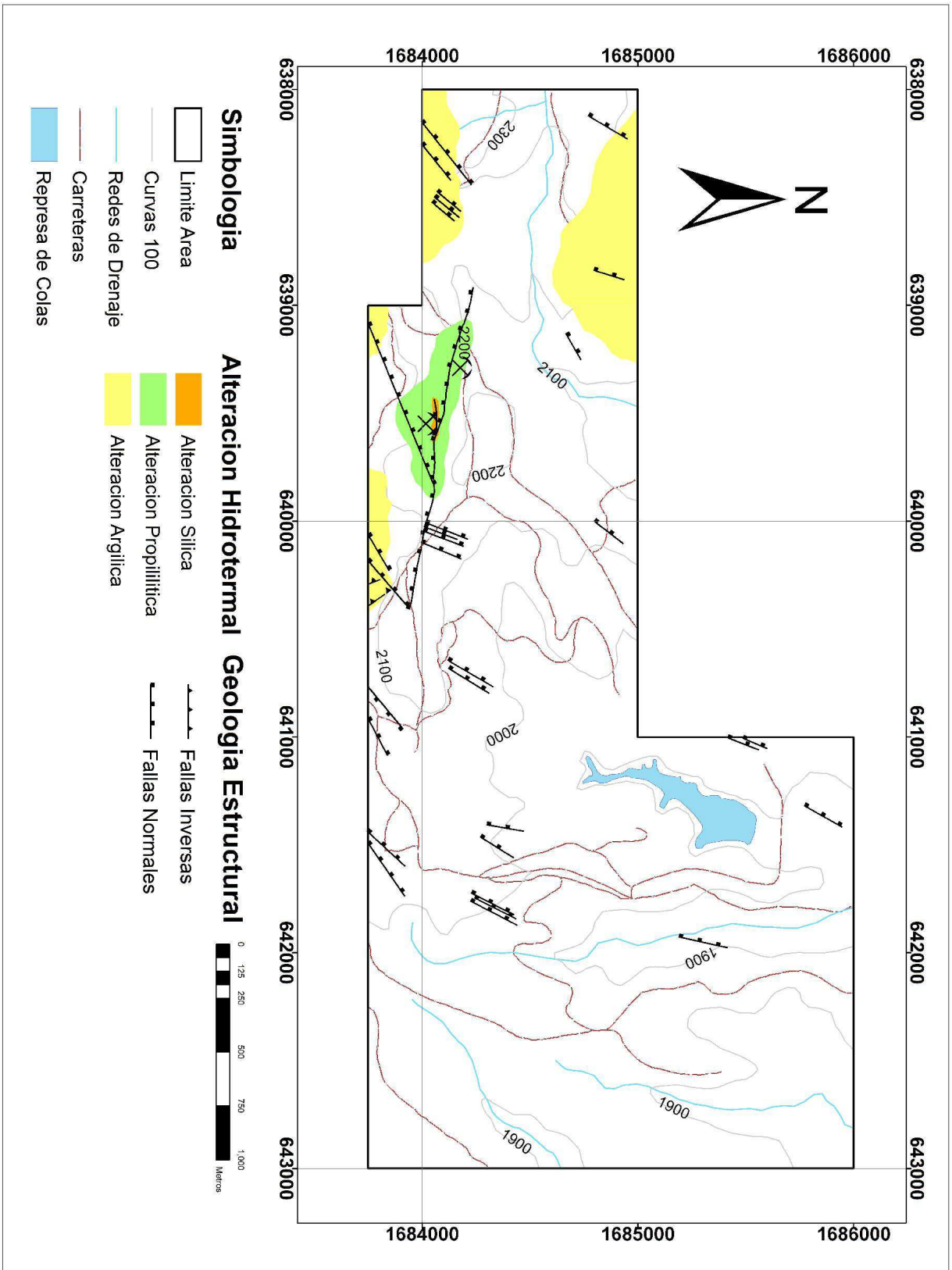
Fuente: Garces, Berenice. *“Propuesta Metodológica para el Desarrollo de la Cartografía Geomorfológica para la Zonificación Geomecánica”*, Bogotá, Colombia. Diciembre de 2 004. Disponible en: <https://es.scribd.com/doc/105419689/cartilla-geomorfologia-INGEOMINAS> (19/12/2012).

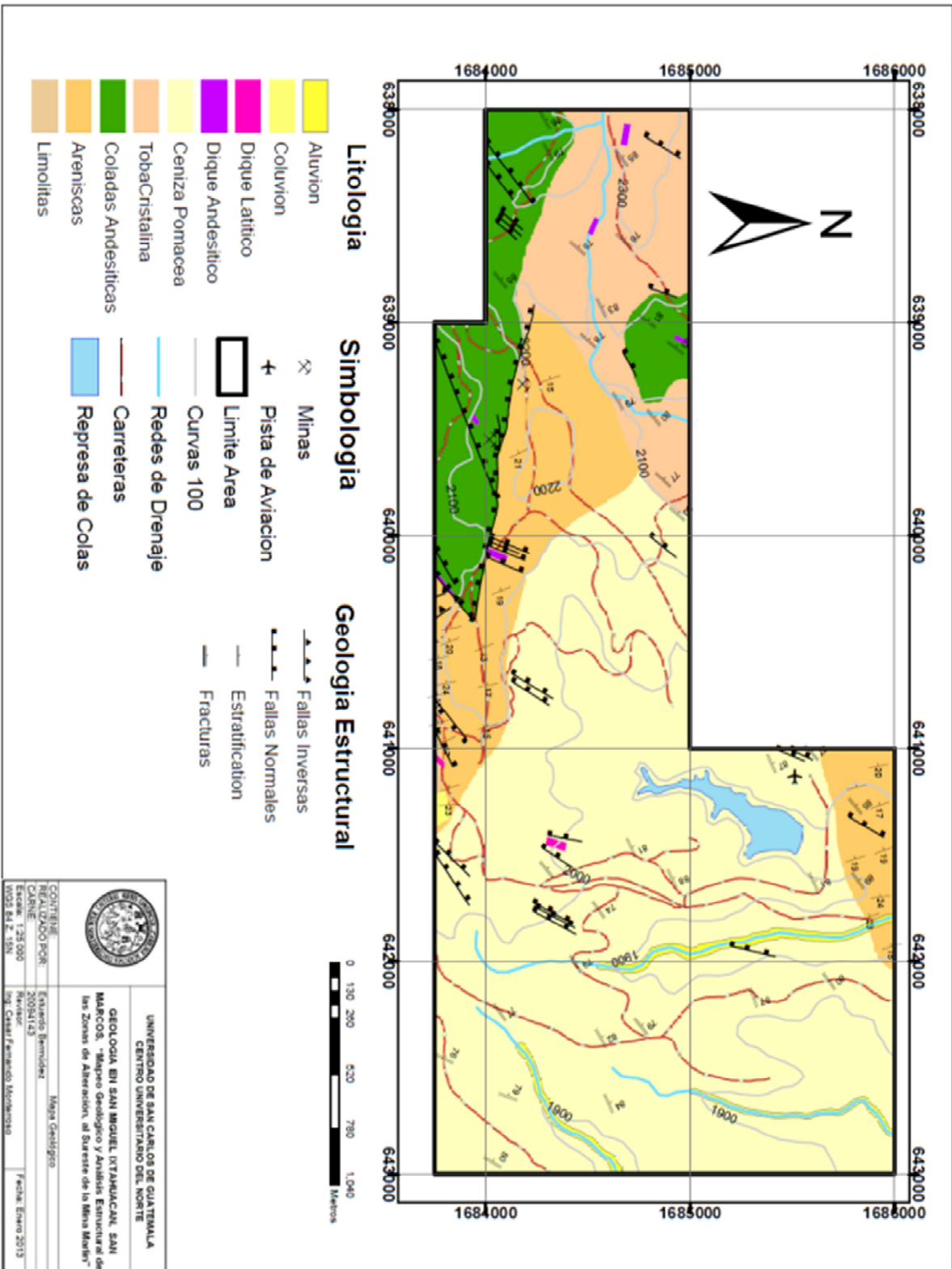
ANEXO III CLASIFICACIÓN COMPOSICIONAL DE TOBAS

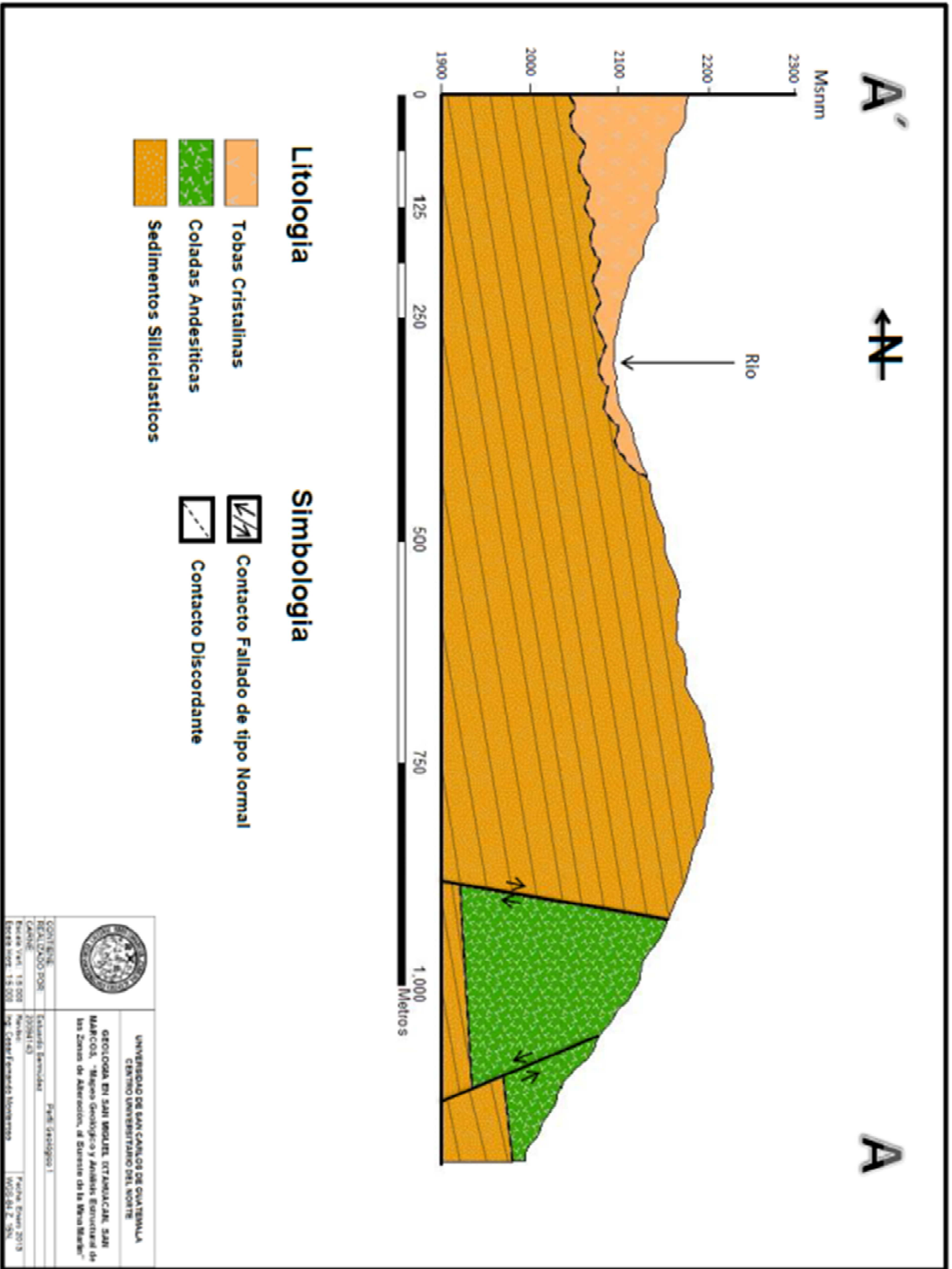


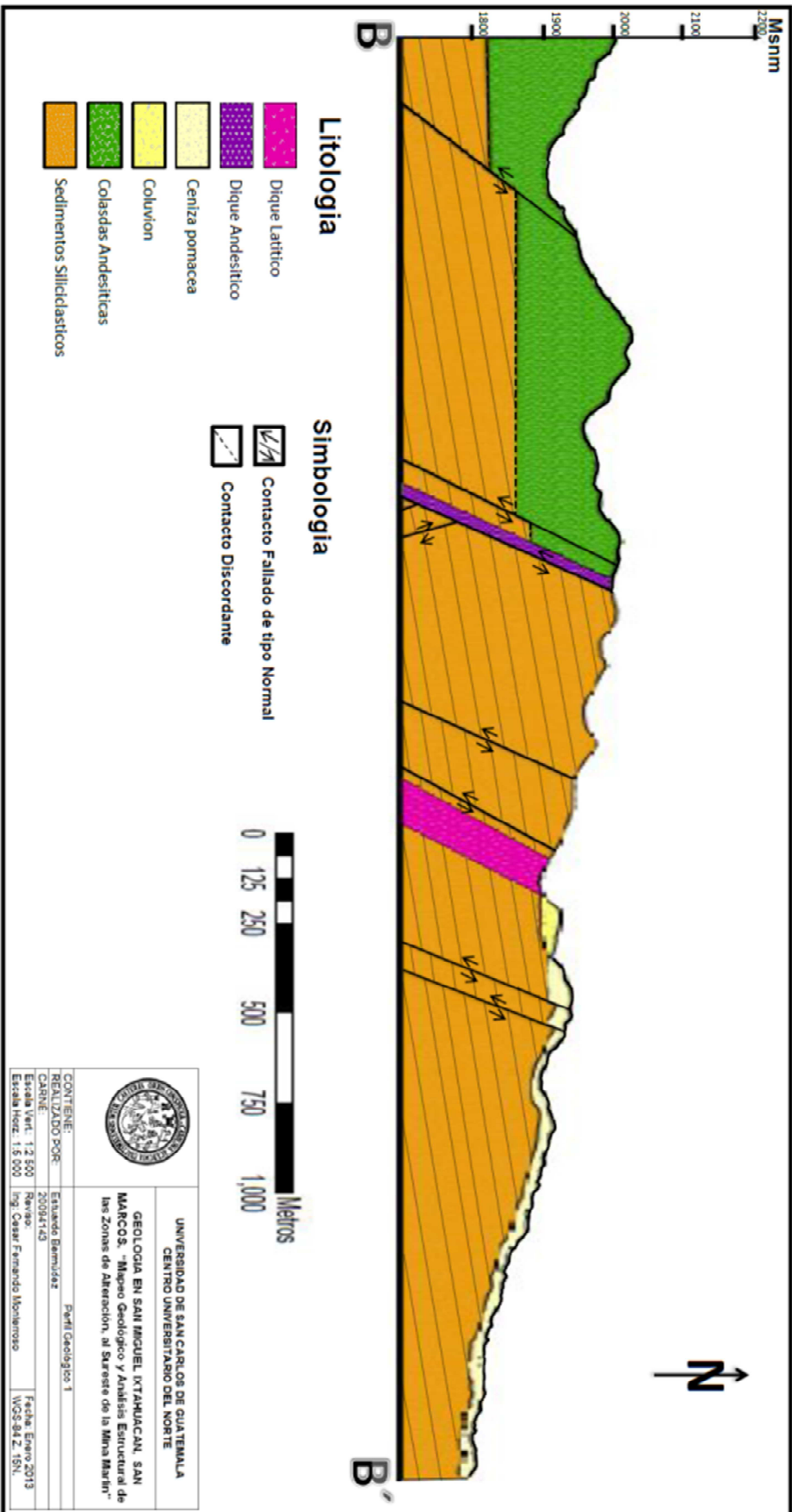
Fuente: Teruggi, Et. Al., *Clasificación composicional de Tobas*, disponible en: <http://www.geovirtual2.cl/geologiageneral/ggcap04g.html> (19/12/12).













CUNOR | **CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE**
Universidad de San Carlos de Guatemala

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

GEOLOGÍA

Al trabajo titulado:

GEOLOGÍA EN SAN MIGUEL IXTAHUACÁN, SAN MARCOS, "MAPEO GEOLÓGICO Y DETERMINACIÓN DEL CONTROL DE LAS ZONAS DE ALTERACIÓN, AL SURESTE DE LA MINA MARLIN"

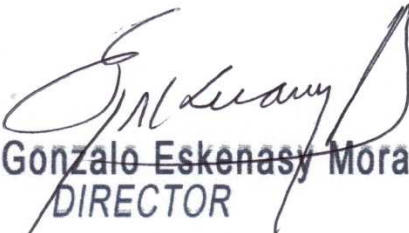
Presentado por el (la) estudiante:

JOSE ESTUARDO ALVARADO BERMUDEZ

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán Alta Verapaz 01 de marzo de 2016.


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

