

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**ANÁLISIS DE FACIES DE LOS DEPÓSITOS
VULCANOCLÁSTICOS EN LA MICROCUENCA PAXIMBAL, EN
LOS MUNICIPIOS DE NAHUALÁ Y SANTA CATARINA
IXTAHUACÁN**

HILDA MICHELLE BOITON CASTRO

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MAYO DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ANÁLISIS DE FACIES DE LOS DEPÓSITOS
VULCANOCLÁSTICOS EN LA MICROCUENCA PAXIMBAL, EN
LOS MUNICIPIOS DE NAHUALÁ Y SANTA CATARINA
IXTAHUACÁN

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

HILDA MICHELLE BOITON CASTRO
CARNÉ 201440288

COMO REQUISITO PREVIO PARA OPTAR AL TÍTULO DE
TÉCNICO EN GEOLOGÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, MAYO DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

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

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

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

REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO

Lic. Marvin Anibal Cuz Kukling

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt

ASESOR:

Ing. Geól. Cesar Fernando Monterroso Rey

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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

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

Ref. 15-CG-87/2017
13 de marzo de 2017


Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del Nivel Intermedio, de la estudiante **HILDA MICHELLE BOITON CASTRO**, carné n°. **201440288**, titulado: **"ANÁLISIS DE FACIES DE LOS DEPÓSITOS VULCANOCLÁSTICOS EN LA MICROCUENCA PAXIMBAL, EN LOS MUNICIPIOS DE NAHUALÁ Y SANTA CATARINA IXTAHUACÁN"**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


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



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-121/2017
20 de abril de 2017

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

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

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, de la estudiante **HILDA MICHELLE BOITON CASTRO**, carné n°. **201440288**, titulado: **"ANÁLISIS DE FACIES DE LOS DEPÓSITOS VULCANOCLÁSTICOS EN LA MICROCUENCA PAXIMBAL, EN LOS MUNICIPIOS DE NAHUALÁ Y SANTA CATARINA IXTAHUACÁN"**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

"ID Y ENSEÑAD A TODOS"


Ing. Geól. Silvia Frine Cortez Bendfeldt
Docente Revisora
Carrera Geología
CUNOR – USAC



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-156/2017
15 de mayo de 2017

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

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

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


Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **"ANÁLISIS DE FACIES DE LOS DEPÓSITOS VULCANOCLÁSTICOS EN LA MICROCUENCA PAXIMBAL, EN LOS MUNICIPIOS DE NAHUALÁ Y SANTA CATARINA IXTAHUACÁN"**, de la estudiante **HILDA MICHELLE BOITON CASTRO**, carné n°. **201440288**, 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


Lic. Marvin Anibal Cuz Kuckling
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: *Análisis de facies de los depósitos vulcanoclasticos en la microcuenca Paximbal, en los municipios de Nahualá y Santa Catarina Ixtahuacán*, como requisito previo a optar el título profesional de Técnico en Geología.

F. 
Hilda Michelle Boiton Castro
201440288

RESPONSABILIDAD

“La responsabilidad del contenido de los trabajos de graduación es: del estudiante, del asesor, de la Comisión de Trabajos de Graduación, de la Comisión de Revisión y Estilo de la carrera y de las autoridades del Centro Universitario del Norte”.

Aprobado en punto QUINTO, inciso 5.1, subinciso 5.1.2 del Acta No. 21-2008 de Sesión ordinaria de Consejo Directivo de fecha 18 de septiembre del año 2008.

DEDICATORIA A:

- A Dios:** y a la Virgen de Guadalupe por guiarme por el buen camino, por haberme dado salud para lograr mis objetivos y permitirme llegar hasta este punto.
- Mis padres:** Allan Boiton y Aura Castro, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mí. Gracias por brindarme su apoyo incondicional, amor y cariño en todo momento. Este triunfo es de ustedes.
- Mis abuelitas:** Hilda Macz y Elvira Oxom, por sus palabras y compañía, por sus consejos para hacer de mí una mejor persona, apoyándome y guiándome desde el inicio de este sueño.
- Mis hermanos:** Luis, Julio, Jesse, Rosita, María Jose, Estefany, Maria Rene y Pichu, quienes son ejemplo de dedicación, carácter, fortaleza, valentía y humildad. Y muy especialmente a Allan (†) que desde el cielo es mi inspiración y motivación para cumplir mis metas y así estar cada día un poco más cerca de él.
- Daniel Pacay:** y Don Carlitos por su apoyo, comprensión, paciencia y cariño incondicional en los buenos y malos momentos.

AGRADECIMIENTOS A:

El Ing. Fernando Monterroso, por ser mi asesor en este trabajo de graduación, por su esfuerzo, orientación y dedicación hacia este trabajo.

El Ing. Juanangel Díaz, por el apoyo incondicional que me ha brindado todos estos años.

A mis tíos por ser como unos padres para mí, quienes con su consejo, amor, paciencia y ejemplo me enseñan a luchar por mis sueños y no rendirme jamás.

A mis amigos quienes desde el inicio han sido parte esencial de mis sueños, alegrías, triunfos, lecciones, tristezas y por todo el apoyo que me han brindado.

A Eduardo Gonzales quien me brindó su apoyo y cariño durante esta etapa.

Al caserío Paximbal y muy especial a la familia de Don Antonio quienes me acogieron, me brindaron su cariño y fueron como una familia durante la etapa de campo.

A la asociación Vivamos Mejor, quienes me apoyaron y tuvieron la confianza de brindarme un área para la cartográfica geológica y geomorfológica. Muy en especial a María Mildred Moncada, quien fue la persona que me ayudo y me apoyo desde el inicio.

La Universidad de San Carlos de Guatemala y al Centro Universitario del Norte, por brindarme la oportunidad de estudiar la carrera de Geología a nivel técnico.

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 investigación.

A todos ellos, muchas gracias

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	xi
RESUMEN	xiii
INTRODUCCIÓN	1
 CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL	
1.1 Antecedentes del Problema	3
1.2 Planteamiento del Problema	7
1.3 Objetivos	7
1.3.1 General	7
1.3.2 Específicos	7
1.4 Hipótesis	8
 CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA	
2.1 Localización Geográfica	9
2.2 Vías de Acceso	10
2.3 Geología Regional	11
2.3.1 Litoestratigrafía	11
2.3.2 Tectónica	14
2.3.3 Geomorfología	16
a. Hidrología	16
b. Clima y Vegetación	18
c. Meteorización	19
c. Suelos	19
d. Relieve	20
 CAPÍTULO 3 DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS	
3.1 Marco Metodológico	23
3.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico	23

3.1.2	Etapa de campo general	23
3.1.3	Etapa de campo específica	25
3.1.4	Etapa de Laboratorio	27

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Estratigrafía Local	29
4.1.1	Unidad de granito	29
4.1.2	Unidad de Tobas María Tecún	32
4.1.3	Unidad de Toba Lítica	39
4.1.4	Unidad de Depósitos Lagunares	43
4.1.5	Unidad de Andesita	47
4.1.6	Unidad de Toba Pomácea Los Chocoyos	54
4.1.7	Unidad de Brecha de Relleno de Caldera	57
4.1.8	Unidad de Depósitos Fluvio-torrenciales	61
4.1.9	Unidad de Depósitos de Caída	62
4.1.10	Unidad de Aluvion	67
4.2	Geología Estructural Local	68
4.2.1	Lineamientos	69
4.2.2	Fracturas	70
4.2.3	Fallas	72
4.3	Geomorfología Local	77
4.3.1	Formas Asociadas a Procesos Volcánicos	78
a.	Formas Asociadas a Procesos Volcánicos	78
b.	Formas Asociadas a Procesos Tectónicos	81
4.3.2	Formas Asociadas a Procesos de Exógenos	82
a.	Formas Asociadas a Procesos de Denudación	82
b.	Formas Asociadas a Movimientos de Ladera	85
c.	Formas Asociadas a Procesos Fluvio-torrenciales	86

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis e Interpretación Arreglo de Unidades Litológicas	89
5.2	Análisis e Interpretación del Arreglo de Unidad de Depósitos de Caída	90
5.2.1	Litofacies de lapilli masiva o ceniza masiva (MLT)	91
5.2.2	Litofacies de estratificación difusa y estratos finos (DSL)	95
5.2.3	Litofacies estratigráficas (ST, SL)	96
5.2.4	Litofacie Toba/ceniza con estratificación paralela y laminados en paralelo	98

5.3	Correlación Litoestratigráfica	118
5.4	Arreglo de los Depósitos Vulcanoclásticos	121
5.4.1	Deposito de lapilli masiva	121
5.4.2	Depósitos con líticos	125
5.4.3	Depósitos estratificados	121
	CONCLUSIONES	131
	RECOMENDACIONES	133
	BIBLIOGRAFÍA	135
	ANEXOS	137

ÍNDICE DE TABLAS

Contenido	Página
1. Interpretación de variaciones en facies de Lapilli y Ceniza Masiva	94

ÍNDICE DE MAPAS

Contenido	Página
1. Rocas volcánicas terciarias del bloque Chortí	12
2. Red hidrográfica de la Microcuenca	17
3. Modelo de elevación digital	21
4. Lineamientos fotointerpretados	69

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Contenido	Página
1. Afloramiento tipo de unidad de granito localizado en coordenadas GTM: N1632916, E410672	30
2. Vista en afloramiento de Granito	31
3. Análisis estereoscópico de Granito	32
4. Afloramiento tipo de Tobas María Tecún	33
5. Muestra de mano de Brecha María Tecún	34
6. Microfotografías de Brecha María Tecún	35
7. Muestra de mano de Toba María Tecún de granulometría media	36
8. Microfotografías de Toba María Tecún de granulometría media	37
9. Muestra de mano de Toba María Tecún de granulometría fina	38
10. Microfotografías de Toba María Tecún de granulometría fina	38
11. Afloramiento tipo de Unidad de Toba Lítica	39
12. Vista estereoscópico de Toba Lítica	41

13.	Toba Lítica Brechada	41
14.	Vista estereoscopia de Toba Lítica Brechada	42
15.	Afloramiento tipo de Depósitos Lagunares	43
16.	Muestra de mano de Depósitos Lagunares	44
17.	Fallamiento en Depósitos Lagunares	45
18.	Diatomeas centrales	46
19.	Diatomeas penales	47
20.	Afloramiento tipo de Unidad de Andesita coordenadas GTM; N1636000, E410500	48
21.	Relación estratigráfica de Unidad de Andesita	49
22.	Vista en afloramiento de Andesita	49
23.	Vista estereoscópica de Andesita (M-4)	50
24.	Microfotografía de zona superior de Andesita	51
25.	Microfotografía de zona inferior de Andesita	52
26.	Andesita columnar	53
27.	Microfotografía de zona de Andesita columnar	53
28.	Afloramiento tipo de Unidad de Toba Pomácea los Chocoyos	55
29.	Horizonte rosado los Chocoyos	56
30.	Vista estereoscópica de Toba Pomácea los Chocoyos (M-13)	56
31.	Muestra de mano de Toba Pomácea los Chocoyos	57
32.	Afloramiento tipo de Unidad de Brecha de Relleno de caldera	58
33.	Brecha de Relleno de caldera	59
34.	Microfotografía de Brecha de Relleno de caldera (Dacita) M-7	60
35.	Afloramiento tipo de Depósitos Fluviotorrenciales	61
36.	Hard Ground	62
37.	Afloramiento tipo de Depósitos de Caída	63
38.	Análisis Estereoscópico de Depósitos de Caída	64
39.	Unidad de Aluvión	68
40.	Fracturamiento en Granito	72
41.	Fallamiento normal en Tobas María Tecún	74
42.	Falla normal en Depósitos de Caída	74
43.	Resto de Cono Volcánico	78
44.	Superficie de Apilamiento de Pómez (SAP)	79
45.	Superficie de Apilamiento de Pómez Degradada (SAPD)	80
46.	Ladera de Borde de Caldera Ixtahuacán (LBCIX)	80
47.	Falla supuesta	81
48.	Faceta triangular	82
49.	Ladera de Incisión Fluvial	83

52. Cuerpo de Deslizamiento	85
53. Cabecera de Deslizamiento	86
54. Depósitos de Canal Reciente	87
55. Litofacies de Lapilli y Ceniza Masiva	92
56. Litofacies de Estratificación Difusa	95
57. Litofacies Estratificación	97
58. Litofacies Taba de Lecho Paralelo y Laminados en Paralelo	99
59. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No.1	101
60. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 2	103
61. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 3	105
62. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 4	106
63. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 5	107
64. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 6	109
65. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 7	110
66. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 8	112
67. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 9	113
68. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 10	114
69. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 11	115
70. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 12	116
71. Afloramiento de Columna Litoestratigrafía No. 13	117
72. Depósito de Lapilli masivo con líticos	125
73. Deposito estratificado	128

ÍNDICE DE FIGURAS

Contenido	Página
1. Estratigrafía de los ciclos de la Caldera de Atitlán	4
2. Sección generalizada transversal compuesta de Atitlán, depósitos de riolita datadas	5
3. Columna estratigráfica de arcillas, limo arenoso muy fino pomáceo y limo compacto	6
4. Localización del área de estudio	10
5. Marco tectónico regional	14
6. Mapa estructural de la cuenca del lago de Atitlán	16
7. Serie de suelos departamento de Sololá	20
8. Triangulo de Schmidt M-10	20
9. Triangulo de Streckeisen para Andesita y Dacita	55
10. Columna general de Depósitos de Caída	66
11. Columna general de Depósitos de Caída (P460)	67
12. Roseta mostrando rumbos de lineamientos	70

13.	Rosetas de fracturas en unidades geológicas	71
14.	Estereograma de planos de falla	73
15.	Modelo tectónico regional	77
16.	Familias de fallas	76
17.	Columna litoestratigráfica local	90
18.	Zonas y facies en rocas volcánicas relacionadas a evento central de volcán	91
19.	Zona distal-media, facie de Lapilli y Ceniza Masiva	93
20.	Facies mL _T , mL y sT en episodio Volcánico	101
21.	Variación geométrica de facies //sT	103
22.	Línea de correlación 1	118
23.	Línea de correlación 2	119
24.	Línea de correlación 3	121
24.	Arreglo de facies	128

ÍNDICE DE GRAFICAS

Contenido	Página
1. Gráfico de Walker y grafico de relación líticos - pumita para depósito de lapilli masivo rico en pómez.	122
2. Gráfico de Walker y gráfico de relación líticos- pumita para depósito de lapilli masivo rico en pómez (mL _{tnp} y mL _{tip}).	123
3. Gráfico de Walker y gráfico de relación líticos - pumita para depósito de ceniza masiva.	124
4. Gráfico de Walker y gráfico de relación líticos - pumita para depósito masivo con líticos.	126
5. Gráfico de Walker y grafico de relación líticos - pumita para depósitos estratificados.	127

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

Abreviatura	Denominación
Anf	Anfíbol
And	Andesita
Bt	Biotita
BrR	Brecha de relleno de caldera
DL	Deposito lagunar
DSL	Facies de Lapilli estratificada
Gr	Granito
Hb	Hornblenda
Ibid	Igual al anterior
imLT	Facies de Lapilli con Líticos
M	Muestra
mLT	Facies de Lapilli Masiva
mLTip	Facies de Lapilli Masiva con gradación inversa
mLTnp	Facies de Lapilli Masiva con gradación normal
Msc	Moscovita
Ox	Oxido
plg	Plagioclasa
Qa	Aluvion
Qp	Depósito de caída
Qpa4	Depósitos Pomáceos Cuaternarios
ST	Facies de estratificación difusa
//ST	Facies de estratificación fina en Lapilli Masiva
TbCh	Toba pomácea los Chocoyos

Tbl	Toba litica
TMT	Toba María Tecún

RESUMEN

El análisis de facies de los depósitos vulcanoclásticos en la microcuenca Paximbal; se realizó en una superficie de 19.3 km cuadrados en los alrededores de los municipios de Nahualá y Santa Catarina Ixtahuacán, donde se identificó y delimitó la litología local, con el fin de obtener el mapa geológico del área de estudio

En el lugar se cartografiaron diez unidades litológicas, las cuales son; Granito (Gt), Toba María Tecún (Tmt), Toba lítica (TI), Depósitos Lagunares (DL), Andesita (And), Toba Pomácea los Chocoyos (TCh), Brecha de relleno de caldera (BrR), Fluviotorrenciales, Depósitos de caída (Qp) y Aluvión (Qa).

Por medio del análisis de datos estructurales (fallas y fracturas, los cuales son poco abundantes) se proponen dos modelos tectónicos. El primero con cinemática dextral, asociado al trend regional de falla Jalpatagua, con dirección de sigma 1, 73/161 y sigma 2 17/348, mientras que el segundo con cinemática sinistral, se asocia a la traza regional de falla Zunil, con dirección de sigma 1, 16/051 y sigma 3, 74/221. Así mismo se proponen dos modelos estructurales los cuales pertenecen a fallas normales relacionadas al colapso de las Calderas Ixtahuacán y Atitlán I.

Geomorfológicamente el área se compone de formas y/o unidades volcánicas, clasificadas con base a su origen, exógeno o endógeno, formas asociadas a procesos volcánicos, formas asociadas a procesos tectónicos y formas asociadas a procesos exógenos, asociado a procesos denudacionales,

movimientos de ladera y fluvio-torrenciales, siendo esta clasificación tomada del informe GARICLA.

Así mismo se levantaron 13 columnas lito-estratigráficas, en las cuales se identificaron litofacies tales como: Lapilli masiva (mLT), ceniza masiva (mT), Lapilli masiva con líticos (imLT), lapilli masiva con gradación normal (mLTnp), lapilli masiva con gradación inversa (mLTin), litofacies estratificada (//sT y ST), estratificación difusa (DSL), lagunares y de relleno.

Las distintas litofacies analizadas reflejan una zona media distal de los diferentes episodios volcánicos en los que predomina la presencia de pumita de formas subredondeadas debido a la abrasión a la que ha sido expuesta, conjuntamente a ello se estableció que el arreglo de los depósitos consta de depósitos de lapilli masiva (Mlt) cuya falta de geometría y relación intraclasto está dominada por ser un límite de flujo, seguidamente se tienen depósitos masivos con líticos (imLT) que componen una zona de transición entre el límite de flujo y la parte superior del flujo, por último se ubican depósitos estratificados (//sT) los cuales reflejan una pulsación constante dentro del evento eruptivo.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada ‘Análisis de facies de los depósitos vulcanoclásticos en la microcuenca Paximbal en los municipios de Nahualá y Santa Catarina Ixtahuacán’, está constituida por 5 capítulos. En cada uno se expone la metodología empleada, los aspectos que orientaron la investigación, los resultados obtenidos y su análisis.

El capítulo 1 denominado marco conceptual, incluye los antecedentes del problema de investigación así como el planteamiento de dicho problema, los objetivos generales y específicos. Así mismo se expone la hipótesis y las variables que pueden presentarse.

El capítulo 2 es una descripción general de la unidad de práctica en el cual se desarrolla la localización geográfica y vías de acceso al área de estudio. Así también se hace referencia a la geología regional, profundizando de esta manera los temas de litoestratigráfica y tectónica.

El capítulo 3 se trata de la descripción de actividades realizadas, comprende la exposición de las etapas de trabajo durante la investigación, siendo esta la etapa de análisis y recopilación bibliográfica, etapa de campo tanto general como específico, laboratorio y gabinete.

El capítulo 4 denominado desarrollo de la investigación comprende la estratigrafía local, refiriéndose de esta manera a las diferentes unidades geológicas descritas dentro; así también la geología estructural y la geomorfología local.

El capítulo 5 comprende el análisis y discusión de resultados obtenidos durante la investigación, que llevan al análisis de facies dentro de la unidad de las columnas litoestratigráficas en unidad de depósitos de caída, así como su arreglo. Seguido a ello se presentan las conclusiones de la investigación.

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

“Geología en el área del lago Atitlán, Guatemala”. Newhall, C.G.1986., “Geología al oeste de Guatemala, en la región de Atitlán”. Rose, W.I, Grant y Easter, J., 1979, “Geoquímica de la ceniza Los Chocoyos, Valle Quetzaltenango, Guatemala”. L. Núñez Álvarez, V. Martínez Cobo, 2011., “Informe complementario de la cartografía geológica y geomorfológica ¹(1:25,000) de la cuenca del Lago Atitlán (Guatemala)”, los cuales han servido de base para la descripción y determinación del a geología del área de estudio.

Existe diversidad de investigaciones de carácter geológico y estructural que se han realizado dentro y en los alrededores del área de estudio, predominando los estudios a nivel regional, de los cuales se pueden mencionar los siguientes:

- *Geology of de the lake Atitlán, Western Guatemala Region* (Christopher Newhall, 1986) basado en el análisis de los ciclos de actividad plutónica y volcánica del algo de Atitlán. Según la caracterización de Newhall se definen 3 ciclos de crecimientos de estratovolcanes, erupciones silíceas y formaciones de caldera:

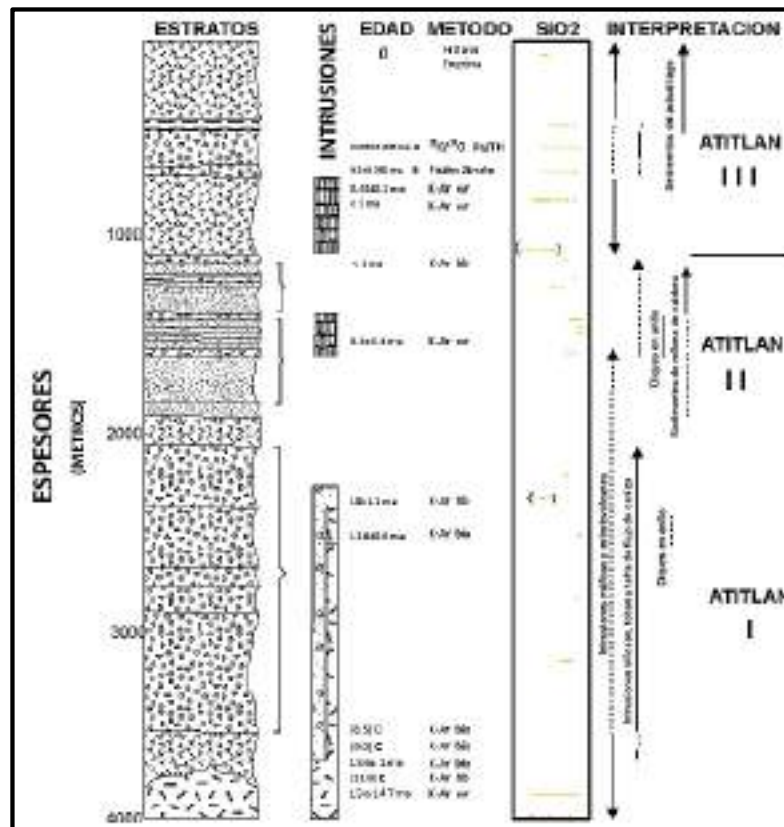
“El primer ciclo (14-11 Ma): engloba las erupciones de flujos y cenizas silíceos de la serie María Tecún y la formación de la caldera Atitlán I (al norte de la actual cuenca del lago)”.

¹ *Geology of de the lake Atitlán, Western Guatemala Region* (Christopher Newhall, 1986)

“El segundo ciclo (10-8 Ma): engloba la erupción de cenizas y flujos de la serie San Jorge, el colapso que forma la caldera Atitlán II y las inyecciones de estado tardío de diques anulares”.

“El tercer ciclo (1-0 Ma): incluye la voluminosa erupción de los Chocoyos, el crecimiento de estratovolcanes cuaternarios y otras erupciones silíceas, la formación de la caldera Atitlán III y el crecimiento de los modernos estratovolcanes del sureste de la caldera III”.

FIGURA 1
ESTRATIGRAFIA DE LOS CICLOS DE LA
CALDERA DE ATITLÁN

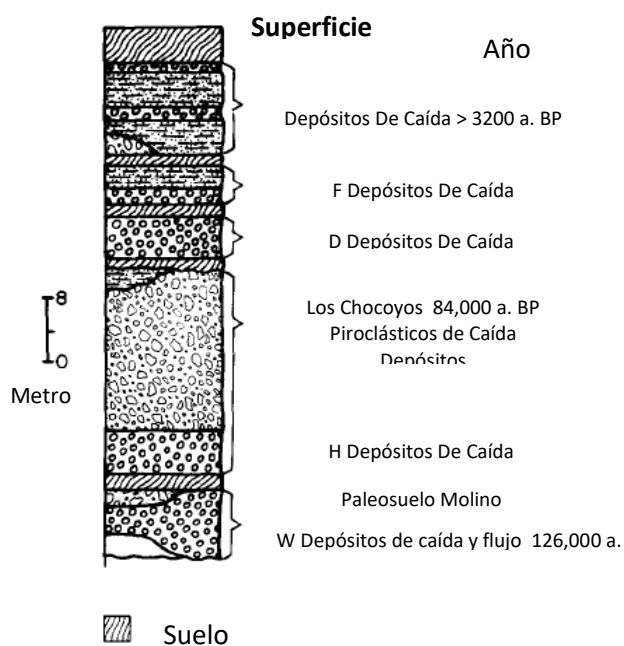


Fuente: *Geology of the lake Atitlán, Western Guatemala Region* (Christopher Newhall, 1986)

-Quaternary Silic Pyroclastic Deposits of Atitlán Caldera Guatemala (William Rose, Newhall, Theodore Bornhorst, 1986) en el cual se describen las erupciones silíceas de los últimos 150000 años, el cual se generó luego

de un periodo volcánico basáltico/ andesítico, seguido del evento de los Chocoyos que produjo depósitos muy dispersos de caída tipo plineano acompañado de flujos piroclásticos, lo que dio como resultado la formación de Atitlán III. Seguido a la formación de Atitlán III se reanudó el vulcanismo máfico formando así tres volcanes compuestos dentro de la caldera. Con base al análisis de arreglo de los eventos anteriormente mencionados se tiene la columna estratigráfica de Figura 2.

FIGURA 2 SECCIÓN GENERALIZADA TRANSVERSAL COMPUESTA DE ATITLÁN, DEPÓSITOS DE RIOLITA DATADAS



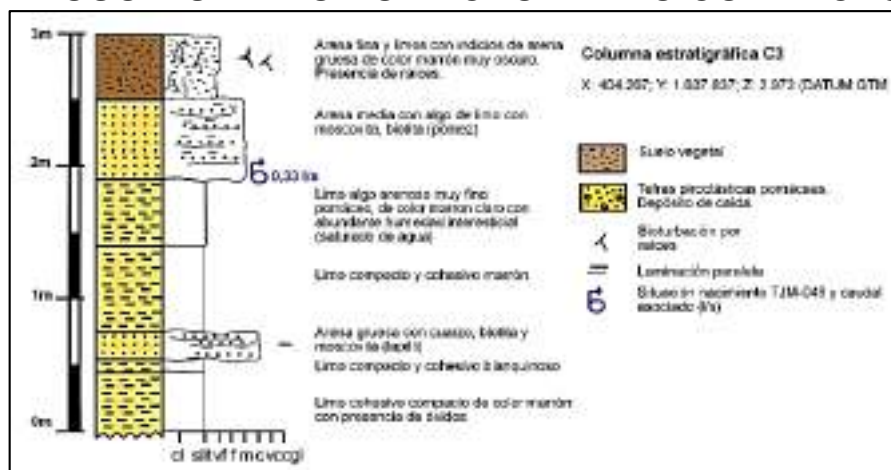
Fuente: W. Rose, Newhall, T. Bornhorst (1986), *Quaternary Silic Pyroclastic Deposits of Atitlán Caldera Guatemala*

- *Pleistocene tephra and Ash-Flow Deposits in the Volcanic Highlands of Guatemala* (Allan J. Koch, Hugh McLean); estratigrafía de tefras de la región entre el lago de Atitlán y la ciudad de Guatemala, asignándole así una letra para denominar cada capa de tefra con el fin de clasificarlas.

- Informe complementario de la cartografía geológica y geomorfológica (1:25,000) de la cuenca del Lago Atitlán (Guatemala) (GARICLA) Autora: Laura Núñez Álvarez (Geólogos del Mundo) y Vanessa Martínez Cobo (Geólogos del Mundo)

- Informe complementario de la cartografía geológica y geomorfológica (1:25,000) de la cuenca del Lago Atitlán (Guatemala). S. Patricio, 2011., “Caracterización geotemática de la microcuenca Tzozomá, Guatemala” (L. Núñez Álvarez, V. Martínez Cobo en el 2011). Conteniendo la descripción de estratigráfico de los materiales vulcanoclásticos, tales como, Tefras piroclásticas “Qpa4” (figura 3).

FIGURA 3 COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE ARCILLAS, LIMO ARENOSO MUY FINO POMÁCEO Y LIMO COMPACTO



Fuente: L. Núñez Álvarez, V. Martínez Cobo en el 2011

- Echeverría, Leandro, 1997, “Mapeo en terrenos volcánicos”, en base a los procesos de formación, transporte y depositación, hace referencia a la clasificación de depósitos vulcanoclásticos, así como su asociación de facies y metodología. Dicha clasificación consta de: Depósitos Autoclásticos, Depósitos Piroclásticos, Depósitos vulcanoclásticos resedimentados y sedimentarios vulcanogénicos.

1.2 Planteamiento del problema

Área: Estratigrafía y sedimentología

Líneas: Análisis e interpretación de facies, reconocimiento y definición de unidades estratigráficas, reconstrucción de medios sedimentarios.

¿Cuáles son las facies de los depósitos vulcanoclásticos que afloran dentro de la Microcuenca Paximbal, con una extensión de 19.3 km²?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Realizar el mapeo geológico y geomorfológico a escala 1:25000 y evaluar los rasgos litológicos, estructurales y texturales de los depósitos de ceniza y pómez de la Microcuenca Paximbal con una extensión de diecinueve punto tres kilómetros cuadrados.

1.3.2 Específicos

1. Caracterizar texturalmente las unidades de piroclastos y pómez relacionadas con eventos eruptivos determinados de la geología regional (Litofacies).
2. Elaboración de columnas estratigráficas, así como la determinación de su arreglo.
3. Elaboración de mapa de arreglo de los depósitos de ceniza y pómez

1.4 Hipótesis

Los depósitos vulcanoclásticos que afloran en la Microcuenca Paximbal han sido sometidos a diferentes procesos deposicionales y por lo tanto a diferentes temperaturas, que ha definido su composición lítica, textura, geometría y su arreglo, las que determinaran la variación de litofacies presentes tales como lapilli masiva con gradación normal o inversa y depósitos estratificados.

1.4.1 Variables

- Independiente 1: Génesis del depósito de pómez y ceniza y evolución del mismo.
 - Dependiente 1.1: Geometría del depósito
 - Dependiente 1.2: Contenido mineralógico
 - Dependiente 1.3: Tamaño de grano de los fragmentos vulcanoclásticos
 - Dependiente 1.4: Textura de las rocas piroclásticas

- Independiente 2: Tipo de estructura vulcanosedimentaria.
 - Dependiente 2.1: Granulometría
 - Dependiente 2.2: Disposición de capas

- Independiente 3: Cobertura vegetal.
 - Dependiente 3.1: viabilidad y factibilidad de análisis de afloramientos

- Independiente 4: Localización geografía de unidades de pómez y ceniza.
 - Dependiente 4.1: Viabilidad y factibilidad de acceso y transporte de equipo, producto y persona

CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA UNIDAD PRÁCTICA

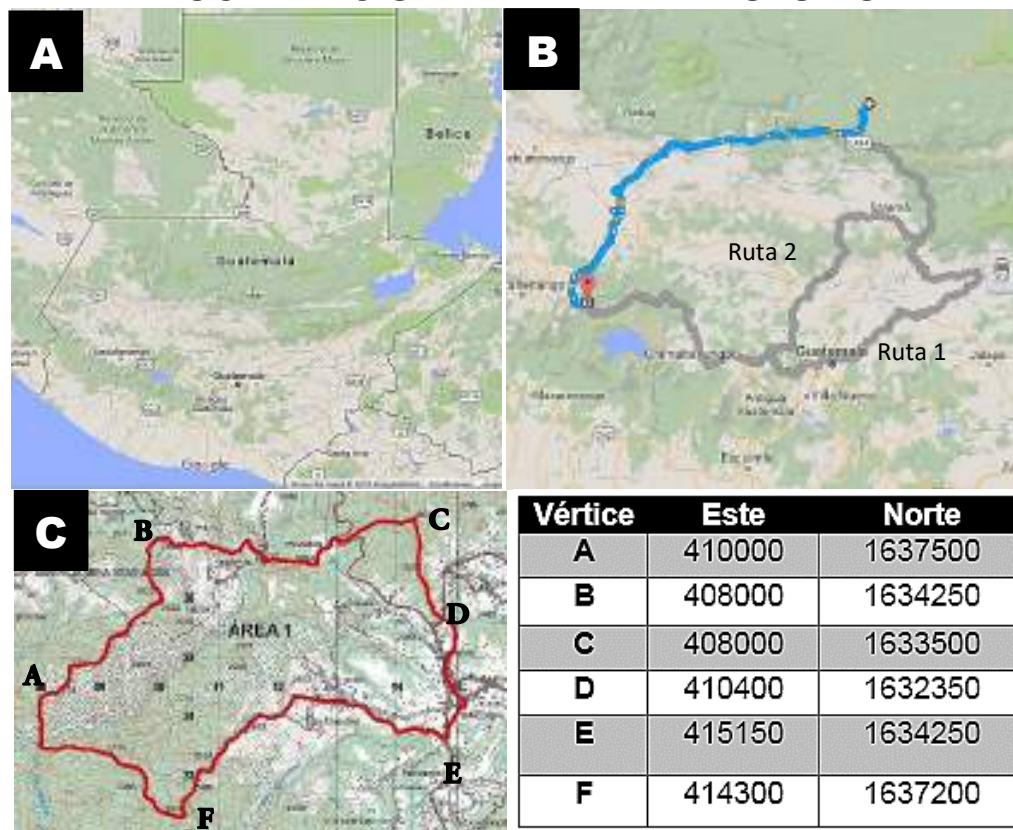
2.1 Localización geográfica

El departamento de Sololá está ubicado en la región Sur Occidental de Guatemala limitando al Este con Chimaltenango, al Sur con Quiché, al Oeste con Suchitepéquez y Quetzaltenango al Norte con Totonicapán. Se encuentra a una distancia de 140 kilómetros de la Ciudad Capital de Guatemala.

La cuenca Nahualate ha sido seccionada en doce microcuencas. Para objetivos de estudio se trabajó la Microcuenca Paximbal que limita al Norte con el municipio de Nahualá, al Este con el municipio de Santa Lucía Utatlán y al Oeste con Santa Catarina Ixtahuacán, la cual cuenta con una extensión de diecinueve punto tres kilómetros cuadrados, tal como se muestra en la figura 4.

Dentro de la Microcuenca se encuentran ubicados tres pueblos: Paximbal, Tzucubal y Chuisajcap, siendo el primero el más extenso (anexo 1, hoja cartográfica), se encuentra delimitada dentro de los vértices con coordenadas GTM mostrados en la tabla figura 4.

FIGURA 4
LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



A) Mapa de Guatemala, B) vías de acceso del área de estudio, C) mapa de microcuenca Paximbal con coordenadas de los siete vértices.

Elaborado por: M. Boiton. 2016

2.2 Vías de acceso

El área de estudio se encuentra a 180 kilómetros de la ciudad de Guatemala. A continuación, se describen las rutas más factibles para acceder desde la ciudad de Cobán.

Ruta No.1 El acceso desde la ciudad capital se realiza a través los municipios de Salamá, Guastatoya, Guatemala, Chimaltenango y Tecpán por la Ruta Interamericana -CA1-, con una longitud aproximada de 394 kilómetros. (Figura 4B)

Ruta No. 2 El acceso desde la ciudad de Cobán Alta Verapaz se realiza por los municipios de Uspantán, Sacapulas y Totonicapán por la ruta nacional 7W, con una distancia de 221 kilómetros. (Figura 4B)

2.3 Geología Regional

2.3.1 Litoestratigrafía

Según el informe complementario de la cartografía geológica y geomorfología, Núñez y Martínez, las tierras altas volcánicas del oeste de Guatemala, son de 1.000-2.000 m de espesor de coladas de lavas terciarias y cuaternarias, piroclastos, entre otros. Una cadena de estratovolcanes andesíticos y basálticos activos cruza el margen meridional de la cuenca del lago de Atitlán.²

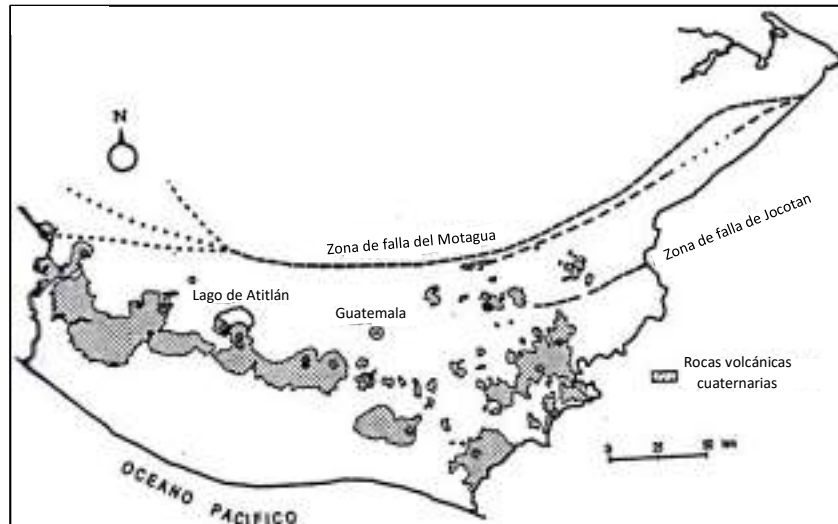
Según Williams y McBirney las rocas volcánicas dentro del bloque Chortí se agrupan en dos grupos: las primeras asociadas con fallamiento y graben de tendencia N-S en el sureste de Guatemala y las segundas paralelas a la costa del Pacífico (parte de la cadena Volcánica de Centroamérica). El vulcanismo cuaternario a lo largo del Pacífico es de tipo calcoalcalino, mientras que otras asociadas a fallas normales corresponden al conjunto alcalino.³

Las rocas volcánicas cuaternarias del bloque Chortí se aprecian en el mapa 1 son descritos en el léxico estratigráfico del bloque Chortí:

² L. Núñez Álvarez, V. Martínez Cobo (2011). Informe complementario de la cartografía geológica y geomorfológica (1:25,000) de la cuenca del Lago Atitlán (Guatemala)

³ Williams y McBirney, 1969 en Donnelly et al., 1990a

MAPA 1 ROCAS VOLCÁNICAS TERCIARIAS DEL BLOQUE CHORTÍ



Fuente: Pérez Bol, Edgar Rolando. Léxico Estratigráfico del Bloque Chortí de Guatemala. Cobán 2000., p94

Dentro de la región de la cuenca del Lago Atitlán las rocas plutónicas más comunes son granitos (localizada en la esquina inferior izquierda del área de estudio) y granodioritas que constituyen la mitad de las rocas plutónicas de la cuenca del Lago Atitlán, encontrándose también leucogranitos apareciendo como intrusiones de estadios tardíos dentro de granitos biotíticos. Así también Flujos de lava andesíticos sin orientación de clastos, lodos (conteniendo ceniza, pómez, piroclastos de manera caótica) y piroclastos asociados a complejos estratovolcanes.

Los depósitos de Toba María Tecún (Tbmt) se tratan de un grupo de 5 voluminosas tobas de cenizas volcánicas de litología similar (formados durante el ciclo Atitlán II, conteniendo 50% de cuarzo fracturado, plagioclasa, sanidina, biotita y fenocristales de horblenda), masivas, aflorando en áreas del oeste del altiplano volcánico guatemalteca, pudiendo formar parte de la Microcuenca Paximbal en

su parte Este, por lo que su caracterización e identificación será importante para determinar si pertenecen a este tipo de Toba, esto mediante su composición litológico y mineralógico.⁴

Durante el ciclo de Atitlán II se forman los Sedimentos de Relleno de Caldera II (Tfc2) en el que su rango de composición de los sedimentos va desde conglomerados de fragmentos de pómez hasta sílex, siendo en su mayoría capa de arena, lutitas y pizarras de grano fino, esta unidad es bastante estrecha lo que indica que existió un ambiente de menor energía durante su formación.

En el informe de la cuenca del Lago de Atitlán se distinguen las vesículas tabulares de pómez y fragmentos líticos andesíticos. Durante este ciclo se generaron una serie de tobas tales como: Toba El Adelanto (toba riolítica bandeada), Toba Panajachel (conformada de abundantes fragmentos angulares riolíticos de grano fino, fundidos o compactados), Toba San Jorge (toba semiconsolidada con abundantes fragmentos de pumita, variando a otra rica en fragmentos de vidrios), Toba Inferior Catarata (con horblenda, biotita y lapillis pómez).

Otra unidad relacionada son los Depósitos Post-Erupción Los Chocoyos, representados por capas de tephra, formados por depósitos pomáceos de al menos cinco erupciones silíceas posteriores a los chocoyos, y dos o tres periodos de erupciones basálticas y Andesíticos (Anexo 3). Los productos silíceos del complejo de Atitlán III son una secuencia de piroclastos de caída (como fuente principal para la realización de estudios estratigráficos y correlación), oleada de depósitos y pequeños depósitos de flujos de ceniza.⁵

⁴ Ibid.

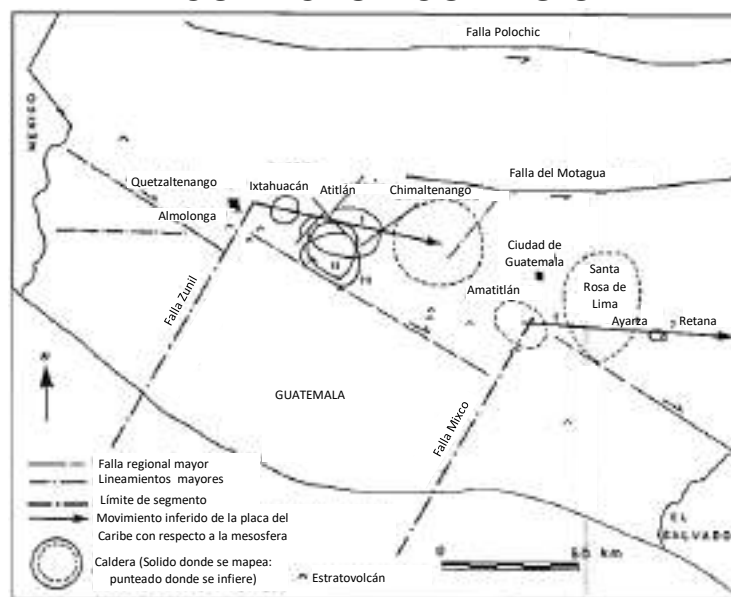
⁵ Ibid.

2.3.2 Tectónica

La siguiente información fue tomada parcialmente del texto de V. Martínez Cobo y G. Newhall.

Guatemala se encuentra ubicada sobre una porción terrestre geológica muy activa correspondiente a 3 placas tectónicas; el Bloque Maya de la Placa de América del Norte, El Bloque Chortí de la Placa del Caribe y la parte norte de la Placa de Cocos. Siendo las dos primeras continentales y la tercera oceánica. Los movimientos entre estas tres placas determinan la distribución de volcanes y los rasgos topográficos del país.

**FIGURA 5
MARCO TECTÓNICO REGIONAL**



Fuente: G. Newhall

La interacción de dichas placas tectónicas da como resultado la zona de subducción al sur, asociada a un límite convergente entre la placa de Cocos y del Caribe, su movimiento originó la cadena volcánica del cuaternario. El límite entre la placa de Norteamérica y

del Caribe es transformante con un movimiento sinestral, limitando al Bloque Maya del Bloque Chortí, al centro de Guatemala. (Figura 5).

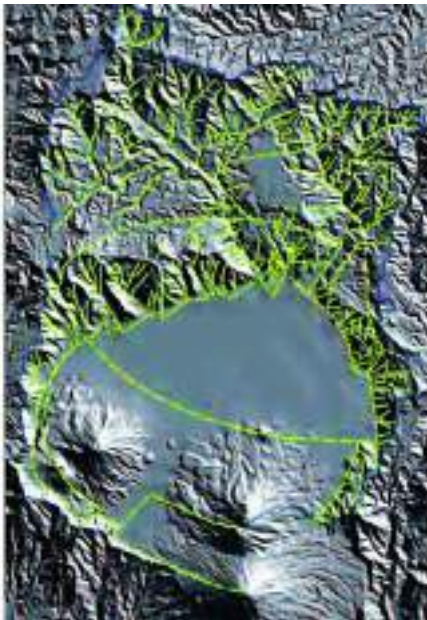
En el departamento de Sololá, el plegamiento de las zonas volcánicas es secundario y se limita a la deformación local a través de las zonas de falla y algunos pliegues (Williams, 1960a). La tendencia es:

- N45-60W y N30-60E, tanto en dirección dextral como sinestral.
- N-S, que provoca fracturas por tensión y grabens que controlan las lineaciones volcánicas y los cursos fluviales.
- E-W (al norte del área de estudio), que podría relacionarse con el movimiento relativo hacia el este de la placa del Caribe hacia la placa Norteamericana.

Regionalmente, el comportamiento estructural de la cuenca del lago de Atitlán se define por diversos procesos estructurales asociados a los tres ciclos de hundimiento de caldera que determinan un sistema de anillos de fallas (figura No.6). Así, existe una alta influencia estructural asociada a la formación y hundimiento de las calderas, lo que genera litologías muy fracturadas y grandes fallas perpendiculares a estos anillos. De los tres ciclos, Atitlán I y III son los que están mejor definidos, mientras que el ciclo de Atitlán II se distingue por los anillos de fractura y anillos de diques.⁶

⁶ L. Núñez Álvarez, V. Martínez Cobo (2011). Proyecto de cooperación al desarrollo "Gestión Ambiental y de Riesgos en la Cuenca del Lago de Atitlán" (Garicla III)

**FIGURA 6
MAPA ESTRUCTURAL DE LA CUENCA
DEL LAGO DE ATITLÁN.**



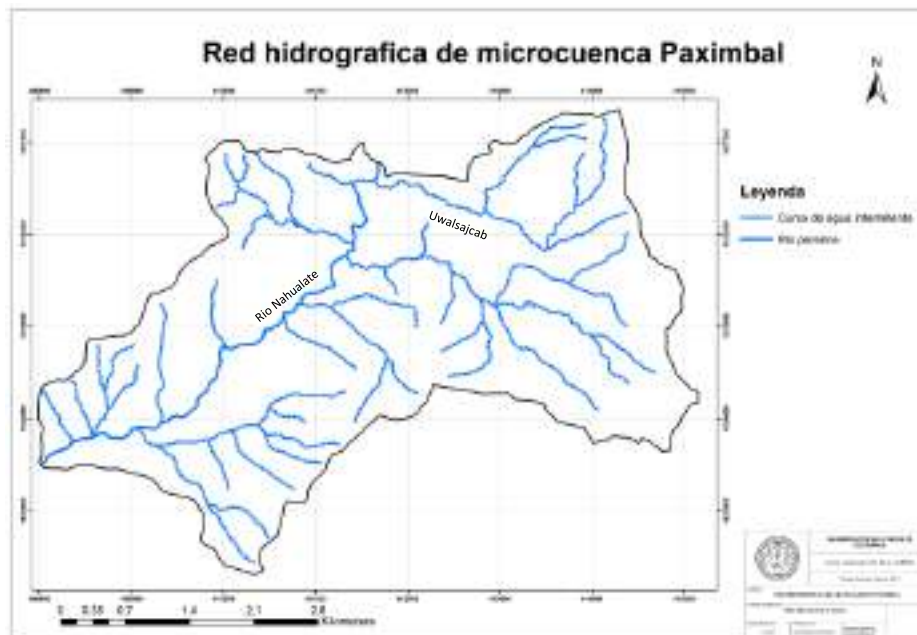
Fuente: Geólogos del mundo, 2011

2.3.3 Geomorfología

a. Hidrología

El área de estudio se encuentra drenada por el Rio Uguualxucubé y Rio Nahualate los cuales fluyen en sentido suroeste y sureste, siendo el segundo al cual desembocan las corrientes efímeras e intermitentes presentes debido a la precipitación anual, tal como el rio Uwalsajcab.

MAPA 2 RED HIDROGRÁFICA DE LA MICROCUENCA



Elaborado por: M, Boiton, 2016

1) Configuración del drenaje

De acuerdo al análisis realizado se establecieron dos tipos de redes: Dendrítica y subrectangular. Ambas redes de drenajes se muestran en el Mapa 2.

DENDRÍTICA: Este tipo de drenaje se encuentra presente en casi un 80% del área de estudio, siendo esta la más representativa. Este tipo de patrón pone en evidencia que las rocas son de fácil erosión y no consolidados, como los depósitos pomáceos (volcánicos) o brechas de relleno, así también la forma irregular de la topografía (dominada por superficies montañosas y abarrancamientos) que determina la dirección de

distribución de las corrientes intermitentes y efímeras, a partir del cauce del Río Nahualate

SUBPARALELA: Esta red es una variante del drenaje dendrítico, el cual se caracteriza por que los tributarios se unen formando ángulos casi rectos respecto al cauce principal, además de presentarse de forma casi paralela una con respecto a la otra. Este abarca un 20% de la red de drenaje y se localizan en la parte este del área de estudio. Esta red de drenaje predomina en río Uwalsajcab.

b. Clima y vegetación

En el área en donde se ubican las fuentes de agua se han identificado los siguientes usos en orden descendente: Dominio por parte de bosques mixtos, Área de granos básicos y área de matorrales o pastizales. Cabe recalcar que el mayor uso de los suelos es por parte de la cosecha de granos básicos y pastizales, lo que indica que estas áreas deben tener asistencia técnica agroforestal. Los climas predominantes en el área de estudio son de un carácter semi frío y templado, húmedo y con cobertura vegetal tipo bosque, siendo manchas boscosas latifoliadas, coníferas y mixtas.

Dentro de los tres municipios (Nahualá, Santa Catarina Ixtahuacán y Santa Lucía Utatlán) se tiene un bosque muy húmedo de montaña subtropical en el que la vegetación natural predominante puede considerarse como indicadora de *Cupressus lusitánica*.

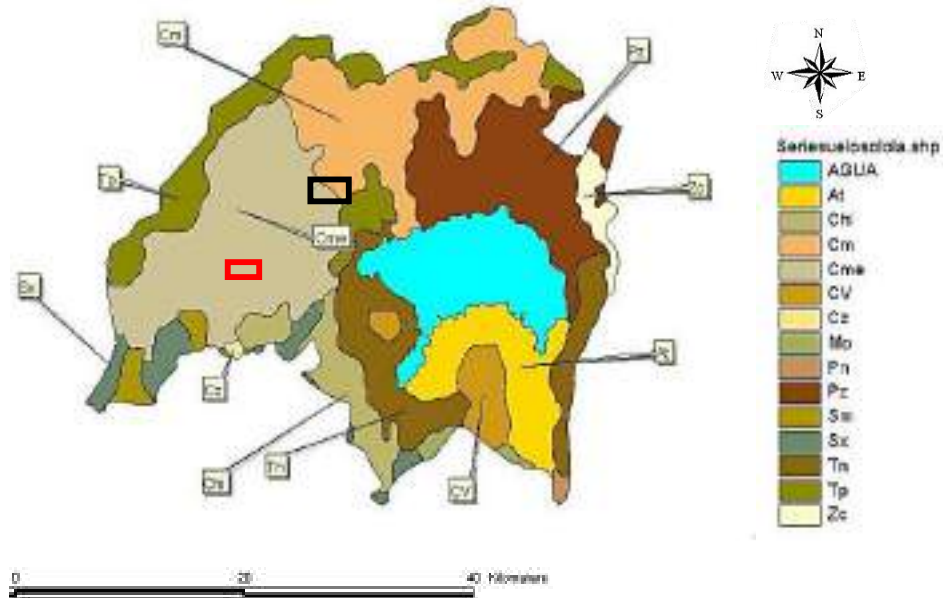
c. Meteorización

En la microcuenca se observa una meteorización mecánica (grado 2-4), la cual es reflejada en procesos erosivos vinculados a la erosión hídrica y gravitacional. Este tipo de meteorización es producido por el alto intemperismo de las rocas que afloran dentro de la microcuenca. La meteorización de las rocas es descrita en base a la escala descrita por D. Moya (ver anexo1), en la cual se toma en cuenta la coloración y lustre de las rocas, presencia de óxidos, resistencia y si se disgrega o no con facilidad.

d. Suelos

El departamento de Sololá está se compone de cuatro series de suelos según Simmons Charles, 1959; Camancha (Cm), los cuales son poco profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica de color claro que puede estar cementada o suelta, en un clima frío, de húmedo-seco a húmedo; Serie Patzite (Pz) son suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica pomácea en un clima húmedo-seco; y Totonicapán (Tp), suelos profundos, bien drenados, desarrollados sobre ceniza volcánica o roca de color claro en un clima frío y húmedo. Dentro del área de estudio se encuentra la serie de Suelos Tp y Cme (Cm erosionado) como se muestra en la figura 7.

**FIGURA 7
SERIE DE SUELOS DEPARTAMENTO DE SOLOLÁ**



Fuente: Plan reconstrucción y Reducción de Riesgos del departamento de Sololá

Serie Tipo de Suelos y Riesgo a Erosión En Sololá			
Símbolo	Serie	Materia Original	Riesgo a Erosión
At	Ardián	Flujo Lodoso o Lahar Máfico	Alto
Ch	Chupó	Roca Granítica o Ceniza Volcánica	Alto
Cm	Camaachú erosionada	Ceniza Volcánica	Regular a Bajo
Cme	Camaachú erosionada	Ceniza Volcánica	Muy Alto
CV	Cimas Volcánicas	Ceniza Volcánica	Alto
Ca	Cutzán	Ceniza Volcánica Permicosa	Alto
Mo	Mocá	Ceniza Volcánica	Alto
Pn	Panón	Materia Máfica	Regular
Pe	Pastú	Ceniza Volcánica Permicosa	Alto
Sm	Samaaac	Flujo Lodoso Volcánica	Alto
Sx	Suchitapésan	Ceniza Volcánica	Regular a Alto
Tn	Tolmán	Ceniza Volcánica	Alto
Tp	Totoncapán	Ceniza Volcánica o Roca	Alto
Zc	Zanulpa	Ceniza Volcánica	Alto

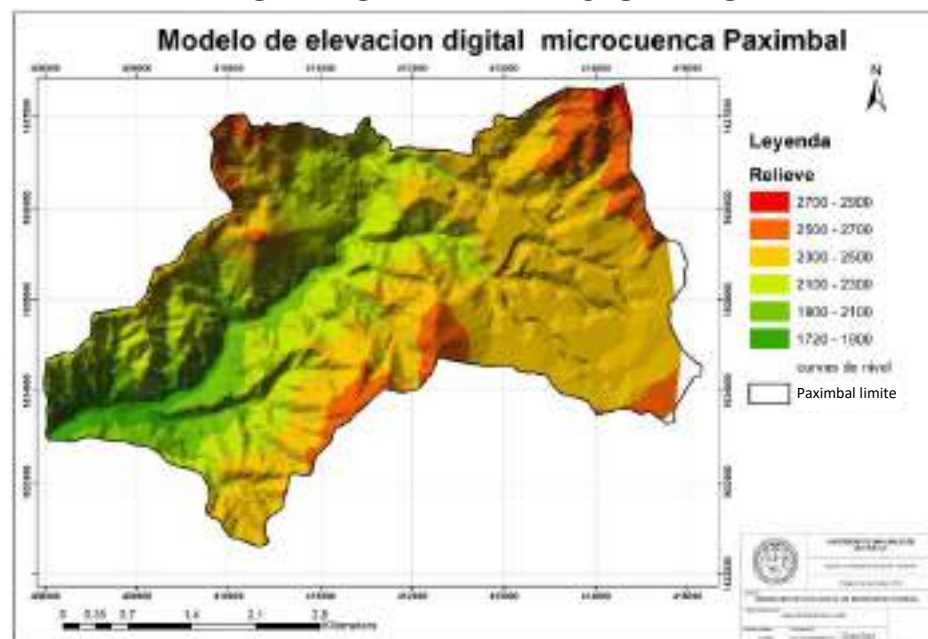
Fuente: Plan reconstrucción y Reducción de Riesgos del departamento de Sololá

e. Relieve

El área de estudio se caracteriza por poseer elevaciones altas y pendientes muy abruptas en su parte oeste, mientras que la parte este se caracteriza por poseer menores pendientes.

Mediante el software especializado (ArcGis) se generó el modelo de elevación digital (mapa 4) en el cual se muestra un predominio de elevaciones mayores a 2209 metros (color naranja a gris). Cabe resaltar la cota de menor elevación se encuentra en la región suroeste, el cual corresponde a la desembocadura del río Nahualate.

MAPA 3 MODELO DE ELEVACIÓN DIGITAL



Fuente: M. Boiton 2016

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Marco Metodológico

La cartografía sistemática del mapa geológico y geomorfología de la microcuenca Paximbal se elaboró a escala 1:25000.

3.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

Consistió en la recopilación de información que estuviese relacionada al área de investigación o bien información útil para la resolución del problema planteado. La bibliografía se divide en varios campos: la bibliografía geológica, factores estratigráficos, análisis de secuencias.

- a. Elaboración de manual de campo para el estudio y análisis de los depósitos, así como la inclusión de hojas de toma de datos que comprenden la recolección e integración de datos (Lista de chequeo) como: litología, textura, características de la capa, estructuras sedimentarias para ser utilizadas en campo.

3.1.2 Etapa de campo general

En esta etapa se aplicaron métodos de observación, medición, descripción y evaluación de la geología local, así como el

reconocimiento, ubicación y delimitación de las unidades litológicas y geomorfológicas a escala 1:250,000.

3.1.2.1 Técnicas de mapeo utilizadas

- a.** Travesía o caminamiento: En la cual se a través perpendicularmente el rumbo del trazo estructural dominante con el fin de establecer relaciones estructurales y estratigráficas básicas.
- b.** Técnica de mapeo por afloramiento: Consistió en delimitar las exposiciones de roca o afloramiento por medio del recorrido o seguimiento de los afloramientos, con el uso de una brújula (poligonal cerrada) o por puntos de GPS, para luego integrarlos al mapa base.

3.1.2.2 Técnicas de muestreo

- a.** Muestreo estratificado: la muestra se tomó aleatoriamente dentro de un estrato en donde se agrupan en poblaciones homogéneas y clasificadas según su color/ tonalidad.
- b.** Muestreo aleatorio simple: se seleccionaron rocas o muestras con características particulares o de diferente tamaño que estén distribuidas al azar en la unidad o afloramiento

3.1.3 Etapa de campo específica

Esta etapa consistió en cumplir los objetivos específicos planteados con el fin de determinar las litofacies de los principales afloramientos de ceniza y pómez.

3.1.3.1 Técnicas

- a. Obtención de fotomosaicos, se obtuvieron fotografías de los afloramientos de las secciones levantadas con la finalidad de construir fotomosaicos en los cuales se anotó la escala del afloramiento, orientación y los posibles límites de superficie, texturas y procesos de formación.
 - b. Levantamiento de secciones estratigráficas: Comprendió el análisis de los procesos deposicionales (lahares, depósitos de caída, flujo, oleada) con base a su estructura y geometría.
 - c. Análisis de litofacies; a escala afloramiento y en sección, siendo caracterizadas desde el punto descriptivo (características litológicas y texturales) e interpretativo, acompañado de la utilización de grafico de Walker (relación de granulometría y distancia de centro eruptivo).
- a. Estructuras sedimentarias; límites de superficie que ayudaran a definirlos. Estos separan estructuras sedimentarias de unidades de Facies, conjuntamente determinan el arreglo de los depósitos de ceniza y pómez.

3.1.3.2 Metodología del análisis de facies

La metodología utilizada se basa en la utilizada por el autor J. Branney en su libro *Pyroclastic Density Currents and the sedimentation of ignimbrites*, la cual ha sido adaptada para alcanzar los objetivos de la investigación.

a. Análisis de litofacies volcánicas

Se llevó a cabo por la descripción litológica de cada roca volcánica y el resultado es una serie de litofacies. Las litofacies se refieren al carácter de un depósito o parte de un depósito que es distinto en base a las combinaciones de estratificación, tamaño de grano, selección, fábrica y composición (no genético). Bajo esta esquila las litofacies son interpretadas en términos de procesos de la zona límite de flujo, describiendo la litología.

En zonas proximales las facies vulcanoclásticas están vinculadas directamente a los aparatos volcánicos. Aparecen asociaciones constituidas por depósitos de flujo piroclástico, de caídas proximales (depósitos de eyectos), y laderas y avalanchas. En zonas distales los modelos de facies pueden ser de ambientes sedimentarios clásicos.

b. Definición de facies

Descriptiva: las litofacies enfatizan las características litológicas de las rocas (composición,

tamaño de grano, estructuras) que pueden presentar algún rasgo de procesos físicos que le dieron origen. Representan un evento deposicional individual.

Interpretativa: Enfatizando los procesos deposicionales específicos. Las características de las litofacies resultan de los procesos físicos y químicos los cuales estuvieron activos en el tiempo de la depositación de los sedimentos en zonas proximales, medias, distales (grafico de Walker)

3.1.4 Etapa de laboratorio

Constó de la realización de siete secciones delgadas (tres correspondientes a la unidad de basaltos andesíticos, tres correspondientes a la unidad de Tobas María Tecún y una correspondiente a la unidad de Brechas de relleno) con el fin de caracterizar textural y mineralógicamente las unidades estratigráficas del área de estudio.

Se realizó el estudio de depósitos lagunares por medio de la técnica de Frotis (empleando para ello el uso de naranja de metilo) para así determinar su contenido fosilífero, en este caso la abundancia y/o escasas de diatomeas y espículas.

Tamizado y análisis en estereoscopio de muestras correspondientes a la unidad de Depósitos de caída post Chocoyos, caracterizando granulométricamente, textural y composicionalmente (litofacies) los horizontes mostrados en las columnas estratigráficas analizadas, así como el arreglo de estos.

CAPÍTULO 4 DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1 ESTRATIGRAFÍA LOCAL

El área de estudio está constituida por diversas unidades litológicas (informales) locales, las cuales derivan de la Caldera Ixtahuacán y de Caldera Atitlán. Las unidades en orden de antigüedad son: Granito, Tobas María Tecún, Depósitos Lagunares, Toba Lítica, Basalto – Andesita, Toba pomácea los Chocoyos, Depósitos de caída Post-Chocoyos y Aluvión. (Ver mapa geológico, anexo 14)

Espacialmente la unidad con mayor extensión corresponde a la Unidad de Depósitos de caída post – Chocoyos, seguido de la Unidad de Granito, Unidad de Toba pomácea los Chocoyos, Unidad de Tobas María Tecún, Unidad de Basalto Andesita, Unidad de Tobas Líticas, Unidad de Aluvión. La menor corresponde a la Unidad de depósitos lagunares. Cada una de las unidades litológicas fueron identificadas a partir de las características texturales y mineralógicas en afloramiento, así como características estereoscópicas y en láminas delgadas en laboratorio.

4.1.1 UNIDAD DE GRANITO

Se localiza en la región suroeste de la microcuenca, limitando con microcuenca Yatzá y Tzujomá. Esta aflora en una extensión espacial aproximada de 3,67 kilómetros cuadrados, correspondiendo al 35%.

La mejor exposición (ver fotografía 1) de la unidad corresponde a la vista en la parte sur de Municipio de Nahualá, departamento de Sololá, a lo largo de carretera hacia aldea Tzucubal (Límite sur con microcuenca Yatzá).

FOTOGRAFÍA 1
AFLORAMIENTO TIPO DE UNIDAD DE GRANITO
LOCALIZADO EN COORDENADAS
GTM: N1632916, E410672



Tomada por: M. Boiton, 2016

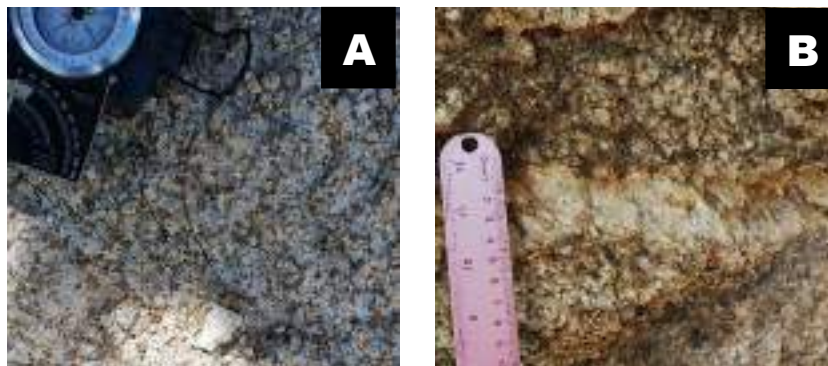
El relieve en el cual se encuentra el granito es correspondiente a las laderas de pendiente alta o de borde de caldera Ixtahuacán. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde a 2480 msnm y la menor de 1720 msnm al lado de río Nahualate.

El granito se encuentra limitado por un contacto discordante hacia el este con depósitos de caída post-Chocoyos, al igual que con la unidad de Toba lítica y un contacto fallado con Toba pomácea los Chocoyos hacia el norte de la microcuenca.

En afloramiento la roca presenta un grado de meteorización de II a III dentro de la unidad (ver fotografía 2), se disgrega con facilidad. Los afloramientos no superan los dos metros de alto y en su mayoría se encuentra cubierto de vegetación.

FOTOGRAFÍA 2

VISTA EN AFLORAMIENTO DE GRANITO



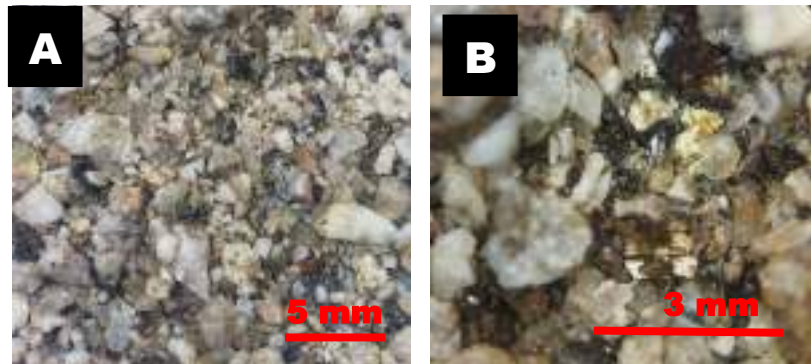
Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 2 se aprecia la vista en afloramiento del granito, la fotografía A muestra tonalidades grisáceas (fácilmente deleznable), mientras que en la fotografía B se tiene granito de tonalidad beige oscuro a beige claro, a pesar de presentar variación en tanto la tonalidad, estos mantienen la misma composición mineralógica. Debido al alto grado de meteorización de la roca no se realizaron secciones delgadas.

Macroscópicamente es definida por la presencia de cuarzo, feldespato y biotita (ver fotografía 3), es leucocrática con una textura fanerítica de granos medios (<10 mm), equigranular con cristales hipidiomorfos. Los fragmentos de cuarzo no superan los dos centímetros de diámetro, son euhedrales, fracturados e incoloros (cristalinas). Los cristales de biotita (20%) poseen tonalidad café a dorado (debido a meteorización), con tamaños menores de 0,2 cm de diámetro. Los feldespatos poseen formas subhedrales, con

tonalidades beige, Así también posee fragmentos líticos (4%) sin clasificar, con tonalidades marrones a café claro, los cuales no superan los 2 mm de diámetro.

FOTOGRAFÍA 3 ANÁLISIS ESTEREOSCÓPICO DE GRANITO, M-8



Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 3 A se observa la vista estereoscópica 10x, en la cual se observan fragmentos de cuarzo de forma subhedral con tonalidades blancuzcas, hornblenda de tonalidad beige y fragmentos líticos de formas subredondeadas de tonalidades grisáceas. La fotografía B muestra la vista estereoscópica 30x en la que se observan cristales de biotitas de tonalidades marrones a doradas con formas anhedrales

4.1.2 UNIDAD DE TOBAS MARÍA TECÚN

La Toba María Tecún aflora en la región noreste del área de investigación en el municipio de Santa Lucia Uatlán, aflorando en una extensión espacial aproximada de 1,54 km cuadrados, lo que equivale al 8% del total del área de estudio.

Esta unidad ha sido definida geográficamente, debido a su ubicación en sierra María Tecún.

La mejor exposición se encuentra localizada en sierra María Tecún sobre ciertos tramos de la carretera interamericana CA-1, con una extensión de 150 metros, (fotografía 4) en el municipio de Santa Lucia Utatlán, departamento de Sololá.

FOTOGRAFÍA 4 AFLORAMIENTO TIPO DE TOBAS MARÍA TECÚN



Coordenadas: E413462, N1636280 (GTM)

Tomada por: M. Boiton, 2016

El relieve en donde aflora esta unidad posee una topografía bastante homogénea, con pendientes mayores a 20 grados. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde a 2840 (límite norte del área de estudio) msnm y la más baja a 2500 msnm.

La toba María Tecún se encuentra limitada por contactos discordantes con los depósitos de caída Post-Chocoyos.

La roca en afloramiento es masiva, fracturada y con una secuencia de fallas normales (NW-SE), presenta una variación de tonalidades corintas a grisáceas oscuras debido a alteración

hidrotermal, acompañada de tonalidades grisáceas claras (gouge de falla) en las zonas de falla; posee un grado de meteorización II. Dicha unidad presenta 3 variaciones, que son de brecha de grano grueso, toba grano medio y toba grano fino:

- a) Brecha con fragmentos líticos de 0,5 a 3 cm de diámetro (fotografía 5);

FOTOGRAFÍA 5
MUESTRA DE MANO DE BRECHA MARÍA TECÚN M-1



A) Muestra de mano B) Textura fanerítica, fragmento lítico de riolita de tonalidad corinta con forma anhedral, redondez y esfericidad baja. Matriz de tonalidad grisácea. Coordenadas: E414571, N1635585 (GTM)

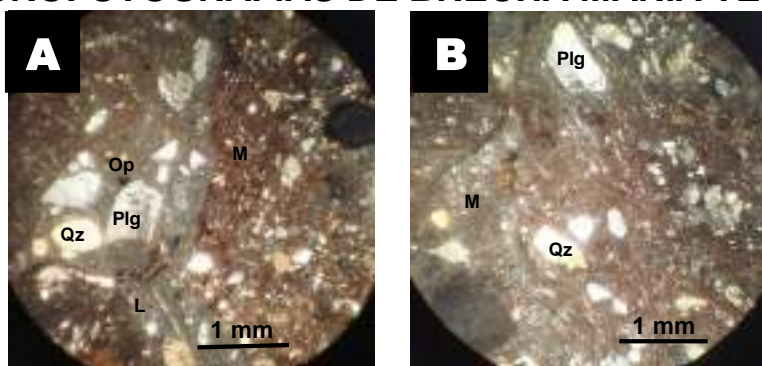
Tomada por: M. Boiton, 2016

Macroscópicamente posee una textura de grano grueso, con fragmentos líticos (45%) de 0,5 -3 cm de diámetro los cuales poseen tonalidades corintas, a café claras, los cuales pertenecen a clastos de riolitas y andesita con formas anhedrales, esfericidad y redondez baja, así también posee fragmentos de cuarzo fracturado, plagioclasas y biotitas de formas subhedrales. La muestra se encuentra muy fracturada, su matriz es de tonalidad beige a corinto claro, de granulometría muy fina (Fotografía 5 B).

Microscópicamente, se encontraron dos minerales esenciales: Cuarzo fracturado (30%) con formas subredondeadas a subangulares y Plagioclasas (25%) zonadas y con macla simple.

También se reconocieron tres minerales secundarios: Biotita (7%) con tonalidades café, subhedrales, minerales opacos (2%) y óxidos (5%) de tonalidad corinta y de forma anhedral. La matriz constituye el 31%. Siendo este porcentaje variable en los distintos fragmentos líticos observados (Fotografía 6).

FOTOGRAFÍA 6 M-1 MICROFOTOGRAFÍAS DE BRECHA MARÍA TECÚN



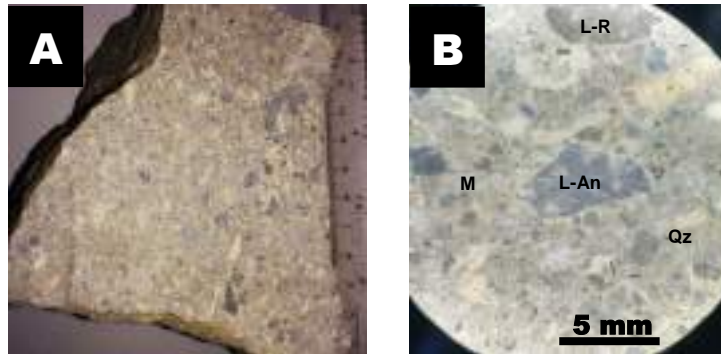
A) Vista XPL se observa cristales de plagioclasa (Plg), cuarzo (Qz), minerales opacos (Op), Matriz (M) y fragmento lítico de andesita (L). **B)** Vista XPL se observa fragmento lítico de Riolita (L), plagioclasa (Plg), cuarzo (Qz).

Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía se muestra una microestructura porfídica en el que se observan fragmentos líticos predominantemente de riolita y andesita. Los fragmentos de andesita que poseen formas anhedrales y una matriz de tonalidades grisáceas oscuras, mientras que los fragmentos de riolita poseen matriz corinta de textura fluidal con inclusiones de plagioclasas y cuarzo menores a 0,025 cm. La matriz de la toba posee tonalidades marrones en nicoles cruzados, con granulometría fina, conformada principalmente microcristales de cuarzo fracturado y plagioclasa.

- b) Toba María Tecún con fragmentos líticos menores a 0,5 cm de diámetro (fotografía 7):

FOTOGRAFÍA 7
MUESTRA DE MANO DE TOBA MARÍA TECÚN DE
GRANULOMETRÍA MEDIA M-2



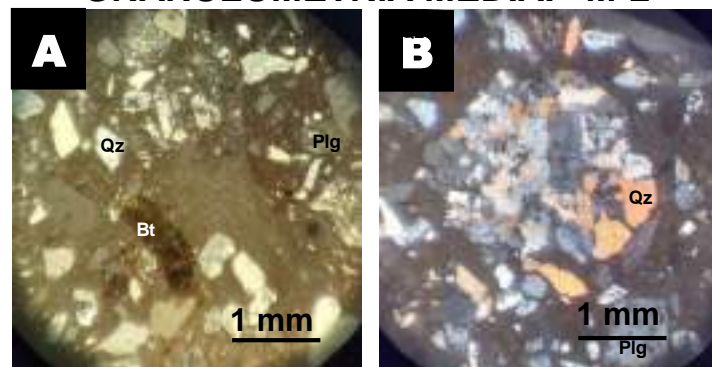
A) Se observan fragmentos líticos de andesita (L-An) con formas anhedrales de tonalidades grisáceas azuladas, fragmento de riolita (L-r) de tonalidad corinta en una matriz de tonalidad beige (afanítica).

Tomada por: M. Boiton, 2016

Macroscópicamente posee una textura fanerítica, con tonalidad grisácea a beige, esta posee mayor cantidad de líticos pero de menor granulometría (0,2-0,5 cm) correspondientes a riolitas y andesitas. Estos posee formas subangulares, con redondez y esfericidad baja. Presenta cristales de biotita de tonalidades marrones, formas euhedrales, (Fotografía 7 B) en una matriz afanítica.

Microscópicamente la roca está compuesta de dos minerales esenciales Cuarzo (29%) subhedral y Plagioclasas (17%) con macla simple y colores de interferencia de primer orden. También se reconocieron tres minerales secundarios, Biotita (3%), Minerales opacos (1) y óxidos (2%) de tonalidades corintas, siendo de esta manera el 48% de matriz. Siendo este porcentaje variable en los distintos fragmentos líticos observados (Fotografía 8).

FOTOGRAFÍA 8 MICROFOTOGRAFÍAS DE TOBA MARÍA TECÚN DE GRANULOMETRÍA MEDIA. M-2



A) Vista en XPL (4x) de cristales de cuarzo (Qz), Plagioclasa (Plg) y Biotita (bt). B) Vista en XPL, se observan cuarzo (Qz) y Plagioclasas (Plg).

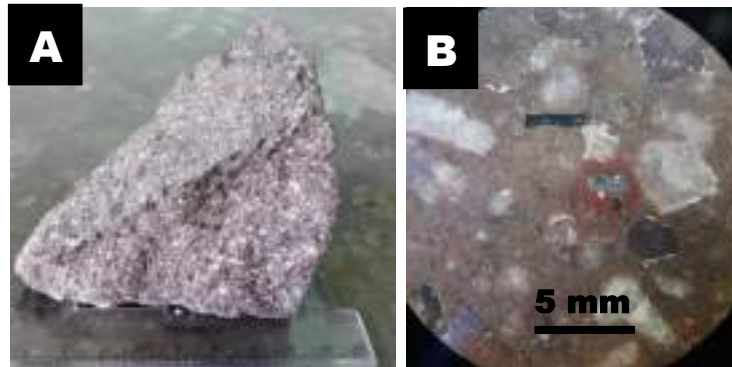
Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía se muestra una microestructura porfídica conformada de cristales de plagioclasa con maclado simple, de forma subhedral, son acompañados de cuarzo fracturado con color de interferencia amarillo- grisáceo debido a alteración, poseen formas subhedrales, los minerales opacos poseen bordes de oxidación (tonalidad corinta). Los fragmentos líticos corresponden a riolitas (tonalidades corintas con textura fluidal) y andesitas (caracterizadas por el contenido de Andesina)

c) Toba María Tecún con fragmentos líticos de granulometría fina (fotografía 9)

Macroscópicamente se observan fragmentos de cuarzo fracturados y plagioclasas (con formas tabulares, tonalidades blancuzcas opacas, son menos abundantes que el cuarzo presente). El cuarzo tiene tonalidades más claras que la plagioclasa, estas tiene formas subhedrales, con esfericidad baja. Posee cristales de biotita de tonalidades marrones, con forma euhedral.

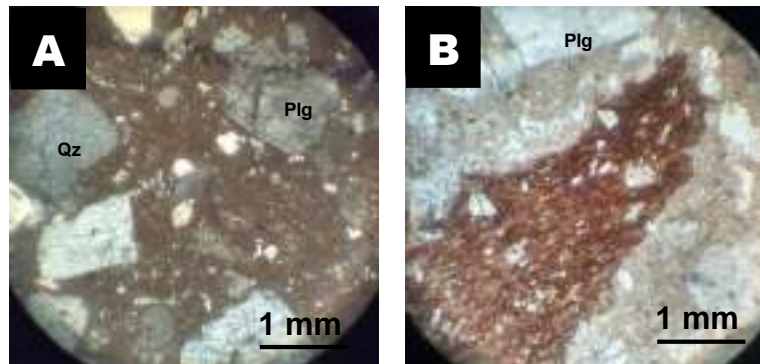
FOTOGRAFÍA 9
MUESTRA DE MANO DE TOBA MARÍA TECÚN DE
GRANULOMETRÍA FINA. M-3



Tomada por: M. Boiton, 2016

Microscópicamente, en la toba María Tecún de granulometría fina se encontraron dos minerales esenciales, Cuarzo (29%) y Plagioclasas (17%). También se reconocieron tres minerales secundarios; Biotita (3%), Minerales opacos (5) óxidos (7%) y el 35% de matriz. Siendo este porcentaje mineral variable en los distintos fragmentos líticos observados (Fotografía 10).

FOTOGRAFÍA 10
MICROFOTOGRAFÍAS DE TOBA MARÍA TECÚN DE
GRANULOMETRÍA MEDIA. M-3



A) Vista XPL B) Vista PPL
 Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 10-A se muestra una microestructura porfídica en el que se observan cristales de plagioclasa con maclado simple, tonalidades grisáceas, forma anhedral a subhedral, también se observan cuarzos, tonalidades grisáceas, con formas subhedrales. En la fotografía B se observa oxido de tonalidad corinta en xpl y en ppl, forma anhedral, con incrustaciones de plagioclasas y cuarzo.

4.1.3 UNIDAD DE TOBA LÍTICA

La unidad de toba lítica se localiza en la región oeste del área de estudio, a la orilla de Río Nahualate. Este aflora en una extensión espacial aproximada de 2 km cuadrados dentro del área de estudio.

El afloramiento tipo (mejor exposición, ver fotografía 11) de la unidad corresponde a la vista en la parte más baja del rio Nahualate (limite oeste con microcuenca Tzozomá).

FOTOGRAFÍA 11 AFLORAMIENTO TIPO DE UNIDAD DE TOBA LÍTICA M-9



Coordenadas: E409922, N1634912 (GTM)

Tomada por: M. Boiton, 2016

El relieve en el cual se encuentra la Toba lítica es correspondiente a laderas de pendiente alta (mayor a 45 grados) y sobre las curvas de fondo de Río Nahualate. La máxima altura alcanzada por dicha unidad corresponde 2200 msnm y la menor de 1720 msnm al lado de Río Nahualate (límite oeste).

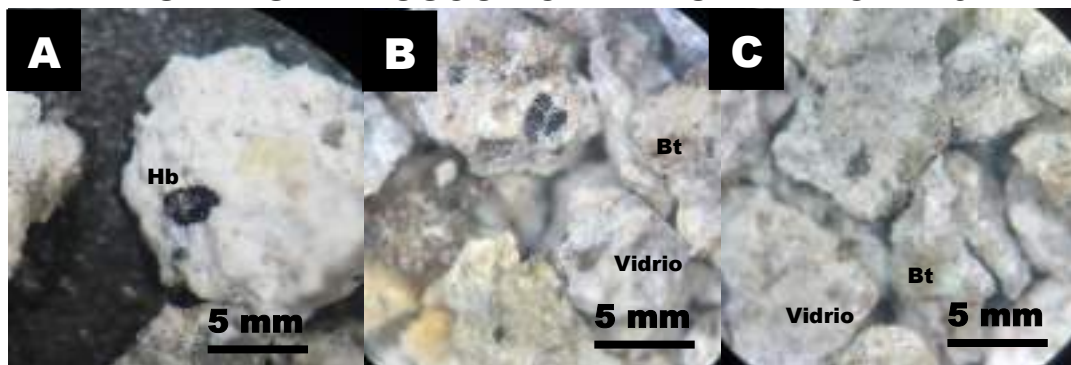
La toba lítica se encuentra limitada por un contacto discordante subhorizontal con la Toba Pomácea los Chocoyos y por un contacto fallado con Unidad de granito al oeste del área a de estudio.

En afloramiento la roca presenta un grado de meteorización II, al estar en constante contacto con el agua se observan socavaciones, posee tonalidades grisáceas a beige con fragmentos de andesita. Los afloramientos no alcanzan más de 100 metros de alto a la orilla del Río Nahualate.

Macroscópicamente es definida por la presencia de fragmentos líticos (5%) angulares a subangulares, en una matriz con vidrio volcánico (15%), biotita (5%), cuarzo (12%) de tonalidades grisáceas, horblenda (20%). Los fragmentos líticos son menores a 1 cm de diámetro, es equigranular, con textura fanerítica.

En la fotografía 12 A se observa cristal de anfíbol de tonalidad negra con habito prismático tabular, en fotografía B cristales de biotita de formas subangulares. En C se tiene fragmentos de la toba de tonalidades grisáceas, afanítica con matriz de ceniza, así también se tiene cristales de cuarzo fracturado incrustados dentro de los fragmentos.

FOTOGRAFÍA 12 VISTA ESTEREOSCÓPICA DE TOBA LÍTICA M-9



Tomada por: M. Boiton, 2016

La unidad posee una variación lateral en parámetros de textura y granulometría, la cual se define por el brechamiento de la Toba Lítica hacia el NE de la microcuenca, cuya mejor exposición se ubica en los alrededores de caserío Paximbal (Fotografía 13) en donde presenta en afloramientos de 2-3 metros de alto, con una matriz arenosa.

FOTOGRAFÍA 13 TOBA LÍTICA BRECHADA M-10

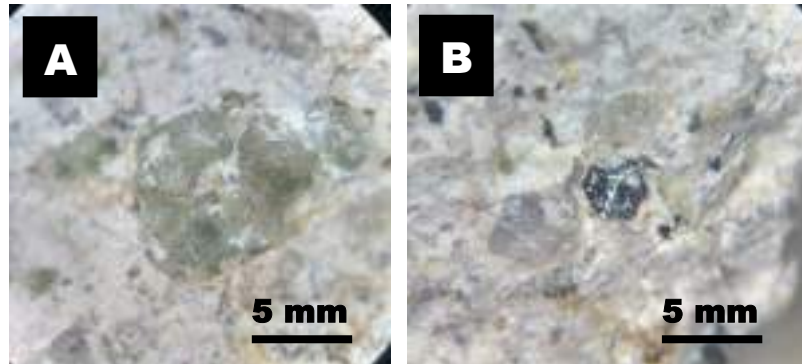


Coordenadas: E411555, N1636643 (GTM)
Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 14 A se observa una textura fanerítica, un fragmento de arcilla de un diámetro menor a 1 cm, con una forma subhedral, constituye el 5%. En la fotografía 13 B se observan

fragmentos de cuarzo fracturado, forma subhedral, vidrio volcánico (10%), con fractura concoidea, formas subhedrales, biotita de tonalidades café y formas subhedrales, minerales opacos (5%) fragmentos líticos (25%) de tonalidades grisáceas. La matriz es de ceniza tonalidad grisácea, grado de meteorización II.

FOTOGRAFÍA 14
VISTA ESTEREOSCOPIA DE TOBA LÍTICA M-10



Tomada por: M. Boiton, 2016

Esta unidad litológica fue definida según el triángulo de Schmidt (figura 8) se clasifica como toba lítica.

FIGURA 8
TRIANGULO DE SCHMIDT M-10



Fuente: INSUGEO.com

4.1.4 UNIDAD DE DEPÓSITOS LAGUNARES

La unidad de depósitos lagunares se localiza en la región norte del área de estudio, sobre río Uwalsajcab. Este aflora en una extensión espacial aproximada de 0,386 km cuadrados dentro del área de estudio, correspondiente al 3%.

La mejor exposición (ver fotografía 15, muestra 11) de la unidad corresponde a la vista en río Uwalsajcab, el cual se dirige hacia aldea Simajutiub, en la parte E del Municipio de Nahualá, departamento de Sololá.

FOTOGRAFÍA 15 AFLORAMIENTO TIPO LAGUNAR



Coordenadas: E412492, N1636295 (GTM)

Tomada por: M. Boiton, 2016

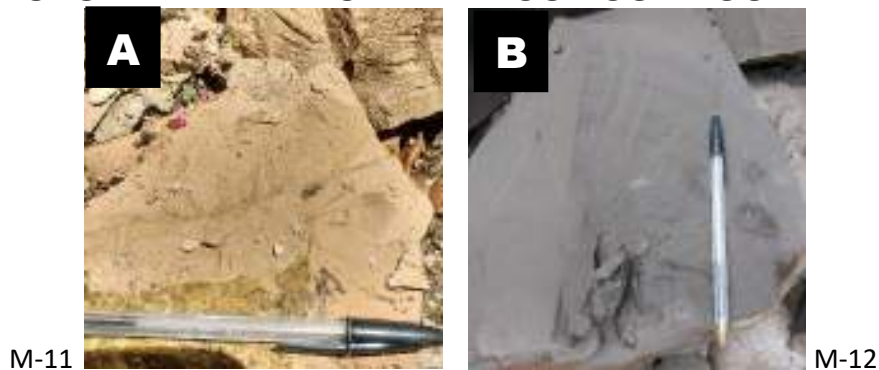
El relieve en el cual se encuentran los depósitos lagunares es correspondiente a escarpes y curvas de fondo en río Uwalsajcab. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde 2280 msnm y la menor de 2120 msnm.

Los depósitos lagunares se encuentran limitados en su parte superior e inferior por un contacto discordante con la unidad de toba pomácea los Chocoyos y con la unidad de toba lítica, respectivamente.

En afloramiento los depósitos son definidos como lagunares debido a su laminación y el alto contenido de restos orgánicos (diatomeas), posee una secuencia de horizontes de tonalidad grisácea a beige y horizontes marrones de granulometría fina gruesa, con presencia de fragmentos líticos. Estos depósitos poseen horizontes líticos de tonalidades café oscuro, de 2 metros de alto correspondientes a depósitos de relleno, con fragmentos subangulares a subredondeados. (Fotografía 16 B) Los afloramientos varían de 1-15 metros de alto.

FOTOGRAFÍA 16

MUESTRA DE MANO DE DEPOSITOS LAGUNARES



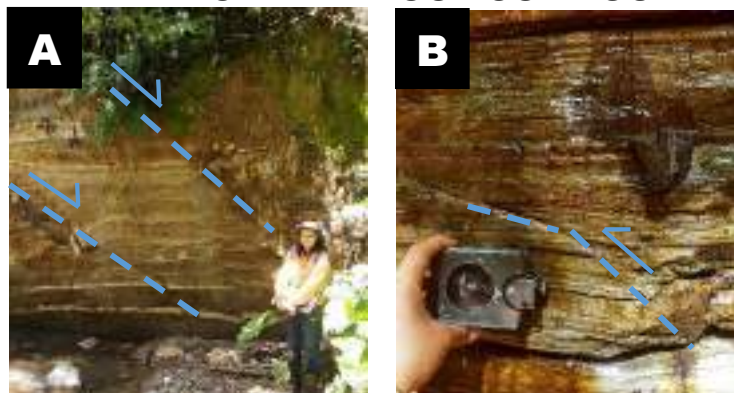
Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 16 A se observa la muestra de mano de los depósitos lagunares, correspondiente a la laminación de tonalidad beige, granulometría muy fina, no posee fragmentos líticos y posee bajo grado de meteorización, se disgrega con facilidad. En la fotografía B se muestra horizonte de tonalidad grisácea, el cual tiene

una granulometría más gruesa, sin fragmentos líticos, el espesor de este horizonte no supera los 7 cm.

La unidad de depósitos lagunares (fotografía 17) se encuentra afectada por fallamiento normal e inverso, el cual es definido por el movimiento relativo de los bloques.

FOTOGRAFÍA 17 FALLAMIENTO EN DEPÓSITOS LAGUNARES



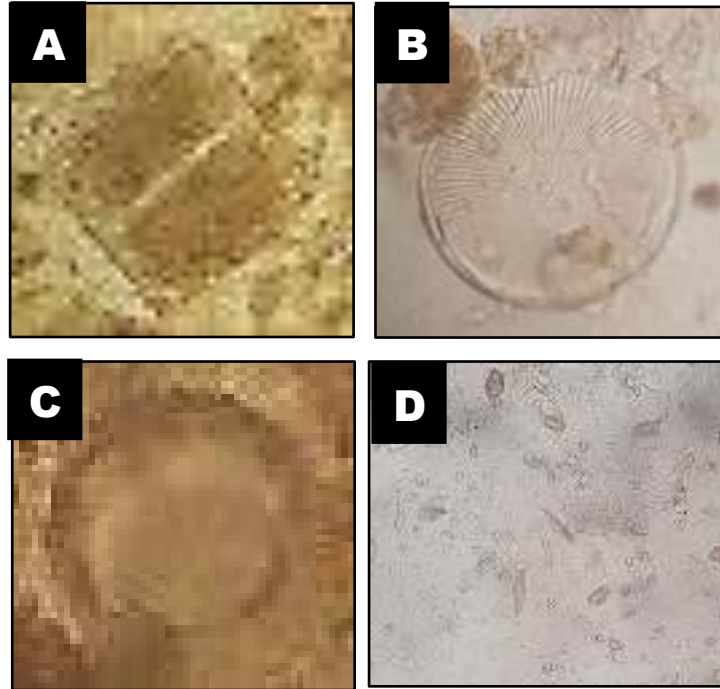
A) Falla normal (30/N194) B) Falla inversa (74/N238) (Coordenadas: E412457, N1635736 (GTM) **Tomada por:** M. Boiton, 2016

A partir de análisis de los depósitos mediante la técnica de frotis se determinó la existencia de microfauna, la cual consta de diatomeas y espículas de espongiarios (fotografía 18)

En la fotografía 18 se observan diatomeas centrales; en A se observan: A -*Melosira varians* se define por la presencia de dos tecas (Epitheca e Hipoteca), formando así el frústulo de la diatomea, ambas tecas están unidas por el cingulo. Se caracteriza por su presencia en agua estancada, alcalifila e indiferente a la sal. B -Clase *Coscindodiscophiceae* la cual se caracteriza por presentar un patrón radial en la simetría de la ornamentación la cual parte de un anillo central. Su perímetro valvar es circular, es unipolar. C -*Cyclotella*

meneghiniana se caracteriza por tener forma de tambor y una zona marginal estriada radialmente

FOTOGRAFÍA 18 DIATOMEAS CENTRALES



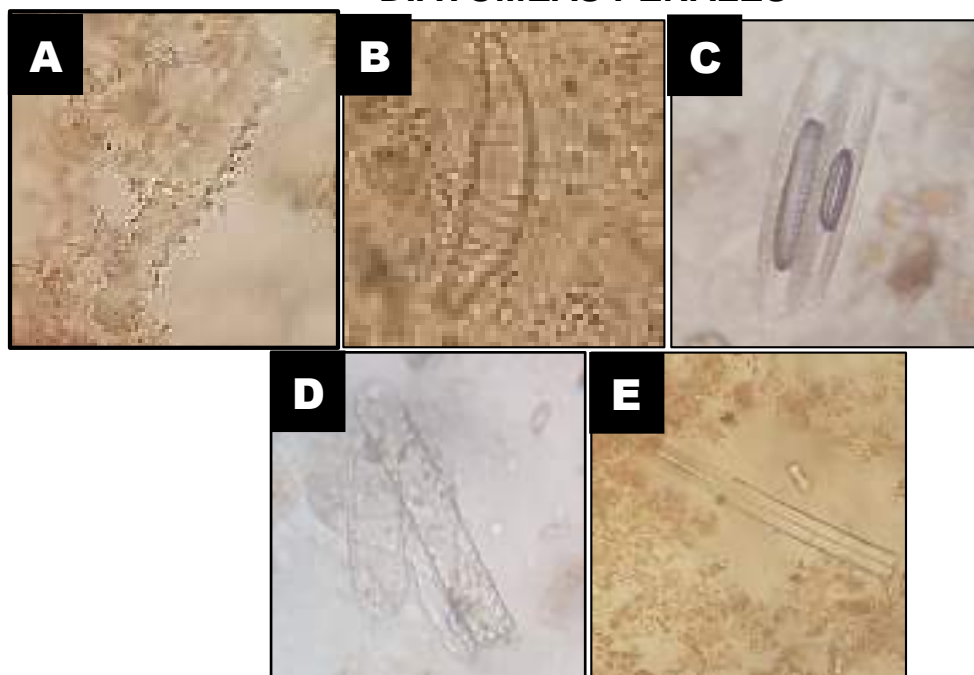
A) *Melosira varians*, B) *Coscinodiscophyceae* C) *Cyclotella meneghiniana* D) Fragmentos de frustulas

Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 19A y 19E se observa diatomea penal denominada *Denticula*, en la cual el sistema rafe de cada teca está posicionado diagonalmente opuestas entre sí, el rafe es continuo a través de teca. Las tecas muestran un arreglo que da la apariencia de dientes. En la fotografía B se muestra una diatomea denominada *Rhopalodia musculos* en la que se observa una simetría dorsiventral, el rafe se encuentra ubicado en el lado dorsal de cada valva, lo que indica que la frustula tiene forma de un gajo de naranja, este género de diatomea crece en hábitats pobres en nitrógeno. En D se observa diatomea del genero *Ephitemia* el cual posee un rafe

que se arquea levemente hacia el margen dorsal, el rafe posee hendiduras proximales. Este género es exclusivo de agua dulce, ricas en carbonatos.

FOTOGRAFÍA 19 DIATOMEAS PENALES



A) Genero *Denticula* B) *Rhopalodia musculos* C) Genero *Denticula*
D) Genero *Ephitemia* E) Espícula silíceas

Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 19E se observa espícula silíceas de forma alargada, con una hendidura central.

4.1.5 UNIDAD DE ANDESITA

La unida de andesita se localiza en la región noroeste, en los alrededores de caserío Paximbal, limitando con microcuenca Tzujomá. Este aflora en una extensión espacial aproximada de 4 km cuadrados, equivalente al 10.36% del área de estudio.

El afloramiento tipo (mejor exposición, ver fotografía 20) de la unidad corresponde a la vista en la parte este del municipio de antigua Santa Catarina Ixtahuacán, departamento de Sololá, a lo largo de la carretera hacia Ixtahuacán.

FOTOGRAFÍA 20
AFLORAMIENTO TIPO DE UNIDAD DE ANDESITA
COORDENADAS GTM; N1636000, E410500

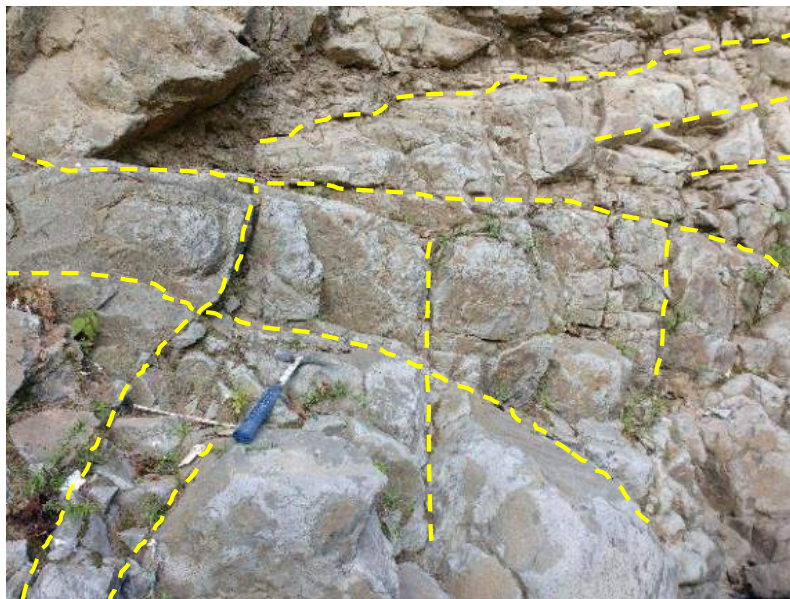


Tomada por: M. Boiton, 2016

El relieve en el cual se encuentra la andesita es correspondiente a laderas de pendiente alta o escarpes al lado de carretera a antigua Santa Catarina Ixtahuacán. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde a 2600 msnm y la menor de 2340 msnm en los alrededores de caserío Paximbal.

La unidad de andesita se encuentra limitada por un contacto discordante hacia la parte sur suprayaciendo con la unidad de Toba Lítica y subyaciendo a unidad de Toba pomácea los Chocoyos (fotografía 22) y a unidad de depósitos de caída post Chocoyos.

FOTOGRAFÍA 21
VISTA EN AFLORAMIENTO DE ANDESITA



Tomada por: M. Boiton, 2016

FOTOGRAFÍA 22
RELACIÓN ESTRATIGRÁFICA DE UNIDAD DE ANDESITA



Coordenadas: E411301, N1635541 (GTM)
Tomada por: M. Boiton, 2016

En afloramiento (fotografía 21) la roca presenta un grado de meteorización II, presenta tonalidades grisáceas claras a oscuras, es masiva y fracturada, el afloramiento tipo alcanza los 200 metros de alto los cuales en su parte inferior se encuentran cubiertos de vegetación.

Macroscópicamente es definida por la presencia de plagioclasas (20%), biotita (15%) y óxidos (8%) (Fotografía 23 a), en una matriz de tonalidad gris clara, es afanítica, consolidada con grado de meteorización II. Posee una textura porfídica, con fenocristales de plagioclasas de tonalidades blancuzcas, forma anhedral y biotita de tonalidades marrones a oscuras, forma subhedral, estas presentan bordes de oxidación de tonalidades marrones a corintas, en estas regiones es bastante porosa. La matriz fina compuesta de plagioclasas y anfíboles de tonalidad negras.

FOTOGRAFÍA 23 VISTA ESTEREOSCÓPICA DE ANDESITA M-4

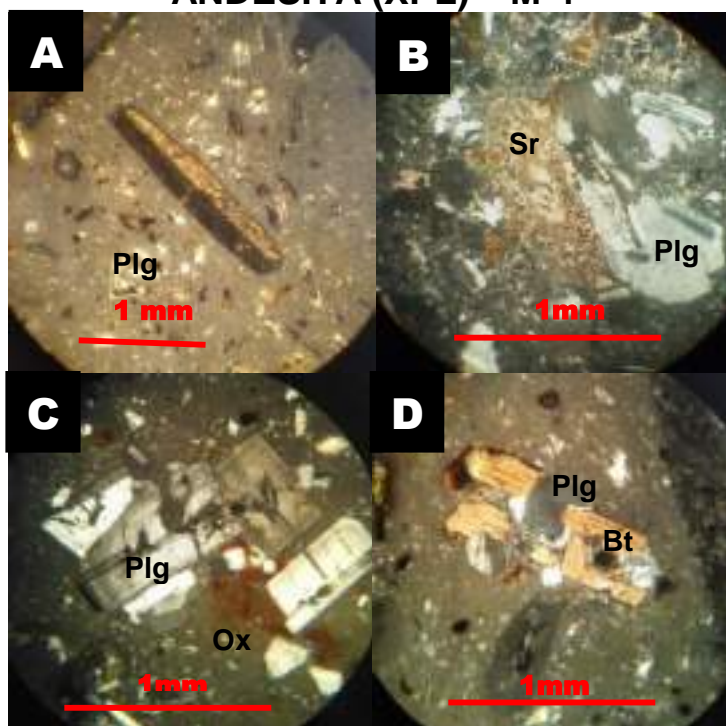


Tomada por: M. Boiton, 2016

Microscópicamente se han encontrado dos minerales primarios; Plagioclasa zonadas (28%) y biotita (5%). También se reconocieron minerales accesorios, como: relictos de horblenda (3%), sericita (3%) y óxidos (2%). Matriz afanítica (59%).

En la fotografía 24 A, se muestran microtextura porfídica, visualizándose anfíbol de forma euhedral, con macla simple y extinción recta, en una matriz grisácea muy fina, con pequeños cristales de plagioclasa. En fotografía B se observa sericitización de plagioclasa, esta posee una tonalidad café clara a oscura, posee leve pleocroísmo. En fotografía C plagioclasas zonadas, de tonalidades grisáceas, forma subhedral, lo que evidencia un enfriamiento lento y desigual en los fenocristales. Acompañado de óxidos de tonalidades marrones a corintos. En fotografía 24-D biotita con borde de oxidación de tonalidad marrón, este posee incrustaciones de plagioclasas subhedrales.

FOTOGRAFÍA 24 MICROFOTOGRAFÍA DE ZONA SUPERIOR DE ANDESITA (XPL) M-4

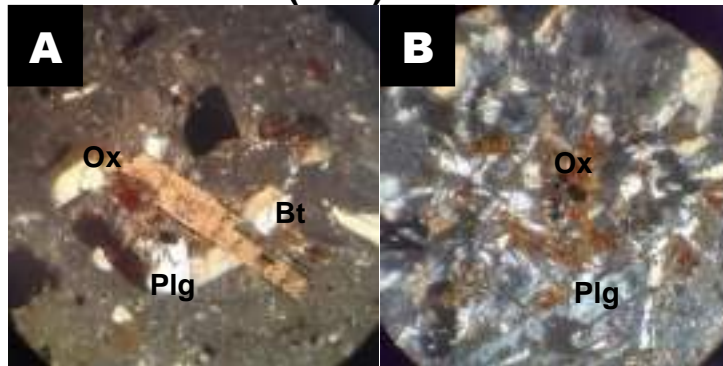


A) Cristal de anfíbol (Anf), macla simple, euhedral B) Sericitización en plagioclasa (Sr) y Plagioclasa (Plg) C) Plagioclasa (Plg) con zonación D) Biotita (bt) y plagioclasa (Plg).

Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 25 A se observa biotita (5%) con bordes de oxidación acompañada de cristales de plagioclasa, en una matriz de granulometría muy fina. En fotografía B se observan múltiples cristales de plagioclasas (Andesina y labradorita, 25%), con maclas simples y polisintéticas, acompañadas de óxidos de tonalidades marrones y minerales opacos (2%), (magnéticos) relictos de horblenda (3%).

FOTOGRAFÍA 25
MICROFOTOGRAFÍA DE ZONA INFERIOR ANDESITA
(XPL) M-5



A) Biotita (bt), plagioclasa (Plg), borde de oxidación (Ox)

B) plagioclasa (plg), óxidos (o).

Tomada por: M. Boiton, 2016

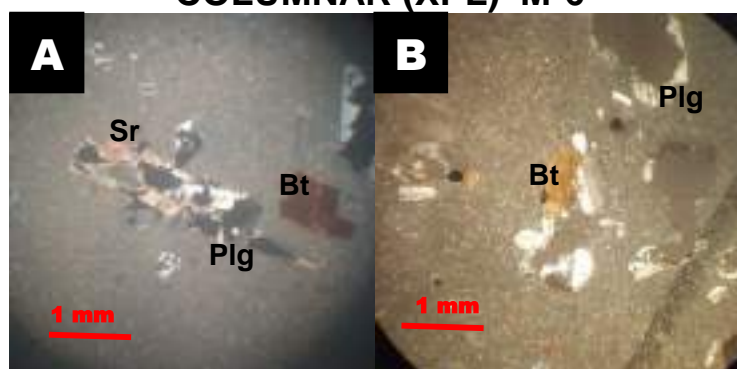
La unidad de andesita presenta una variación lateral (masivas a columnares) hacia la parte S-E del área de estudio, presentándose andesitas columnares al lado de río Uwalsajcab (Fotografía 26). En muestra de mano posee grado de meteorización II, masiva, afanítica y de tonalidad gris clara. Tiene una textura porfídica con fenocristales de plagioclasa (15%), biotitas (4%), opacos (1%), sericita (3%) y relictos de horblenda (2%). La matriz (75%) es más fina, abundante y de tonalidades grisáceas (Fotografía 27).

FOTOGRAFÍA 26
ANDESITA COLUMNAR RÍO UWALSAJCAB



Coordenadas: E413020, N1637038 (GTM)
 Tomada por: M. Boiton, 2016

FOTOGRAFÍA 27
MICROFOTOGRAFÍA DE ZONA DE ANDESITA
COLUMNAR (XPL) M-6

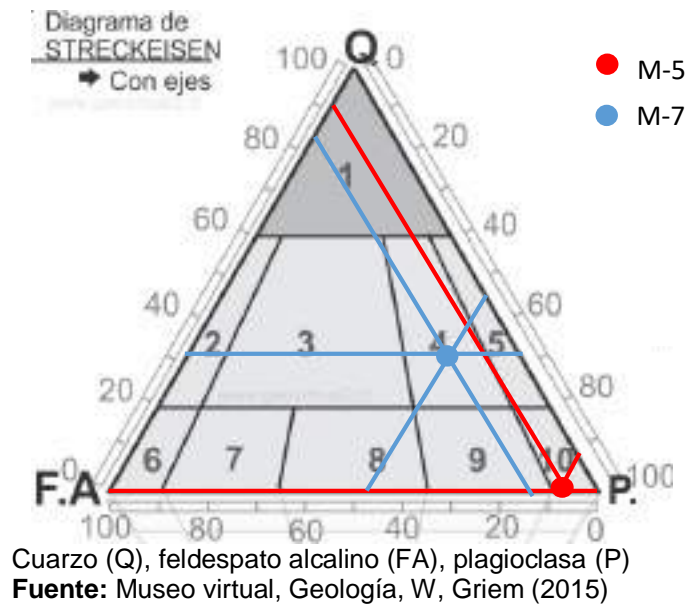


A) Plagioclasa (Plg), biotita (Bt), Sericitización (Sr), B) Biotita (Bt), Plagioclasa (Plg)

Tomada por: M. Boiton, 2016

Esta unidad litológica, según el triángulo de Streckeisen (figura 10) se clasifica como una Andesita, por el contenido de plagioclasas de tipo andesita y su matriz microcristalina. En las fotografías 24, 25 y 27, se puede visualizar que esta unidad litológica, tiene variaciones en tanto el contenido de plagioclasa y abundancia de matriz.

FIGURA 9
TRIANGULO DE STRECKEISEN PARA ANDESITA Y DACITA



4.1.6 UNIDAD DE TOBA POMÁCEA LOS CHOCOYOS

La unidad de toba pomácea los chocoyos se localizan en la región suroeste del área de estudio, a la orilla de Río Nahualate. Este aflora en una extensión espacial aproximada de 2,06 km cuadrados, equivalente al 10.67% del área de estudio. Está a sido definida por la presencia de horizonte rosado.

El afloramiento tipo (mejor exposición, fotografía 28) de la unidad corresponde a la vista en la parte suroeste del área de estudio, al lado del Río Nahualate, formando escarpes de al menos 100 metros de alto. Se ubica en el municipio de Santa Catarina Ixtahuacán, departamento de Sololá.

FOTOGRAFÍA 28
AFLORAMIENTO TIPO DE UNIDAD DE TOBA
POMACEA LOS CHOCOYOS



Coordenadas: E410563, N1635000
Tomada por: M. Boiton, 2016

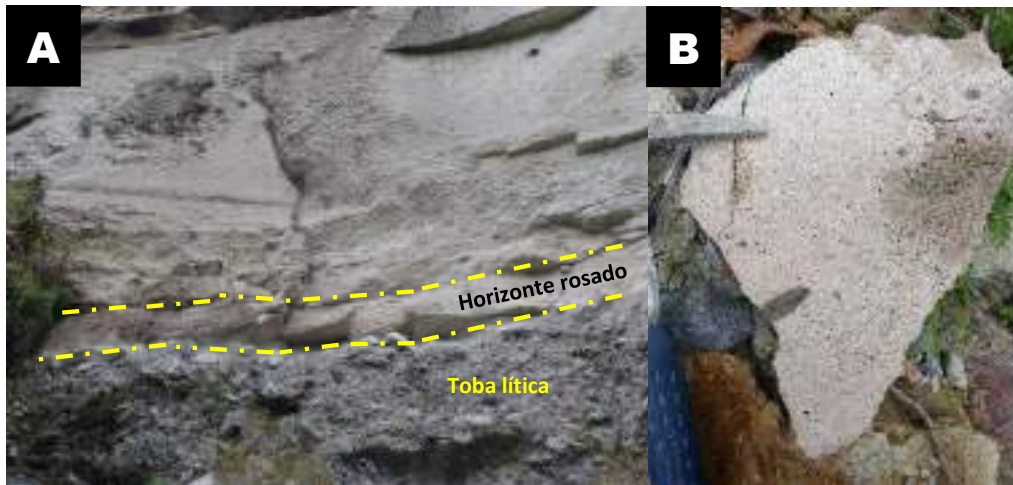
El relieve en el cual se encuentra la toba pomácea los Chocoyos corresponde a escarpes de al menos 70-80 grados de inclinación, al lado de Río Nahualate. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde a 2280 msnm y la menor de 1900 msnm.

La toba pomácea se encuentra limitado por un contacto discordante en su parte superior con la unidad de Brechas de relleno de caldera, y en su parte inferior con Toba lítica. Dicho contacto está definido por un horizonte pomáceo masivo rico en potasio (KFd)), por lo que posee una tonalidad rosada (fotografía 30 A), posee un espesor de 30 cm,

En la fotografía 29 se observa horizonte rosado, grado de meteorización II, grado de consolidación medio bajo, constituido principalmente de pumita masiva con incrustaciones de biotitas(15%) de tonalidades café y forma hexagonal, cuarzo (10%)

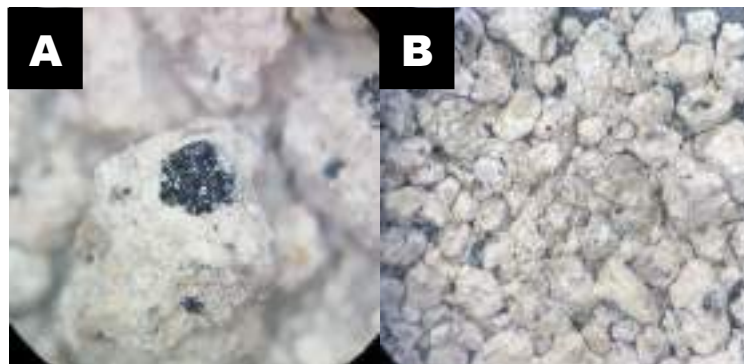
fracturado de forma euedral, con redondez media, y óxidos de tonalidades corintas a café claro, este se restringe alrededor de las biotitas (fotografía 30 A). Koch y McLean (1975) concluyen que esta coloración fue el resultado de la oxidación del hierro cuando los flujos piroclásticos se enfriaron.

FOTOGRAFÍA 29
HORIZONTE ROSADO LOS CHOCOYOS M-13



Tomada por: M. Boiton, 2016

FOTOGRAFÍA 30
VISTA ESTEREOSCOPICA DE TOBA POMACEA LOS CHOCOYOS M-13



Tomada por: M. Boiton, 2016

Sobre dicho horizonte se encuentra la toba pomácea masiva de tonalidades beige a café claro, grado de meteorización II, esta

posee biotita (8%), con formas anhedrales, vidrio volcánico (15%) con fractura concoidea, al igual que horizonte rosado presenta óxidos (5%) de tonalidades amarillas a corintas y fragmentos de cuarzo (10%), de tonalidades blancuzcas, formas subangulares, todo ello en una matriz de pumita (fotografía 30B).

FOTOGRAFÍA 31 MUESTRA DE MANO DE TOBA POMÁCEA LOS CHOCOYOS



Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 31 se observa muestra de toba pomácea, esta posee consolidación media baja, con horizontes decimétricos de tonalidades café a beige, no contiene fragmentos líticos, solo cuarzo, vidrio y biotita.

La unidad fue nombrada debido a la presencia del horizonte rosado, el cual Newhall (1986) lo describe dentro del miembro H de los depósitos pomáceos de caída.

4.1.7 UNIDAD DE RECHA DE RELLENO DE CALDERA

La unidad de Brecha de relleno de caldera se localiza en la región noroeste del área de estudio, limitando con microcuenca Tzozomá. Este aflora en una extensión espacial aproximada de 1,2

km cuadrados, equivalente al 6,22% del área de estudio. El afloramiento tipo (fotografía 32) de la unidad corresponde a la vista en la parte este del municipio de Santa Catarina Ixtahuacán (parte oeste de caserío Paximbal), departamento de Sololá.

El relieve en el cual se encuentran las brechas de relleno corresponde a laderas de pendiente media o laderas de incisión fluvial. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde a 2400 msnm y la menor de 2140 msnm sobre toba pomácea los Chocoyos, al lado norte de río Nahualate.

FOTOGRAFÍA 32 AFLORAMIENTO TIPO DE UNIDAD DE BRECHA DE RELLENO DE CALDERA



Coordenadas: E409523, N1635337 (GTM)

Tomada por: M. Boiton, 2016

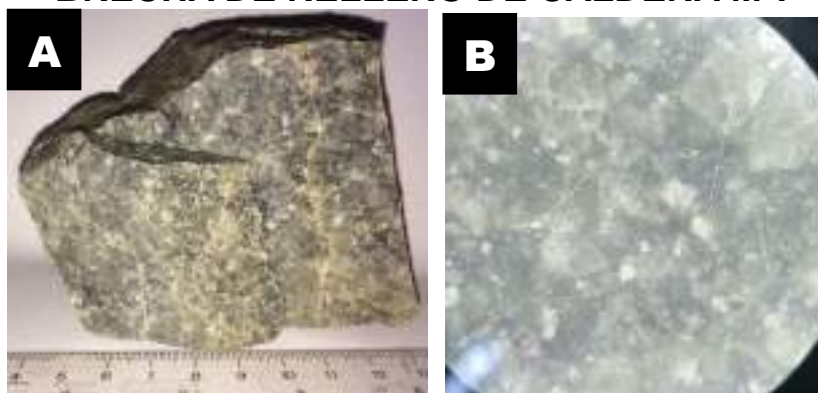
La brecha de relleno se encuentra limitada por un contacto discordante con Toba pomácea los Chocoyos hacia el sur al igual que con unidad de Andesitas hacia el norte de la microcuenca.

En afloramiento posee una textura brechada conformada de fragmentos subangulares de dacita menores a 15 centímetros de diámetro, en una matriz arenosa con ceniza y suelo, posee una

disposición caótica, posee una textura clasto soportado (fotografía 32).

Macroscópicamente es definida por su aspecto cristalino (fotografía 33), tonalidad grisácea, textura fanerítica (o gruesa) con fenocristales de cuarzo y plagioclasa. Se encuentra consolidada con grado de meteorización II, fuertemente fracturada y afectada por alteración hidrotermal. Los fenocristales de plagioclasa alcanzan los 2 mm de diámetro, mientras que los de cuarzo alcanzan los 4 mm con formas subhedrales.

FOTOGRAFÍA 33 BRECHA DE RELLENO DE CALDERA M-7



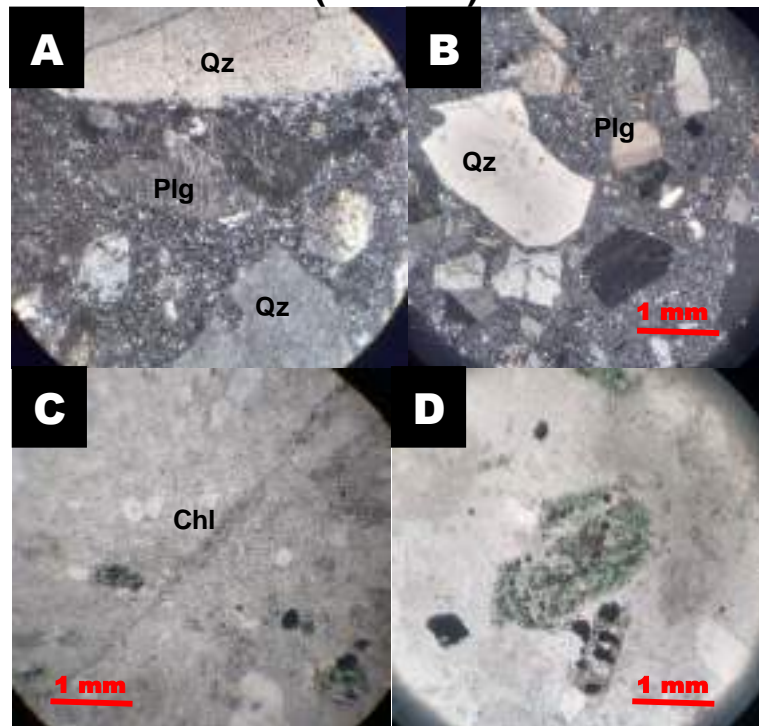
Tomada por: M. Boiton, 2016

Microscópicamente es definida por la presencia de minerales primarios tales como cuarzo (23%) y plagioclasa zonadas, macla polisintética y algunas de ellas con textura pertítica (44%), y minerales secundarios tales como biotita (3%), óxidos (1%), sanidina (1%) y clorita (6%), la matriz constituye el 22%.

En la fotografía 34A se observa textura porfídica, cristal de cuarzo euhedral, extinción recta, plagioclasa de tonalidad grisácea con textura pertítica. En 34B, cristales de cuarzo subhedral, con

bordes redondeados lo que indica retrabajamiento de los cristales, plagioclasa con macla simple, en una matriz de microcristales de cuarzo y plagioclasa. 34C fractura con clorita de tonalidad verdosa (nicoses paralelos), pleocroísmo débil, por alteración hidrotermal. 34D anfíbol cloritizado de tonalidad verdosa en nicoses paralelos, acompañado de biotita de forma subhedral y minerales opacos de forma anhedral.

FOTOGRAFÍA 34
MICROFOTOGRAFÍA DE BRECHA DE RELLENO DE
CALDERA (DACITA) M-7



A) Vista XPL B) Vista XPL C) Vista PPL D) Vista PPL
 Tomada por: M. Boiton, 2016

La roca según el triángulo de *Streckeisen* se clasifica como una dacita. (Figura 10, azul)

La unidad ha sido nombrada debido a que solo posee un tipo de lítico (dacita), lo que podría ser la parte más distal de una colada, esto acompañado de alteración hidrotermal (definido por la

presencia de clorita en las fracturas de la roca), generando de esta manera un depósito caótico, con una matriz arenosa de suelo, ceniza y fragmentos de dacita menor tamaño.

4.1.8 UNIDAD DE DEPÓSITOS FLUVIOTORRENCIALES

La unidad de depósitos fluviotorrenciales se localiza en la región noreste del área de estudio, sobre carretera interamericana. Esta surge en una extensión espacial aproximada de 0.009 km cuadrados, equivalente al 0,04 % del área de estudio.

El afloramiento tipo (mejor exposición, fotografía 35) de la unidad corresponde a la vista sobre carretera interamericana km 149, en la parte este del municipio de Nahualá, departamento de Sololá.

El relieve en el cual se encuentran corresponde a laderas de pendiente media alta. La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde 2490 msnm y la menor de 2480 msnm al lado de carretera interamericana.

Se encuentra limitado por un contacto discordante en su parte superior con unidad de depósitos de caída post- Chocoyos.

FOTOGRAFÍA 35 AFLORAMIENTO TIPO DE DEPÓSITOS FLUVIOTORRENCIALES



Coordenadas: E413020, N1637038

Tomada por: M. Boiton, 2016

En afloramiento posee un grado de meteorización variable de II a III, se caracteriza por la presencia de fragmentos líticos de 0,5 cm a 2 m de diámetro, poseen formas subredondeadas a subangulares, su contenido lítico corresponde a andesitas de tonalidades grisáceas a corintas, basaltos y tobas líticas. Estos se encuentran agrupados en 6 secuencias delimitadas por hard ground (fotografía 36), el cual se caracteriza por poseer un grado de consolidación medio bajo, de tonalidad marrón, su contenido consiste de fragmentos líticos marrones a grisáceos, posiblemente andesíticos (30%), vidrio volcánico (5%), biotita (20%), moscovita (15%) y anfíboles (5%). Las secuencias poseen una gradación normal o FUS y gradación inversa o CUS.

FOTOGRAFIA 36 HARD GRAUND



Tomada por: M. Boiton, 2016

4.1.9 UNIDAD DE DEPÓSITOS DE CAÍDA

La unidad de depósitos de caída se localiza en la región este del área de estudio, limitando con cuenca Atitlán. Este aflora en una extensión espacial aproximada de 9,62 km cuadrados, equivalente al 49.84% del área de estudio.

El mejor exposición, fotografía 37) de la unidad corresponde a la vista sobre km 149 en carretera interamericana, en la parte oeste del municipio de Santa Lucía Utatlán, departamento de Sololá.

El relieve en el cual se encuentran los depósitos de caída corresponden topografía de pendiente muy baja (menor 15 grado de inclinación). La altura máxima alcanzada por dicha unidad corresponde a 2600 msnm (aldea Tzucubal) y la menor de 2180 msnm en caserío Paximbal.

FOTOGRAFÍA 37 **AFLORAMIENTO TIPO DE DEPÓSITOS DE CAIDA**



Coordenadas: E413020, N1637038

Tomada por: D. Pacay, 2016

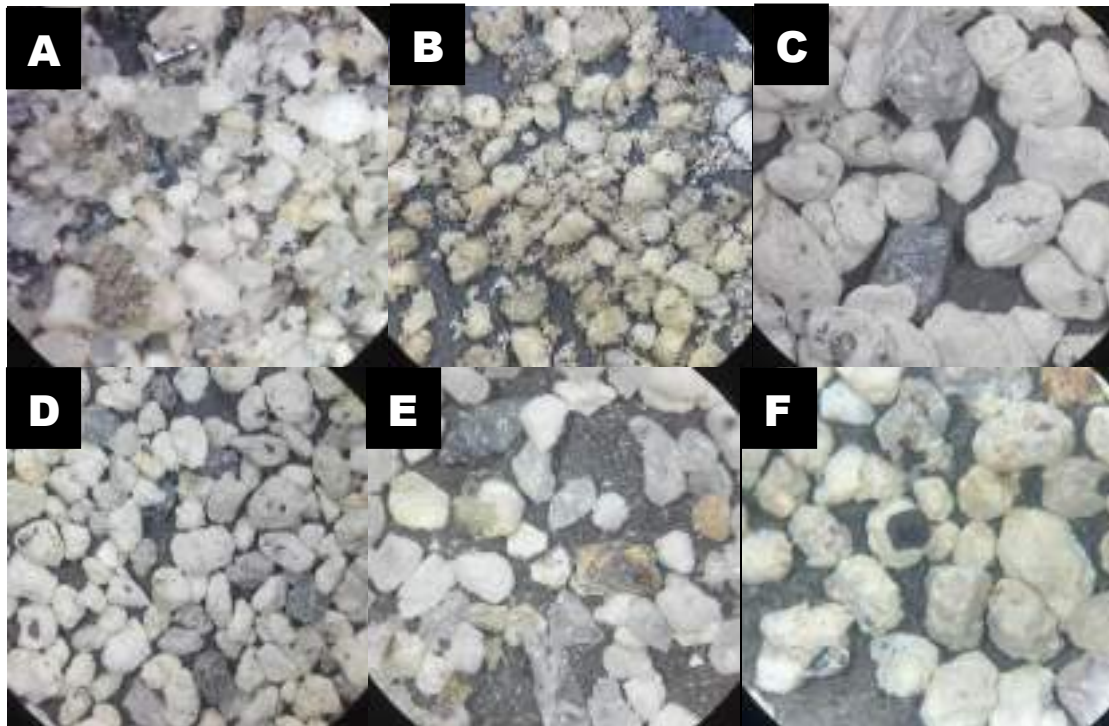
Los depósitos de caída se encuentran limitados por contactos discordantes con unidad de Tobas María Tecún, unidad de Toba pomácea los Chocoyos, unidad de Granito, unidad de Andesita y unidad de Toba Lítica.

En afloramiento presenta un grado de meteorización variable entre I y II a lo largo de la unidad (fotografía 37.), por lo que presenta pumitas de tonalidades amarillentas, la biotita se presenta de

tonalidades doradas. Los afloramientos alcanzan los 40 metros de alto y lo mínimo de 0,7 metros de alto, en su mayoría se encuentra cubierto de suelo vegetal.

Macroscópicamente es definida por la presencia de pumita, vidrio, cuarzo, moscovita, biotita, magnetita, anfíboles y obsidiana (fotografía 38). Su granulometría, composición y geometría es variable tanto lateral (de este a oeste, en tanto el espesor de los estratos y altura de los afloramientos) como verticalmente (en tanto las litofacies encontradas, siendo está dominada por la presencia de estratificación con gradación normal hacia el oeste) a lo largo de toda la unidad.

FOTOGRAFÍA 38 ANÁLISIS ESTEREOSCÓPICO DE DEPÓSITOS DE CAÍDA



Tomada por: M. Boiton, 2016

En la fotografía 38 se observan seis muestras correspondientes a las distintas columnas estratigráficas realizadas

en el área de estudio. En la fotografía 38 A se observa muestra de columna C1-M-1 (ver en capítulo 5), posee fragmentos de pumita subredondeadas de tonalidades beige con fragmentos de obsidiana de formas subangulares, moscovita, biotita, anfíbol de tonalidad negra a verde oscuro de forma tabular y fragmentos de vidrio fracturado con porcentajes variables en las muestras.

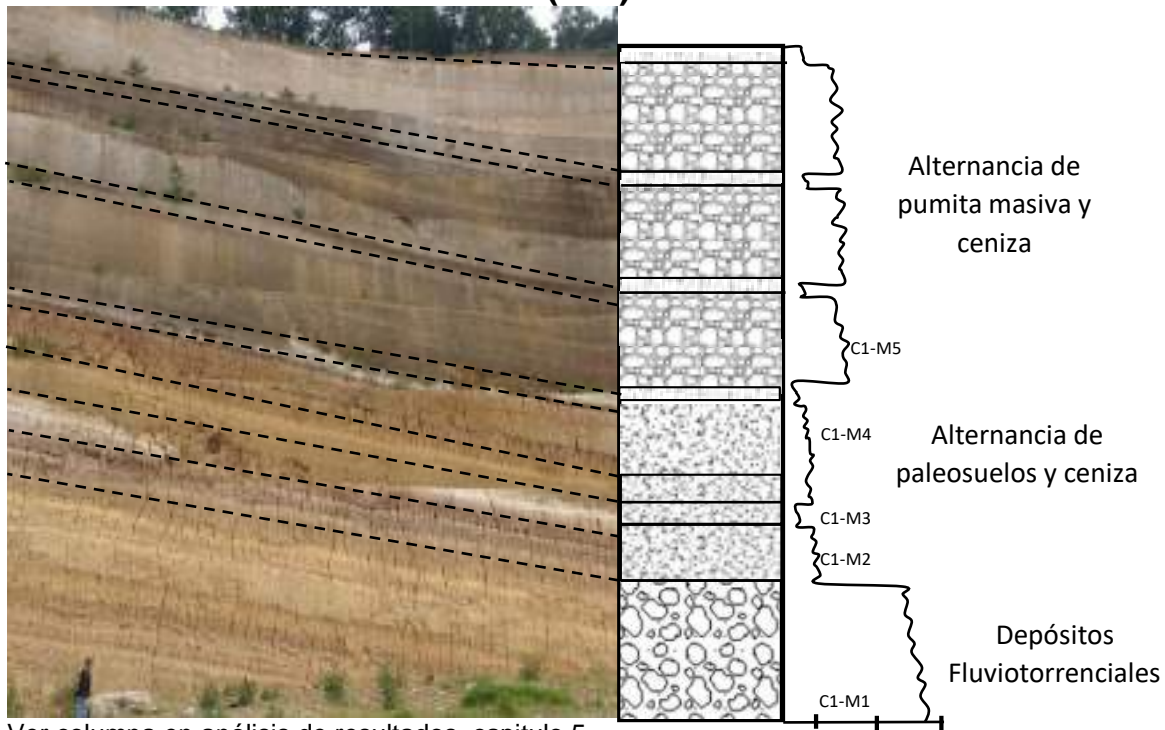
En B muestra de columna C5 M-2, horizonte de tonalidad clara, posee fragmentos de pumita de forma subangular a subredondeada, con incrustaciones de anfíbol (15%), moscovita de forma hexagonal, biotita (7%) y magnetita (5%). En C muestra de columna P155, fragmentos de pumita con magnetita (3%), vidrio (8%), fragmentos líticos de andesita (3%), biotita (3%) y moscovita. En D (C8 M-2) aumenta el contenido de vidrio y disminuye el contenido de biotita, en F (C9 M-4) fragmentos de vidrio (15%) subangulares, fragmentos líticos de andesita (3%), biotita (5%) y moscovita de formas subhedrales, fragmentos de cuarzo de forma subangular.

Con base a estas diferencias texturales y composicionales, se elaboraron distintas secciones estratigráficas a lo largo de la microcuenca. A continuación se muestran dos columnas representativas del arreglo de los depósitos de caída (ver capítulo 5, análisis de resultados).

En la figura 10 se muestra columna general de C2- M-2 (ver en capítulo 5) la cual muestra la relación estratigráfica entre los depósitos fluvio-torrenciales en su base, los cuales en su mayoría poseen gradación positiva, en su parte intermedia se distingue una serie de paleosuelos de espesores variables y tonalidades marrones a café claro, con biotita y fragmentos líticos, estos marcan un hiato

en tanto la actividad volcánica. Seguido a ello se tiene una secuencia de horizontes de pumita de al menos 1,5 m de alto, se caracteriza por no poseer gradación ni arreglo y horizontes de ceniza volcánica de tonalidades grisáceas y granulometría muy fina, se encuentran masivas. Este arreglo corresponde a tres eventos que serán explicados en capítulo 5.

FIGURA 10
COLUMNA GENERAL (C-9) DE DEPÓSITOS DE CAÍDA



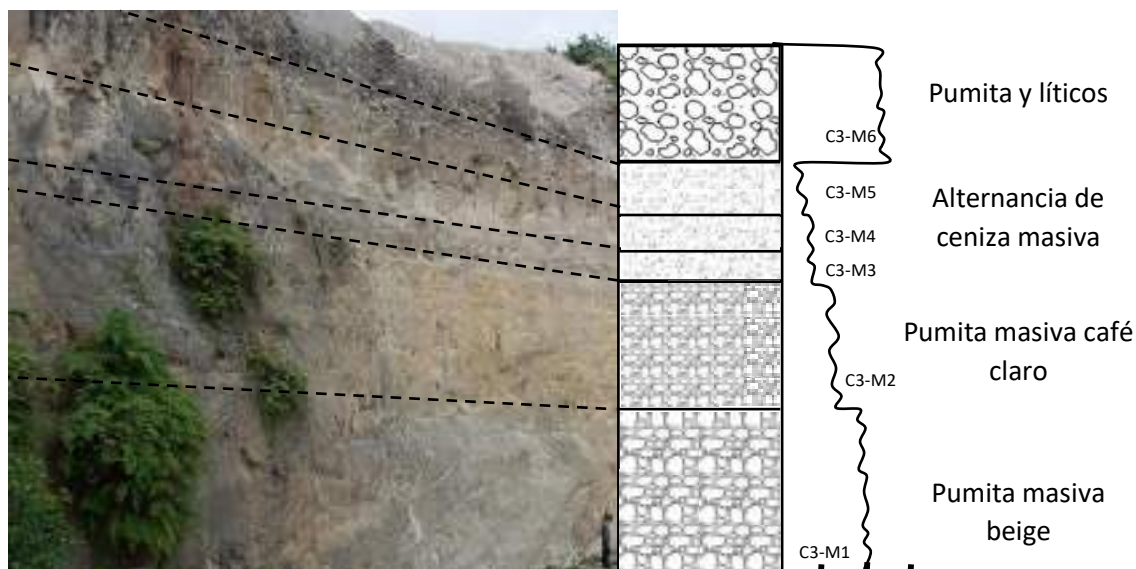
Ver columna en análisis de resultados, capítulo 5

Tomada por: M. Boiton, 2016

En la figura 11 se observa sección estratigráfica general (ver en capítulo 5), en su base un horizonte de al menos 3 meros de pumita acrecional a masiva, se caracteriza por su tonalidad beige, seguido de horizonte de pumita de tonalidad café claro, con mayor porcentaje de líticos, sin gradación. Seguido a ella se observa una alternancia de horizontes de ceniza de tonalidades grisáceas a café,

de consolidación media baja, sin pumita. Como último horizonte se observa depósito de caída con fragmentos de granito, andesita y basalto de formas subredondeadas a subangulares, de tonalidades grisáceas a corintas, no posee gradación y su matriz es de ceniza.

FIGURA 11
COLUMNA GENERAL DE DEPÓSITOS DE CAÍDA (C3)



Ver columna en análisis de resultados, capítulo 5

Tomada por: M. Boiton, 2016

4.1.10 UNIDAD DE ALUVION

Esta se localiza a lo largo del rio Nahualate y rio Uwalsajcab, en el centro y este del área de estudio respectivamente.

La unidad de aluvión aflora 0,51 km cuadrados aproximadamente, equivale al 2,64% del área de estudio. Los fragmentos líticos transportados por los ríos son variados en tanto granulometría (0,5 cm a 1m de diámetro) y composición litológica (andesita, granito, basalto, toba lítica), con formas predominantemente subredondeadas a redondeadas.

Geomorfológicamente los aluviones se asocian a depósitos de canal reciente (fotografía 39).

FOTOGRAFÍA 39 UNIDAD DE ALUVION



A) Aluvión en río Nahualate, vista NW B) aluvión en río Uwalsajcab, vista NE
Tomada por: M. Boiton, 2016

4.2 GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

La geología estructural del área de estudio se encuentra controlada por los eventos de colapso de caldera Atitlán y caldera Ixtahuacán. Para su análisis se ha propuesto un modelo estructural y tectónico, obtenidos mediante el análisis de las diferentes estructuras del dominio frágil medidas y encontradas en el área de trabajo.

4.2.1 LINEAMIENTOS

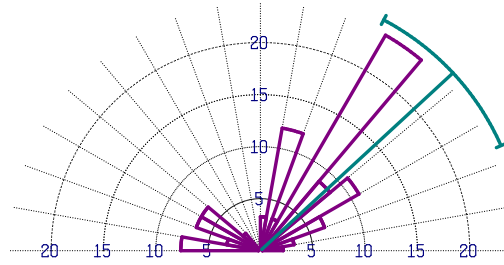
Se definen como rasgos estructurales que son determinados mediante mapas topográficos, ortofotos, fotografías aéreas, etc. Su presencia y relación espacial en la superficie terrestre son indicadores de contactos litológicos, fracturamiento y fallamiento, el cual en este caso es asociado a la fallamiento de Caldera Ixtahuacán y Caldera Atitlán I.

Para la microcuenca estudiada se establecieron tres patrones principales, el dominante posee una dirección N35E, los secundarios corresponden a N15E y N65W respectivamente (figura 12). La roseta fue construida mediante el análisis de 75 datos obtenidos de ortofotos del área de estudio.

MAPA 4 LINEAMIENTOS FOTOINTERPRETADOS



FIGURA 12
ROSETA MOSTRANDO RUMBOS DE LINEAMIENTOS



Fuente: investigación de campo, 2016

4.2.2 FRACTURAS

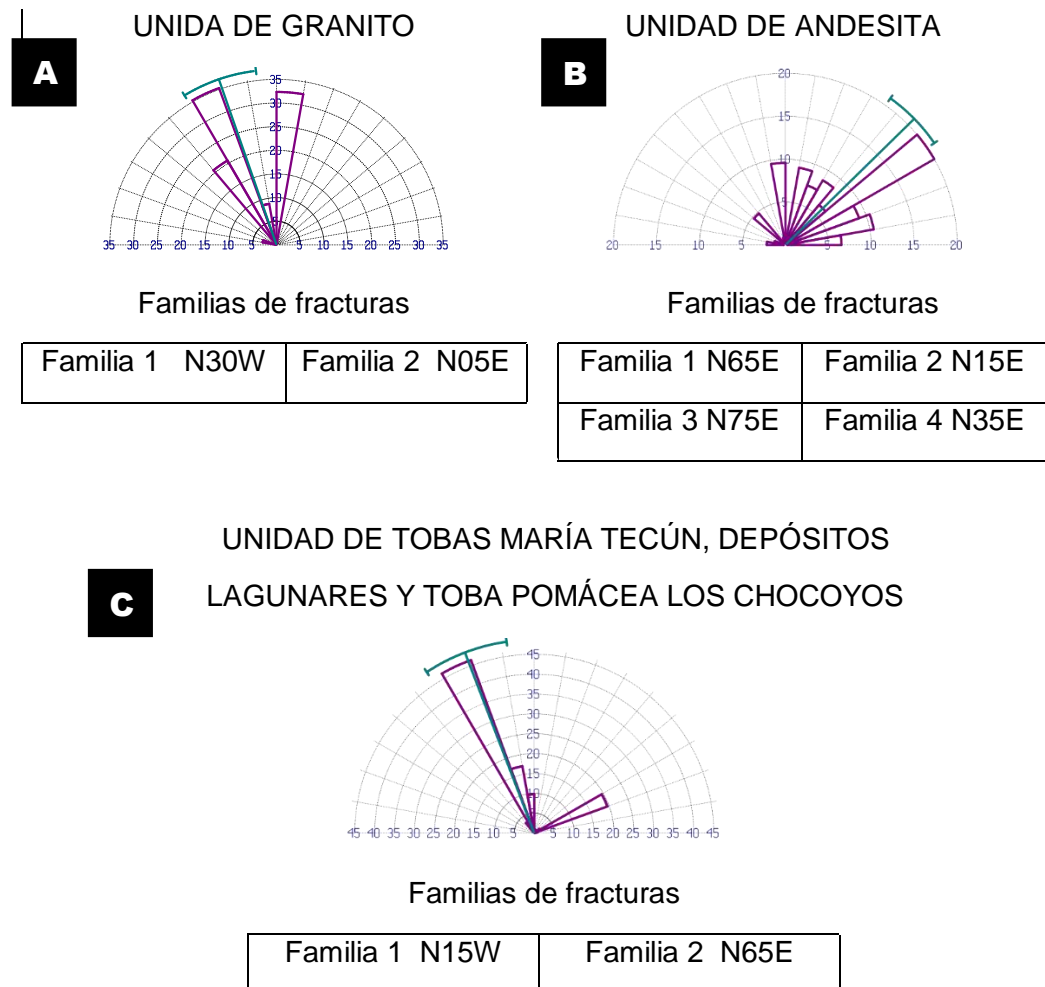
Las fracturas son las estructuras más abundantes dentro del área de estudio, se encuentran presentes en la unidad geológica de Andesita, Toba María Tecún, y Granito, y en menor proporción en la unidad de depósitos de caída, siendo así el resultado del comportamiento frágil de las rocas.

A partir del diagrama de rosas que incluye el análisis de 35 fracturas (figura 13A) se determinaron dos familias representativas en unidad de Granito por medio del análisis estadístico de las fracturas, las cuales poseen un rumbo de plano N05E y N30W. En la unidad de Andesita (figura 13B) se determinó una familia principal a través del análisis estadístico de 231 fracturas, con una dirección N55E. Subordinados también se observaron 4 familias de fracturas en dirección N-E, asociadas a las andesitas columnares.

A partir del diagrama de rosas de unidad de Toba María Tecún, Unidad Toba Chocoyos y unidad de depósitos de caída (figura 13C) se determinaron dos familias

representativas, estas poseen un rumbo de plano N15W y N65E, estas se han unido debido a que presentan las mismas familias de fracturas.

FIGURA 13 ROSETAS DE FRACUTRAS EN UNIDADES GEOLÓGICAS



Elaborado por: M. Boiton, 2016

Mediante el análisis de las 3 rosetas de las distintas unidades geológicas mostradas en figura 13 se ha podido determinar que existen dos eventos deformacionales; evento 1 en el que la unidad de granito (fotografía 40) y las unidades de Tobas María Tecún,

depósitos lagunares y Toba pomácea presentan una dirección de rumbo preferencial en N25W, lo que refleja que forman parte del mismo evento deformacional. Evento 2 en el que se muestra una dirección preferencial de rumbo en N70E entre unidad de andesita y unidades de figura 13C, dicho fracturamiento se encuentra paralelo al fallamiento de caldera Ixtahuacán.

FOTOGRAFÍA 40 FRACTURAMIENTO EN GRANITO



Elaborado por: M. Boiton, 2016

4.2.3 FALLAS

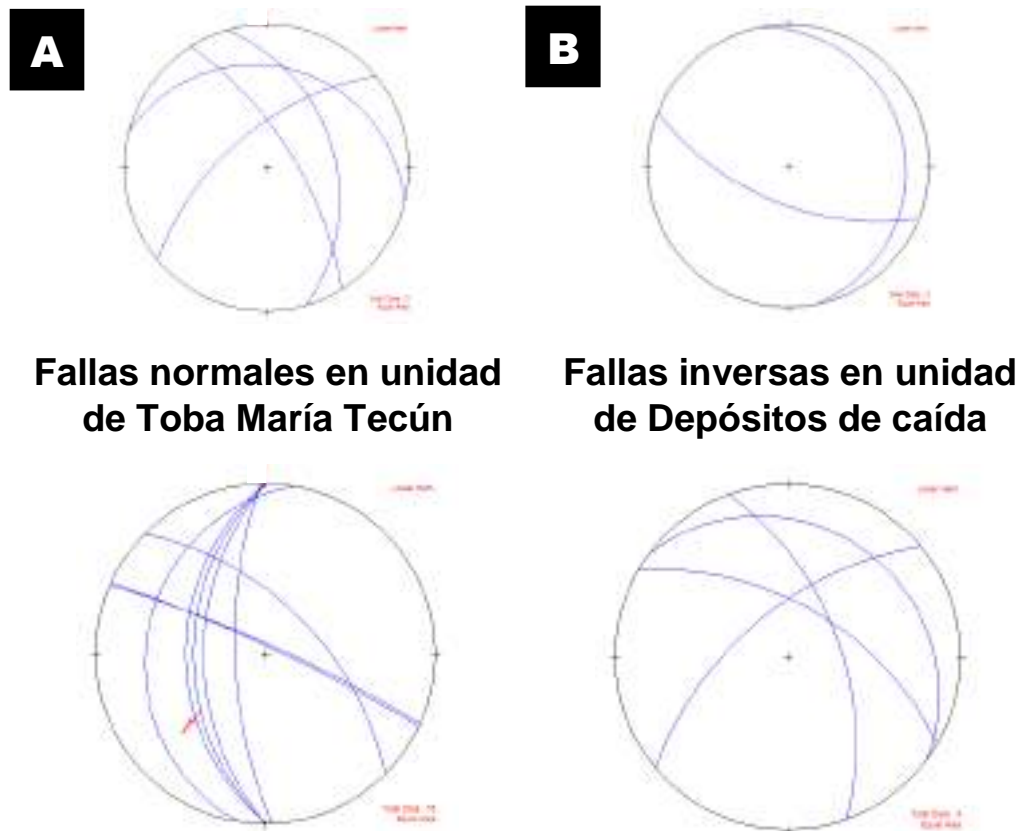
Las fallas no son estructuras predominantes, debido al grado de meteorización existente, Il moderadamente meteorizada y el grado de consolidación de las unidades geológicas, lo que provoca que las evidencias cinemáticas no sean tan visibles. Estas se clasificaron en función del movimiento relativo de los bloques, en normales e inversas.

La unidad de depósitos lagunares se encuentra afectada por una serie de fallas normales (figura14A) e inversas (figura14B), el

grado de meteorización dentro de la roca provoca la pérdida de evidencia cinemática en la mayoría de las fallas. (Figura 18 y fotografía 41).

A lo largo de la unidad de Toba María Tecún se tiene una secuencia de fallas normales, con rumbo preferencial de N90 con buzamientos de 50 a 60 grados y pich 63 NE, acompañado de fallamiento por colapso con rumbo preferencial de N205 (figura 14).

FIGURA 14
ESTEREOGRAMA DE PLANOS DE FALLA
Fallas normales (A) e inversas (B) en unidad de
Depósitos Lagunares



Elaborado por: M. Boiton, 2016

FOTOGRAFÍA 41 FALLAMIENTO NORMAL EN TOBAS MARÍA TECÚN



Tomada por: Michelle Boiton, 2016

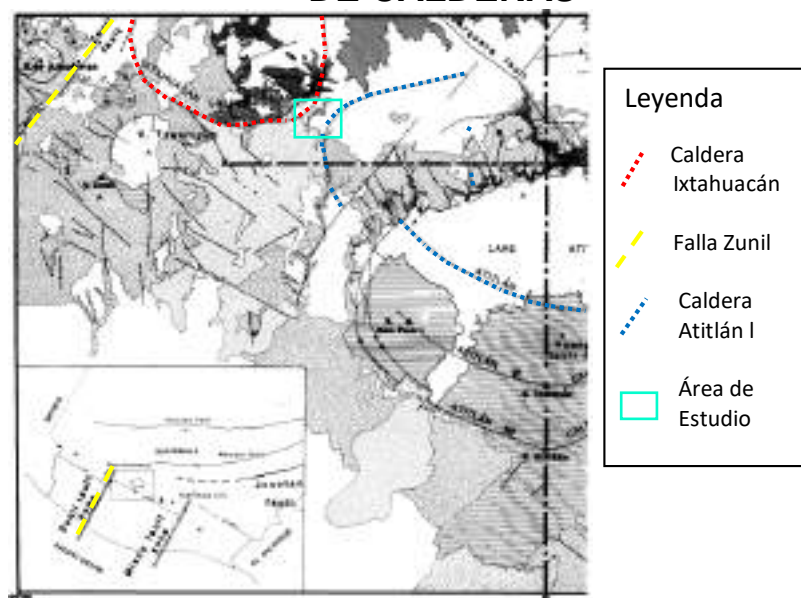
En la fotografía 41A se aprecia fallamiento de colapso, su movimiento se ha determinado en base al movimiento relativo de horizonte guía en parte superior. En Fotografía 1B se observa secuencia de fallas normales, en toba de granulometría media, acompañado de gouge de falla y estrías en dirección 63NE. En los la unidad de Depósitos de caída se presentan fallas normales con rumbo preferencial en N212, con buzamiento 65 grados y N250, N320 (figura 16 y fotografía 42)

FOTOGRAFÍA 42 FALLA NORMAL EN DEPÓSITOS DE CAÍDA



Tomado por: Michelle Boiton Castro, 2016

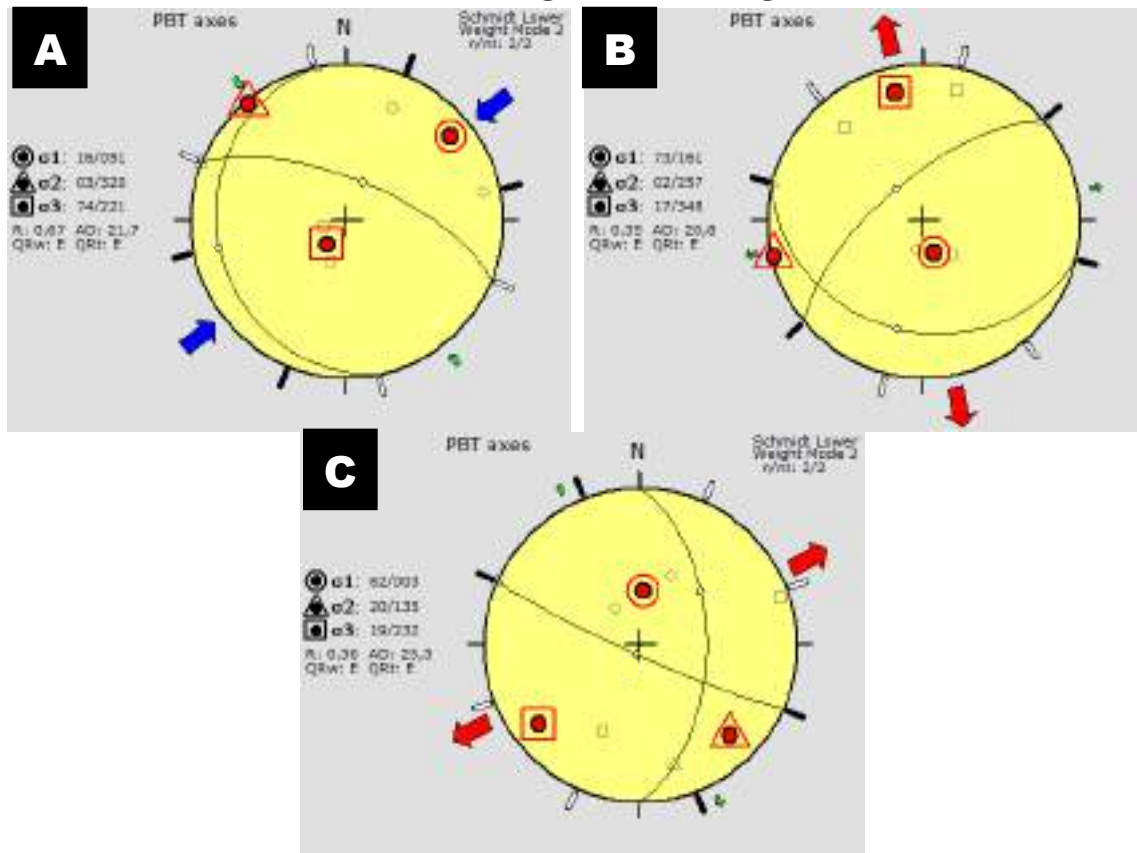
FIGURA 15
FALLAMIENTO NORMAL ASOCIADO A BORDES
DE CALDERAS



Fuente: G. Newhall

En base al análisis de las fallas anteriormente descritas se han determinado 3 familias de fallas, la primera familia corresponde a fallas inversas obtenidas en unidad de Depósitos lagunares al noreste de la microcuenca con tendencia de esfuerzos σ_1 16/N51 y σ_3 74/N221, con cinemática de tipo sinistral (Figura 18A). La segunda familia corresponde a la afinidad de dos fallas normales obtenidas en unidad de Depósitos lagunares y Depósitos de caída, con tendencia de esfuerzos σ_1 73/ N161 y σ_3 17/N345, con cinemática de tipo dextral (Figura 18B). La tercera familia (Figura 18C) corresponde a la afinidad de fallas conjugadas de comportamiento normal sinistral obtenidas al noreste de la microcuenca en unidad de Tobas María Tecún, el cual posee tendencia de esfuerzos σ_1 62/N03 y σ_2 19/N232, con cinemática de tipo dextral.

FIGURA 16
FAMILIAS DE FALLAS



Elaborado por: Michelle Boiton, 2016

En tanto el modelo estructural regional, el fallamiento en depósitos lagunares corresponde a los eventos formadores de la caldera Ixtahuacán, lo que atribuye una génesis de colapso. El fallamiento correspondiente a la unidad de Tobas María Tecún corresponde al fallamiento normal de caldera Atitlán I. A partir de las tres familias de fallas y fracturas se proponen dos modelos tectónicos; el primero corresponde a la traza principal de tipo sinistral, posiblemente correspondiente a los eventos que formaron la falla Zunil. El segundo corresponde con traza principal de tipo dextral, el cual posiblemente corresponde a los eventos que formaron la falla Jalpatagua.

4.3 GEOMORFOLOGÍA LOCAL

Las características geomorfológicas de la microcuenca Paximbal son condicionadas por la historia geológica, características estructurales, climáticas, hidrológicas, deposicionales, etc. que han acontecido a lo largo del tiempo. Las distintas unidades geomorfológicas dentro de la microcuenca se han clasificado en dos grupos: formas asociadas a procesos endógenos, formas asociadas a procesos volcánicos (Resto de cono volcánico, superficie de apilamiento de pómez, superficie de apilamiento de pómez degradado, ladera de borde de caldera Ixtahuacán), formas asociadas a procesos tectónicos (falla supuesta, faceta triangular) y formas asociadas a procesos exógenos; asociado a procesos denudacionales (Ladera de incisión fluvial, cerro, cresta aguda, escarpe), movimientos de ladera (cuerpo de deslizamiento y cabecera de deslizamiento) y fluviotorrenciales (depósitos de canal reciente), siendo esta clasificación tomada del informe GARICLA.

Tras el colapso y formación de caldera Ixtahuacán se formaron las laderas de borde de caldera con pendientes media altas y escarpes, seguido de un periodo de menor actividad volcánica en donde los procesos predominantes corresponden a erosión y relleno de la caldera. Al iniciar de nuevo la actividad volcánica tras la depositación de unidad geológica de depósitos de caída, se forman las superficies de apilamiento de pómez las cuales tras una continua erosión se convierten en superficie de apilamiento de pómez degradado. Con el paso del tiempo se forman las laderas de incisión fluvial, en donde los cursos fluviales comienzan a incidir sobre los sedimentos acumulados a lo largo de la microcuenca.

4.3.1 FORMAS ASOCIADAS A PROCESOS ENDOGENOS

Formas cuya génesis es deriva de fuerzas del interior de la Tierra por lo que las unidades se forman por tectonismo o vulcanismo

a) FORMAS ASOCIADAS A PROCESOS VOLCANICOS

1) Resto de cono volcánico

Estructura relictas de edificio volcánico erosionado, posee pendientes variables de 30 - 45 grados. Se localiza en la región noreste del área de estudio en los alrededores de aldea Simajutiub (fotografía 43), sobre carretera interamericana: desde el punto de vista geológico se encuentra cubierto por la unidad de Tobas María Tecún. Dicha forma se extiende hacia cuenca Atitlán.

FOTOGRAFÍA 43 RESTO DE CONO VOLCÁNICO



A) Línea roja marca el límite de microcuenca; **Fuente:** Google earth B) **Tomada por:** Michelle Boiton.

2) Superficie de apilamiento de pómez (SAP)

Relieve de pendiente muy suave, menor a 15 grados de inclinación (fotografía 44), formado por acumulación de depósitos piroclásticos, con leve erosión. Este tipo de morfología se restringe a la región este del área de estudio, aldea Tzucubal, Chuisajcap, buena vista y carretera 148, en municipio de Santa Lucia Uatlán. Esta se asocia a unidad de Depósitos de caída.

FOTOGRAFÍA 44 SUPERFICIE DE APILAMIENTO DE POMEZ (SAP)



A) Línea roja marca el límite de microcuenca; Fuente: Google earth
B) Tomada por: Michelle Boiton.

3) Superficie de apilamiento de pómez degradada (SAPD)

Relieve de pendiente suave a media, inclinación mayor a 15 grados, al igual que SAP se formó tras la acumulación de depósitos de caída, pero estos han sufrido mayor erosión, por lo que presenta formas redondeadas (fotografía 45). Se localiza en la región oeste del área de estudio, en caserío Paximbal.

FOTOGRAFÍA 45
SUPERFICIE DE APILAMIENTO DE POMEZ DEGRADADA (SAPD)



- A) Línea roja marca el límite de microcuencia; **Fuente:** Google earth
 B) **Tomada por:** Michelle Boiton.

4) Laderas de borde de caldera Ixtahuacán (LBCIX)

Corresponden a laderas con pendientes de 30-45 grados de inclinación, bordeando la falla principal de caldera Ixtahuacán (borde interno), por lo que presentan una forma semicircular y se restringen a la parte suroeste del área de estudio (fotografía 46).
 Corresponde a la unidad geológica de Granito.

FOTOGRAFÍA 46
LADERA DE BORDE DE CALDERA IXTAHUACÁN (LBCIX)



- A) Vista general de laderas de borde de caldera, pendiente mayor a 30 grados B) Vista lateral, línea roja marca el límite de microcuencia; **Fuente:** Google earth

b) FORMAS ASOCIADAS A PROCESOS TECTÓNICOS

1) Falla supuesta

Discontinuidad interpretada, formada por el fracturamiento de las rocas causada debido a que las fuerzas tectónicas superan la resistencia de las mismas, estas corresponden al fallamiento principal de la caldera Ixtahuacán (fotografía 47). Esta fue interpretada debido a la presencia de facetas triangulares a lo largo del Rio Nahualate, lo que indica un fallamiento normal.

FOTOGRAFÍA 47 FALLA SUPUESTA

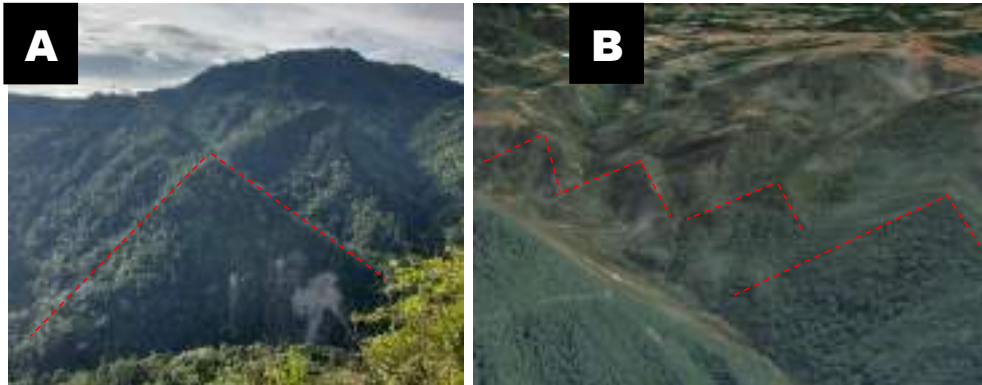


Fallamiento de caldera Ixtahuacán, con 45 grados de inclinación. **Fuente:** Google earth

2) Faceta triangular

Estructura de forma triangular o semitriangular (fotografía 48) en los borde de las montañas, la presencia de las mismas indica un fallamiento correspondiente a caldera Ixtahuacán. Estas se ubican a lo largo de Rio Nahualate.

FOTOGRAFÍA 48 FACETA TRIANGULAR



A) Faceta triangular, en unidad de toba lítica, andesita y toba pomácea los chocoyos al lado de Rio Nahualate **Tomada por:** Michelle Boiton B) Secuencia de facetas triangulares a lo largo de caldera Ixtahuacán, mostrando un movimiento normal hacia el noroeste. **Fuente:** Google earth

4.3.2 FORMAS ASOCIADAS A PROCESOS EXOGENOS

a) FORMAS ASOCIADAS A PROCESOS DE DENUDACION

1) Laderas de incisión fluvial (LIF)

Topografía derivada de la incisión fluvial, poseen pendientes variables entre 25-40 grados de inclinación y longitudes de ladera predominantes de 300- 500 m (fotografía 49). Estas son conformadas por una unidad de brechas de relleno de caldera. Se sitúan en la caldera Ixtahuacán, en la región suroeste de microcuenca.

FOTOGRAFÍA 49 LADERA DE INCISION FLUVIAL

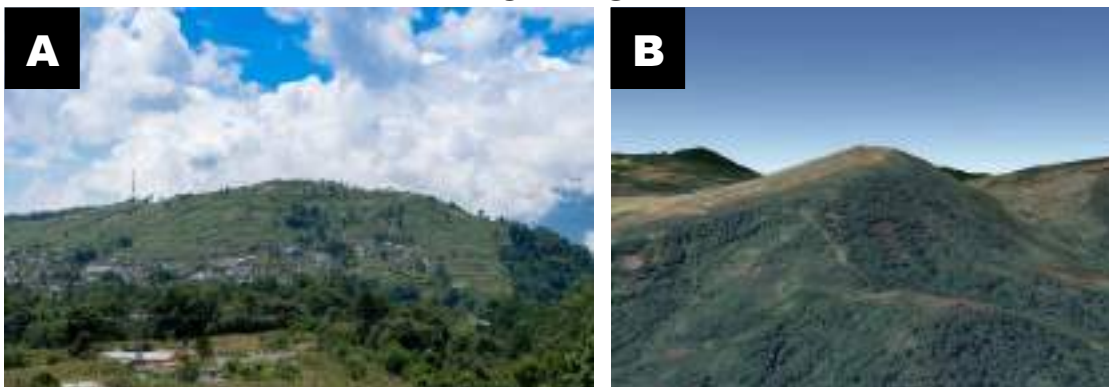


Fuente: Google earth

2) Cerro (Cr)

Cuerpo de mayor elevación topográfica respecto a sus zonas colindantes, su altura no supera los 150 metros (fotografía 50). Esta morfología es la menos predominante en la microcuenca, por lo que se sitúa en la región sur, en aldea Tzucubal, colindando con microcuenca Yatzá.

FOTOGRAFÍA 50 CERRO



A) Cerro ubicado en aldea Tzucubal, limitando con microcuenca Yatzá **Tomada por;** Michelle Boiton B) vista lateral de cerro **Fuente:** Google earth

3) Cresta aguda (CrA)

Relieve positivo y estrecho, con aristas vivas de fuerte inclinación, originado por erosión en la parte superior de las laderas, se encuentra relacionado con la presencia de las facetas triangulares (fotografía 48) La mayoría de estas crestas siguen direcciones noreste.

4) Escarpe (Es)

Pared vertical con pendiente mayor a 60 grados, estas se distribuyen, principalmente, a lo largo de Rio Nahualate y en Rio Uwalsajcab (fotografía 51). Esta se relaciona con la unidad geológica de toba pomácea los Chocoyos, con grado de consolidación media

FOTOGRAFÍA 51 ESCARPE



A) Escarpe de toba pomácea los Chocoyos al lado de Rio Nahualate. **Tomada por:** Michelle Boiton B) fotografía de escarpe, la línea roja continua corresponde al límite de microcuenca

Fuente: Google earth.

b) FORMAS ASOCIADAS A MOVIMIENTOS DE LADERA

1) Cuerpo de deslizamiento (CuD)

Zona de material desplazado por deslizamiento traslacional, asociado a unidad geológica de Toba lítica (fotografía 52) y Brecha de relleno de caldera. La mayoría de los deslizamientos de la microcuenca se orientan hacia falla principal de caldera Ixtahuacán (Rio Nahualate).

FOTOGRAFÍA 52 CUERPO DE DESLIZAMIENTO



Deslizamiento en unidad de Toba Lítica
Tomada por: Michelle Boiton

1) Cabecera de deslizamiento (CaD)

Límite superior cóncavo, del plano de rotura del terreno del deslizamiento (mostrado en fotografía 53), con tamaños variables de 10-30 m de ancho.

FOTOGRAFÍA 53 CABECERA DE DESLIZAMIENTO



Deslizamiento en unida de Toba Lítica
Tomada por: Michelle Boiton

d) FORMAS ASOCIADAS A PROCESOS FLUVIO-TORRENCIALES

1) Depósitos de canal reciente

Zona de circulación de cursos fluviales actuales, correspondientes a depósitos de Río Nahualate y río Uwalsajcab (fotografía 54), los cuales son formados por continua erosión y acumulación de depósitos aluviales. Esta corresponde a la unidad geológica de Aluvión

FOTOGRAFÍA 54
DEPÓSITOS DE CANAL RECIENTE



Tomada por: Michelle Boiton

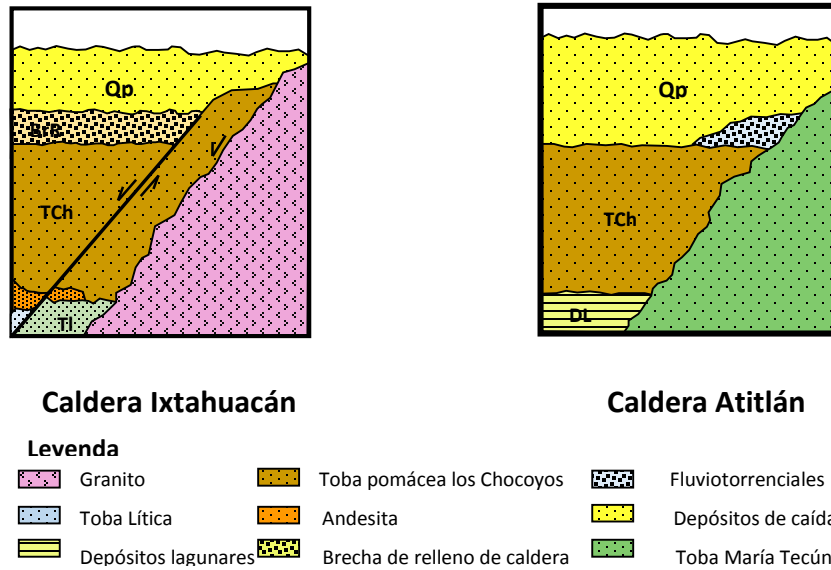
CAPÍTULO 5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DEL ARREGLO DE UNIDADES LITOLÓGICAS

Correspondiente al mapeo geológico en microcuenca Paximbal, se ha determinado que estratigráficamente las unidades geológicas (figura 19) se disponen de la siguiente:

- Unidad de Granito correspondiente a la más antigua.
- Unidad de Toba Lítica la cual consta de dos facies; masiva y brechada, al noroeste y noreste del área de estudio respectivamente, encontrándose en contacto fallado con unidad de Granito.
- Unidad de toba María Tecún (unidad más antigua en caldera Atitlán I), en contacto discordante con unidad de Depósitos de caída.
- Unidad de depósitos lagunares en la parte central de microcuenca y proyectándose hacia el área Uwalxucube, en contacto discordante con unidad de Andesita, Toba Pomácea los Chocoyos.
- Unidad de Andesita, en contacto discordante con facies brechada de unidad de Toba Lítica y con unidad de Toba Pomácea los Chocoyos.
- Unidad de Toba Pomácea los Chocoyos, en contacto fallado (suprayaciendo) con unidad de Granito y discordante con unidad de Andesita.
- Unidad de depósitos fluvio-torrenciales, en contacto discordante con unidad de Depósitos de Caída.
- Unidad de depósitos de caída, correspondiente a la unidad más extensa dentro del área de estudio, encontrándose en contacto discordante con
- unidad de granito, toba pomácea los chocoyos, toba lítica brechada y toba María Tecún.

FIGURA 17
COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA LOCAL



Elaborado por: M. Boiton, 2016

En figura 17 se muestra la distribución espacial de las distintas unidades geológicas, las cuales se presentan divididas en dos eventos caldericos (Caldera Ixtahuacán y Caldera Atitlán I).

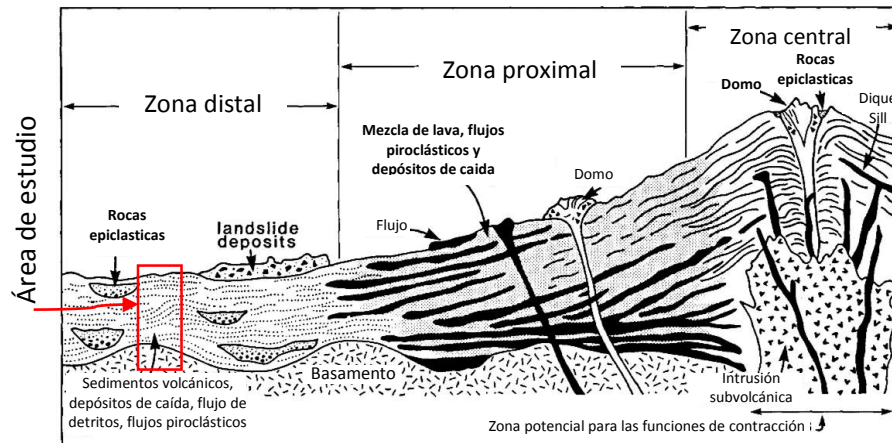
5.2 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LAS FACIES QUE COMPONENTEN EL ARREGLO DE LOS DEPOSITOS DE CAÍDA

La unidad de Depósitos de Caída ha sido subdividida en una serie de facies en base al análisis en laboratorio mediante el cual se determinó su granulometría, composición mineralógica y lítica, tonalidad, estructuras internas, fabrica de los distintos componentes, geometría general del depósito y tonalidad.

Las facies identificadas dentro de las secciones estratigráficas corresponden a zonas distales o medias, debido a la presencia de

depósitos piroclásticos moderadamente y bien seleccionados, así como la predominancia de pumita y ceniza volcánica (Fig. 18)

FIGURA 18
ZONAS Y FACIES EN ROCAS VOLCÁNICAS
RELACIONADAS A EVENTO CENTRAL DE VOLCAN



Fuente: Volcanology and Mineral Deposits. Wood, John. Y Wallace, Henry, Chapte

La metodología empleada para el nombramiento de las facies dentro de los depósitos de caída, ha sido tomada del libro *M. Braney, Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites*; la cual ha sido adaptada para los depósitos localizados dentro del área de estudio, por lo que se tienen las siguientes facies:

5.2.1 Litofacies de lapilli masiva rica en pómez o ceniza masiva (MLT)

Posee un tamaño medio de grano, las litofacies carecen de estratificación interna y comprende proporciones diversas de pumita y subordinado lapilli lítico soportado en una matriz de ceniza vítrea con o sin fragmentos de cristal (fotografía 55), formando así horizontes de pocos centímetros a cientos de metros.

La pumita presenta formas redondeadas subredondeadas causadas por abrasión; lapilli lítico presentando menor redondez, acompañado de vesículas subredondeadas a tabulares. Esta puede mostrar varios estilos de clasificación, entre ellas toba de lapilli masiva, rica en líticos (imLT) y euxtática emLT), gradación normal (np), gradación inversa (ip)⁷. La mala clasificación y ausencia de estratificación indica una zona fluida de flujo límite en el que la segregación de tracción se suprime.

FOTOGRAFÍA 55 **LITOFACIES DE LAPILLI RICA EN PÓMEZ Y CENIZA** **MASIVA**



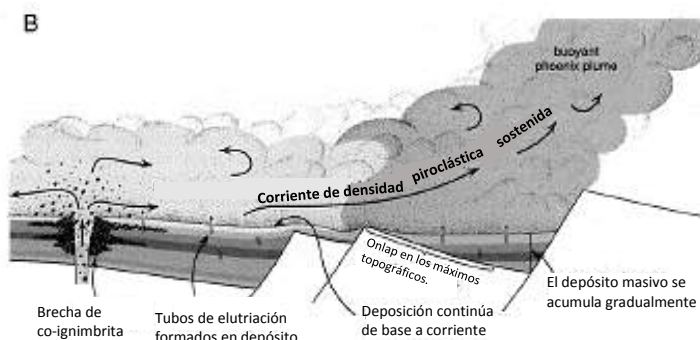
Tomada por: M. Boiton, 2016

La matriz de mLT contiene una mayor proporción de cristales de vidrio y micas en relación a los cristales en los clastos de pómez individuales, lo que indica una disminución de ceniza fina, siendo el resultado de la decantación de ceniza fina en la zona límite de flujo de escape denominado fluido, sin embargo, la abundancia de ceniza fina en mLT indica que, a pesar de que el líquido salga pueden haber caracterizado la zona de flujo-frontera implicando de esta manera

⁷J. Branney and P. Kokelaar, *Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites*.

una elutriación (proceso por el cual un material granular puede separarse en diversos tamaños de partículas que lo componen, mediante un fluido en movimiento /aire⁸) baja de ceniza fina, por lo que hay un enclavamiento de partículas o aglomeración húmeda (<100 grados centígrados)⁹, contrarrestando de esta manera los efectos de la decantación por el escape del fluido y ayudar de esta forma la deposición de la ceniza, tal y como se muestra en los horizontes de ceniza masiva vistos en los alrededores de caserío Simajutiub.

FIGURA 19 ZONA DISTAL-MEDIA, FACIE DE LAPILLI Y CENIZA MASIVA



Desarrollo de estratificación y facie de lapilli /ceniza masiva, concentraciones de clastos aumentan en la base a lo largo de todo el descentramiento debido a sedimentación.

Fuente: M. Braney

Dentro de dichos depósitos aparte de la ceniza masiva o lapilli masivos se encuentran fragmentos líticos (andesita, riolita, basalto) adyacentes dentro de él, teniendo diferentes historias de transporte, luego de haber experimentado diferentes combinaciones de apoyo antes de depositarse juntos, acompañado de gradaciones granulométricas.

⁸ Glosario de Geología/ elutriacion.

⁹ Ibid

Esta ha sido definida para el área de estudio debido a: (a) gradación lateral en estratificado de litofacies, las cuales agradan poco a poco, (b) variaciones verticales, presentando gradación con mLT de tamaño de grano, clasificación y composición mineralógica, (c) ocurrencia de clasificación complejo. (Tabla 1)

TABLA 1
INTERPRETACIÓN DE VARIACIONES EN FACIE DE LAPILLI Y
CENIZA MASIVA

clasificación en mLT	interpretaciones alternativas
clasificación normal de clastos líticos (np)	1. La decreciente competencia actúa 2. Disminución de la disponibilidad de líticos debido a: (A) enterramiento progresivo del paisaje por agradación ignimbrita; (B) una disminución en la capacidad erosiva de la corriente en los tramos proximales. 3. La segregación dentro de un fluido ("rápido") que forma el depósito 4. El aumento de las tasas de cizallamiento en la zona de flujo-límite causar un aumento de la segregación.
clasificación inversa de clastos líticos (IL)	1. El encerrar competencia actual 2. Lítica de tamaño creciente estén disponibles, por ejemplo, suministrado a la corriente proximal por las avalanchas desprendimientos de rocas 3. clastos líticos anteriormente impidiendo la depositación selectiva debido a los procesos de segregación son granulares cada vez más capaces de depositarse como resultado del cambio de las condiciones de la zona de flujo de límite, por ejemplo, asociado con la disminución de las tasas de cizallamiento y / o aumento de las tasas de deposición
clasificación inversa de clastos de pómez	1. El encerrar competencia actual. 2. El aumento de la disponibilidad de los clastos de piedra pómez 3. Filtrado selectivo durante menguante flujo total o localmente, por ejemplo, debido a la migración lateral del eje del flujo de corriente; puede ir acompañada de la clasificación normal de los líticos. 4. Flotación de grandes clastos pómez en el depósito "rápido" que forman.
Varios modelos de clasificación líticos y pómez	1. Deposición de lateral o corriente abajo (por ejemplo bares-migración de formas de fondo pomáceos) 2. Los cambios en la disponibilidad de pómez contra clastos líticos.

Fuente: M. Braney (modificada)

5.2.2 Litofacies de estratificación difusa y estratos finos (DSL/ DCL)

Son comunes de las litofacies subordinadas de la mayoría de las ignimbritas, comprende típicamente lapilli masiva- toba con finas capas (milimétricas a decimétricas) de forma y longitud variable difusa, por gradación granulométrica, dichas variaciones de tamaño de grano son sutiles, comúnmente de pumita gruesa y/ o mediante la variación de las abundancias de lapilli pómez menor a 4 mm (Fotografía 56), su clasificación varía entre los valores tipos de mLT y los valores exhibidos por litofacies estratificadas¹⁰.

FOTOGRAFÍA 56 LITOFACIES DE ESTRATIFICACIÓN DIFUSA



Tomada por: M. Boiton, 2016

Dentro del área de estudio los depósitos presentan estratificación difusa paralela a subparalela, con engrosamiento y adelgazamiento gradual, presentándose de esta manera segmentos de horizontes dispersos. Es común en los depósitos encontrar así mismo cambios laterales en el tamaño de grano y la clasificación que estos poseen. La mayoría de los horizontes dentro de la estratificación difusa son delgados (0,5 cm a 3 cm), con gradación

¹⁰ J. Branney and P. Kokelaar, *Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites*.

normal. Es importante resaltar el hecho de que verticalmente los límites de los horizontes son nítidos o bien marcados, mientras que lateralmente son irregulares y difusos, asociados a horizontes de pumita. La litofacies de estratificación difusa ocurren en la transición de facie estratificada (//sT) y masiva (mLT), siendo esta la de menor potencia o espesor.

Esta litofacies se deposita en la zona de flujo- frontera (es decir, la concentración de partículas y los gradientes de cizallamiento), las condiciones son intermedias entre los fluidos de escape dominada y la tracción de zonas de flujo de borde, mLT y SLT, respectivamente. La estratificación difusa registra sutil inestabilidad dentro de la zona de flujo de límite de una sostenida, depositándose la actual. Debido a que mLT indica la supresión de la turbulencia inducida la tracción en la zona de flujo límite y ST indica la tracción turbulenta inducida, litofacies de estratificación difusa de carácter transitorio, servirá para registrar una condición intermedia¹¹.

5.2.3 Litofacies estratificadas (//sT)

Esta litofacies comprende tobas y depósitos de lapilli los cuales presentan una estratificación bien desarrollada (de 0,5 cm a 1 m), cuya clasificación granulométrica varía de bien clasificada a moderadamente clasificada, con menos ceniza fina que mLT. Los fragmentos de pumita presentan evidencia de abrasión.

Los depósitos dentro del área de estudio presentan una clasificación buena y con continuidad lateral observable,

¹¹ *Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites*, J. Branney and P. Kokelaar

verticalmente poseen límites bien definidos en tanto el cambio de gradación y coloración.

La caída de ceniza en capas intercaladas con estos depósitos son más comunes en los depósitos de piroclásticos de baja temperatura y húmedos debido a que: (1) la precipitación de ceniza se ve forzada por la formación de grumos húmedos (2) la ceniza en suspensión es más capaz de asentarse en depósitos que son frescos y no generan condiciones térmicas altas.¹²

La litofacies desarrollada entre litofacies estratificada (//sT) (fotografía 57) y estratificación difusa (DSL) indican que las corrientes padres tenían zona de límite de flujo intermedias entre las de tracción, mientras que las litofacies que oscilan entre estratificado (//sT) y la capas lateralmente continuas, bien clasificados indican que las corrientes tenían zonas de límite de flujo gradacional entre traccional.

FOTOGRAFÍA 57 LITOFACIES ESTRATIFICADA



Tomada por: M. Boiton, 2016

¹² Ibid

5.2.4 Litofacies toba/ceniza con estratificación paralela

La litofacies comprende ceniza fina a gruesa, acompañado de fragmentos de cristales subordinados y partículas líticas, mientras que las cenizas más gruesas contiene gránulos de fragmentos de pómez, obsidiana. Esta litofacies forma horizontes de 0,5 a 2 cm de espesor, dentro de horizontes de 30 cm a 1 metro de espesor, algunos de estos horizontes son internamente masivos y con patrones verticales sutiles de grano, mientras que otros presentan una laminación (//sT), los cuales se caracterizan por poseer cambios sutiles de granulometría con respecto a los horizontes pumíticos.

Esta litofacies puede ocurrir en cualquier nivel dentro de una lámina de ignimbrita y las capas superiores pueden ser difusas. Son bien clasificadas y con continuidad lateral, incluyendo depósitos de caída y depósitos a partir de corrientes de densidad piroclástica rica en ceniza. Los fragmentos de pómez dentro de esta facies suelen ser subredondeadas, lo que indica abrasión durante el transporte en un piroclásticos de densidad.¹³

Las capas de ceniza son capas paralelas o laminadas, las cuales son depositadas en una zona límite de flujo dominada por la caída directa. La estratificación paralela continua sugiere un comportamiento inestable pero prácticamente uniforme. La presencia de horizontes de mLT registra interrupciones temporales del flujo en ese lugar,

¹³ J. Branney and P. Kokelaar, *Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites*.

mientras que la presencia de tracción local (sT) dentro de las capas de //sT (fotografía 58) puede registrar rachas de viento momentáneas durante una caída piroclástica sostenida.

FOTOGRAFÍA 58
LITOFACIES TOBA/ CENIZA CON
ESTRATIFICACIÓN PARALELA Y LAMINACIÓN EN
PARALELO



Tomada por: M. Boiton, 2016

Para el análisis del arreglo de los depósitos de caída se han levantado las siguientes columnas estratigráficas;

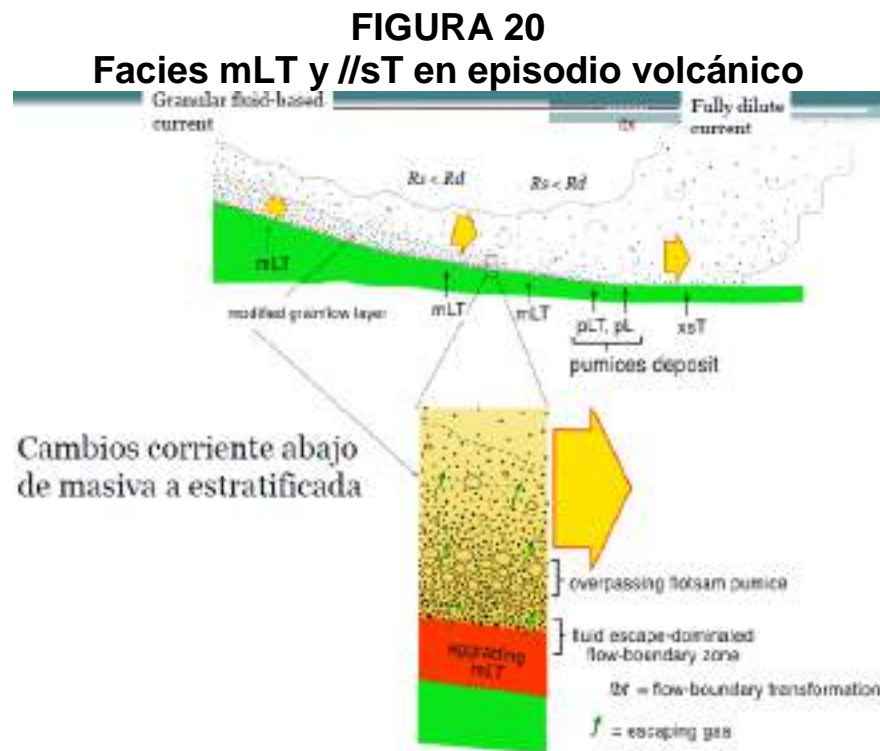
Columna litoestratigráfica No. 1

Coordenadas: E414394, N1635820 (GTM)

Columna litoestratigráfica levantada sobre carretera interamericana, km 148, jurisdicción de municipio de Santa Lucia Uatlán. El afloramiento posee una altura de 6,8 metros y una longitud de 25 metros. Se encuentra cubierto por horizonte de suelo vegetal de al menos 1 metro de espesor. Está constituido por una sucesión granodecreciente. En su base posee horizonte de 2 metros de alto, compuesto de paleosuelo de tonalidad marrón oscuro, granulometría fina, grado de meteorización la II, la presencia de horizontes de

paleosuelo indican un hiato en la deposición vulcanoclástica, por lo que también corresponden a un límite de secuencia estratigráfica.

La columna está compuesta de las siguientes facies (fotografía 59, anexo 17): mL: litofacies de ceniza masiva, de granulometría de ceniza a media fino, de tonalidades beige a gris muy claro, contiene vidrio, magnetita, moscovita y líticos, con leve gradación normal.

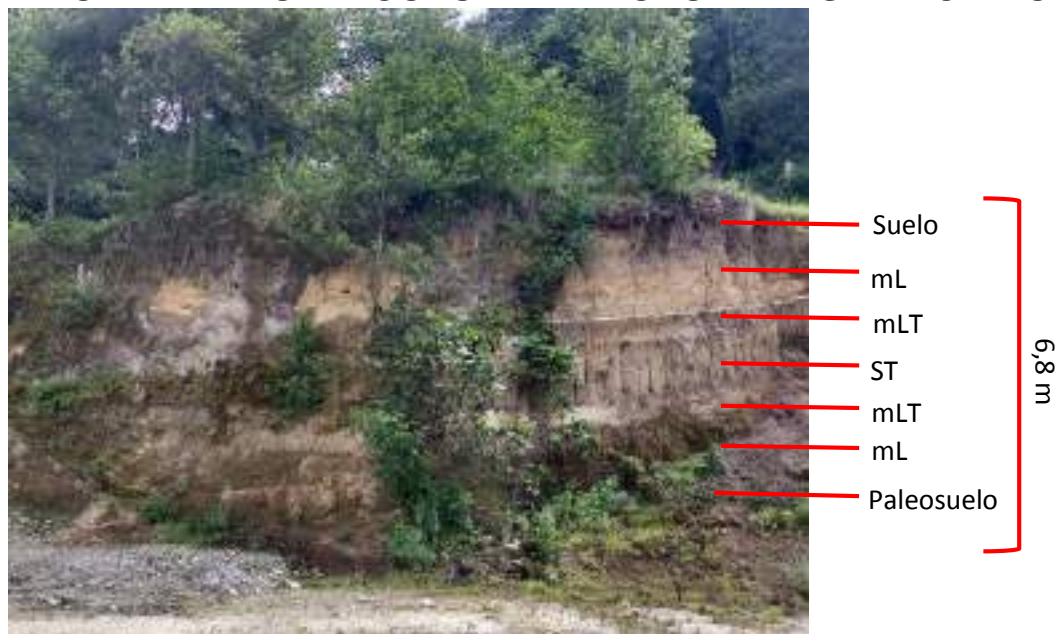


Fuente: Depósitos de flujos piroclásticos por colapso de columna, Dr. P. Harris.

Esta refleja una zona distal de depositación y ultimo estadio de actividad volcánica, lo que le atribuye una excelente selección granulométrica y tamaño de grano fino, seguida de esta manera por una superficie erosiva y un

tiempo de inactividad volcánica representada por los paleosuelos presentes. **mLT**; litofacies de lapilli masiva, caracterizado por la presencia de pumita de forma subangular, ubicada por debajo de mL, sin límite erosivo, composición mineral similar, por lo que corresponden a un mismo evento eruptivo (figura. **ST**; litofacies de estratificación en ceniza, este se caracteriza por su tonalidad grisácea, grado de compactación media baja, fracturada de manera paralela, compuesto de una secuencia de horizontes de ceniza y líticos con diámetro menor a 0,5 cm, esta ritmicidad en la estratificación refleja pulsaciones continuas durante el episodio volcánico. Esta litofacies acompañada de estratificación difusa es depositada en la zona de flujo.

FOTOGRAFÍA 59 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO.1



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 17)

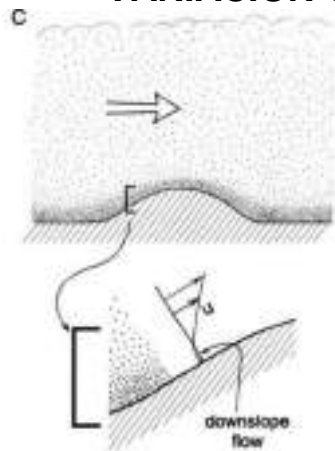
Columna litoestratigráfica No. 2

Coordenadas: E413691, N1636072 (GTM)

Columna litoestratigráfica levantada sobre carretera interamericana, Km 149, jurisdicción de municipio de Nahualá. El afloramiento posee una altura de 3,85 metros y una longitud de 12 metros, al igual que columna No. 1 se encuentra cubierto de suelo vegetal de tonalidad marrón y presenta el segundo paleosuelo en la parte superior de columna 1, de espesores de 15cm a 20cm. El depósito está compuesto de 3 litofacies (fotografía 60, anexo 17); **mT**, litofacies de ceniza masiva, de tonalidad beige, grado de consolidación medio, sin contenido lítico, corresponde a una zona distal, los fragmentos de pumita posee formas subredondeadas, lo que refleja la abrasión de los mismos, no tiene estratificación por lo que puede reflejar una zona fluida de flujo límite en el que la segregación de tracción se suprime.

mLTip, litofacies de lapilli masivo con gradación normal, la presencia de este refleja una fase menos fluida en donde la decantación de los fragmentos de pumita es mayor, este se encuentra limitado por horizontes de tonalidad grisácea a café, con mayor grado de consolidación. **//st**, facie de toba de lecho paralelo y laminados en paralelo, es similar a la facie estratificada, en él se observa secuencias granocrecientes y granodecrescentes divididos por límites de secuencias (horizontes de menos de 1cm de espesor) con grado de consolidación mayor y granulometría más fina, presenta pequeños ondulamientos (fig. 21). Esta secuencia es cíclica en toda la facie, lo que evidencia varias pulsaciones repetitivas en el episodio volcánico, presentándose en cualquier nivel dentro de las ignimbritas. La estratificación paralela sugiere un comportamiento inestable pero uniforme.

FIGURA 21
VARIACIÓN GEOMÉTRICA DE FACIES //sT



Los clastos o fragmentos de pumita son sometidos a sedimentación estancada, que desaceleran gradualmente hasta detenerse a medida que invaden el límite de flujo inferior, la gravedad permite la depositación uniforme y la generación de estratificación delgada, debido a pulsaciones repetitivas del episodio volcánico.

Fuente: Pyroclastic Density Currents and the Sedimentation of Ignimbrites, J. Branney

FOTOGRAFÍA 60
AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA NO.2



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 17)

Columna litoestratigráfica No. 3

Coordenadas: E412901, N1634870 (GTM)

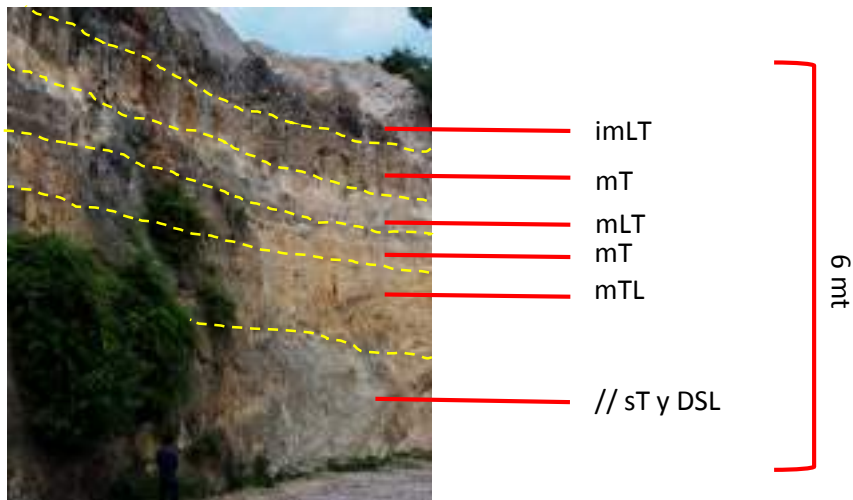
Columna estratigráfica levantada en carretera de terracería de Simajutiub hacia aldea Tzucubal, jurisdicción de municipio de Santa Lucia Uatlán. El afloramiento posee una

altura de 6 metros y su extensión lateral es de 50 metros, se encuentra conformada por 4 litofacies (fotografía 61, anexo 18); **//st** estratificación difusa con **mLT**, esta posee tonalidad beige a gris clara, no contiene fragmentos líticos variados, su espesor es variable, los horizontes difusos tienen espesores variables, con engrosamiento y adelgazamiento gradual, con tonalidades café clara y mayor grado de consolidación, lo que refleja un comportamiento inestable, esta litofacies es depositada en la zona de frontera de flujo, las condiciones son intermedias entre los fluidos de escape dominada (**mLT**) y la tracción de zonas de flujo de borde (**sLT**).

mLT, litofacies de lapilli masiva, caracterizada por su tonalidad beige a grisácea, como en columnas anteriores presenta espesor constante y se proyecta hacia región N del área de estudio, este corresponde a la parte superior de la zona de frontera de flujo, sobre **//sT**. **mT**, litofacies de ceniza masiva igual que en columna 2.

imLT, lapilli masiva con abundancia de líticos, correspondientes a fragmentos de granito, andesita y pumita, de formas subredondeadas, en una matriz de ceniza, posee una mala clasificación. En su parte inferior posee contacto erosivo con **mT**, lo que corresponde con el límite de secuencia piroclástica inferior y superior, en donde la erupción pudo reincidirse con más violencia, lo que produjo el transporte de este tipo de líticos, por lo que representa la zona fluida de límite de flujo.

FOTOGRAFÍA 61 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA NO. 3



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 18)

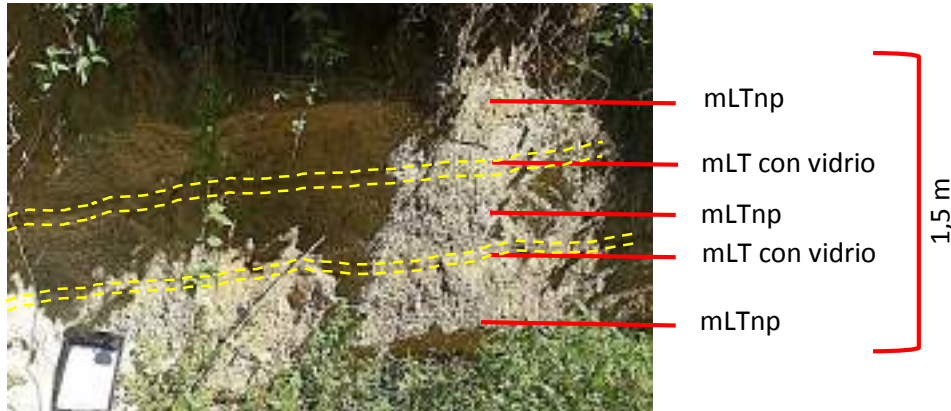
Columna litoestratigráfica No. 4

Coordenadas: E412901, N1634870 (GTM)

Columna estratigráfica levantada en límite con microcuena Yatzá, camino a Tzucubal, jurisdicción de municipio de Nahualá. El afloramiento posee 1.5 m de alto y 3 m de ancho, este se caracteriza por una ritmicidad en sus horizontes de pumita masiva. Las facies de esta sección estratigráfica son (fotografía 62, anexo 17); **mLTnp**, lapilli masivos con gradación normal, posee tonalidad beige clara, con matriz menor al 15%, esta zona corresponde a la parte superior de la zona de flujo o frontera de flujo, lo que permite la depositación por medio de densidad. **mLT con vidrio** o litofacies de lapilli masiva, constituyendo bandas centimétricas, de tonalidades oscuras, con abundante vidrio volcánico y mayor consolidación con respecto a los demás horizontes. Estas constituyen el límite de transición de la zona de flujo límite. Ambas litofacies corresponden a litofacies

estratificada, en donde la ritmicidad del evento eruptivo es predominante. Esta corresponde a una zona distal del cono eruptivo.

FOTOGRAFÍA 62 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA NO. 4



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 17)

Columna litostratigráfica No. 5

Coordenadas: E412222, N16355172 (GTM)

Columna estratigráfica levantada en vereda que conduce de caserío Paximbal a aldea Tzucubal (fotografía 66, anexo 17), jurisdicción de municipio de Nahualá. El afloramiento tiene 1,5 metros de altura, y 2 metros de longitud. Se caracteriza por la ritmicidad y ocurrencia de 6 horizontes. La sección estratigráfica comprende 3 facies; **mLT** o lapilli masiva, de tonalidad café claro, sin gradación granulométrica, fragmentos de pumita de formas subredondeadas a subangulares con vesículas subredondeadas, matriz menor al 10%, no posee fragmentos líticos abundantes, la ausencia de estratificación indica una zona fluida de flujo límite.

mLTnp o lapilli masiva con gradación normal con fragmentos de pumita menores a 3 cm de diámetro, los fragmentos de pumita gradan de manera normal pero los fragmentos líticos gradan de manera inversa leve, debido a esto se puede asociar a la parte superior del límite del flujo, en un ambiente no tan fluido.

Lapilli acrecional (//ST accl) forma parte de la facies de lapilli masivo, se caracteriza por poseer formas redondeadas, sin matriz, por lo que el contacto de dichos fragmentos son grano a grano, no contiene fragmentos líticos, ni inclusiones importantes. Posee consolidación baja. Este es consecuencia de una rápida desgasificación (fotografía 63A).

El espesor de los afloramientos no es mayor a 2 metros, acompañado de dichas litofacies se concluye una zona distal el cual incluye zonas de límite de flujo.

**FOTOGRAFÍA 63
AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO. 5**



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 17)

Columna litoestratigráfica No. 6

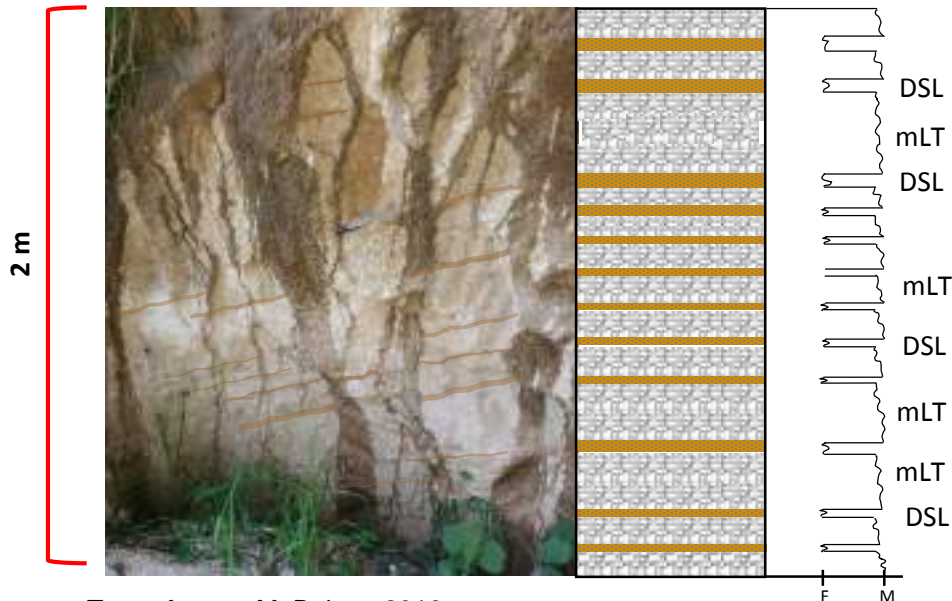
Coordenadas: E412230, N16355200 (GTM)

Columna estratigráfica levantada en vereda que conduce de caserío Paximbal a aldea Chuisajcap, jurisdicción de municipio de Santa Lucía Utatlán. El afloramiento tiene 2 metros de altura (espesor variable) y una extensión de al menos 3 metros. Se caracteriza por grado de consolidación media, con matriz menor al 15%.

La sección estratigráfica (fotografía 64, anexo 18) consta de facie de lapilli masivo con estratificación difusa, **mLT**, presenta tonalidades beige, sin gradación granulométrica, los fragmentos de pumita no superan los 3 cm de diámetro soportado en una matriz de ceniza vítrica, lo que indica que esta pertenece a una zona estable dentro del flujo y **DSL** o litofacies de estratificación difusa presenta límites verticales bien marcados dentro del lapilli masivo, a diferencia de sus relaciones laterales, en donde presenta un adelgazamiento gradual hasta desaparecer, representa la zona de transición entre litofacies de estratificación y masiva, por lo que se asocia a al límite de zona de flujo o frontera de flujo.

Esta sección corresponde a la vista en la parte inferior de columna 3, por lo que puede decirse que estos formaron parte de un mismo evento eruptivo, el cual es caracterizado por la variación lateral en tanto granulometría como espesor de los afloramientos.

FOTOGRAFÍA 64 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO. 6



Tomada por: M. Boiton, 2016

Columna litoestratigráfica No. 7

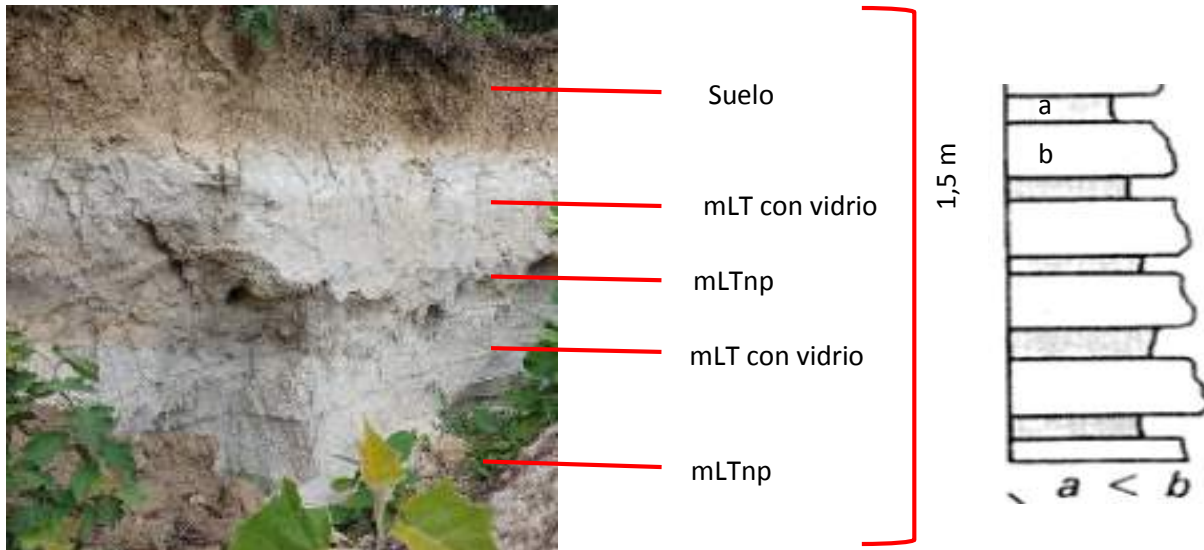
Coordenadas: E412711, N1635823 (GTM)

Columna estratigráfica levantada en los alrededores de Chuisajcap, cercano a río Uwalsajcab (fotografía 65, anexo 18), jurisdicción de municipio de Nahualá. El afloramiento posee 2,5 m de alto y 5 m de ancho, este se caracteriza por una ritmicidad en sus horizontes de pumita masiva. Las facies de esta sección estratigráfica son; **mLT con vidrio** o litofacies de lapilli masiva, constituyendo bandas menores a 4 cm de espesor, de tonalidades café clara a gris, con abundante vidrio volcánico y biotita, con mayor consolidación con respecto a los horizontes masivos. En dicho horizonte se presenta mayor contenido de ceniza, lo que según J. Branney pudo haber caracterizado una zona de frontera de flujo en la que se implicó elutriación, lo que permitió que en mLTnp ya no se presentase mayor contenido de la misma.

mLTnp, lapilli masivos con gradación normal, con tonalidad beige, con matriz menor al 15%, meteorización media, los fragmentos de pumita poseen abrasión, esta zona corresponde a la parte superior de la zona de flujo o frontera de flujo, lo que permite la depositación por medio de densidad. Esta corresponde a una zona distal del cono eruptivo.

Ambas litofacies corresponden a litofacies estratificada, en donde la ritmicidad del evento eruptivo es predominante, que a diferencia de columna 4 este posee mayor cantidad de horizontes y el afloramiento es de mayor altura, posee la misma granulometría y el mismo contenido mineralógico (biotita, vidrio, moscovita, anfíboles).

FOTOGRAFIA 65 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO. 7



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver en anexo 18)

Columna litoestratigráfica No. 8

Coordenadas: E413355, N1635766 (GTM)

Columna estratigráfica levantada en los alrededores de Chuisajcap, jurisdicción de municipio de Nahualá. El afloramiento posee 4.4 metros de altura, se puede observar que es parte de la secuencia mostrada en columna 2, en el cual se observan dos horizontes de paleosuelos dentro de pumita masiva. Las facies que presenta son (fotografía 66, anexo 18): **mLTnp** o lapilli masivo con gradación normal, el cual varia de tonalidades café clara a beige, no posee contenido lítico, y posee buena selección granulométrica, posee estratificación entre mLt y mLt con vidrio, lo que refleja una inestabilidad en el fluido,

mLT de lapilli acrecional presentando menos del 5% de matriz, posee una tonalidad beige, con formas subangulares a subredondeadas lo que indica que fueron sometidas a abrasión, la presencia de este indica una zona en condiciones secas, en donde el escape de gases propicia la alta porosidad de los horizontes, se ubica en una zona alejada del límite de flujo, **mT** o ceniza masiva, caracterizada por sus tonalidades grisáceas, buena selección, esta se ubica sobre la superficie erosiva del paleosuelo lo que indica que es parte de la frontera o límite de flujo.

Los horizontes de paleosuelo indican 2 eventos eruptivos, el primero posiblemente asociado a la erupción post-Chocoyos, en este predomina la presencia de facies de lapilli masivo y acrecional, mientras que en el evento superior predomina la estratificación de lapilli masivo y lapilli masivo con vidrio.

FOTOGRAFÍA 66 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO. 8



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 18)

Columna litoestratigráfica No. 9

Coordenadas: E413020, N1637038 (GTM)

Columna estratigráfica levantada sobre carretera interamericana en km 149, jurisdicción de municipio de Nahualá. El afloramiento posee una altura de 100 metros de altura (fotografía 67, anexo 19), en su base posee una serie de secuencias fluviotorrenciales divididas por hard ground o límites de secuencia, seguido así de una secuencia cíclica de depósitos volcánicos, en los cuales se definen las siguientes facies (fotografía 67): **mLT** o lapilli masiva, la cual se ubica en la parte superior de la sección estratigráfica, no posee gradación granulométrica, correspondiendo de esta manera a una zona media, con fragmentos de pumita con evidencia de abrasión.

mLT con DSL o lapilli masiva con estratificación difusa, como la observada en la parte inferior de columna 3, en donde predomina la presencia de pumita de formas

subangulares, con matriz menor a 15%, sin gradación granulométrica y compactación media, acompañado de finos horizontes de límites verticales marcados, con tonalidades café claro, los cuales poseen un grado mayor de consolidación. Estas dos litofacies juntas indican la turbulencia inducida en una condición media del episodio volcánico. **mT** o facie de ceniza masiva de tonalidad grisácea, con las mismas características que columna 8, siendo los límites de secuencia entre las facies de mLT y mLT con DSL.

FOTOGRAFÍA 67 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA NO. 9



Tomada por: M. Boiton, 2016 (ver anexo 19)

Columna litoestratigráfica No. 10

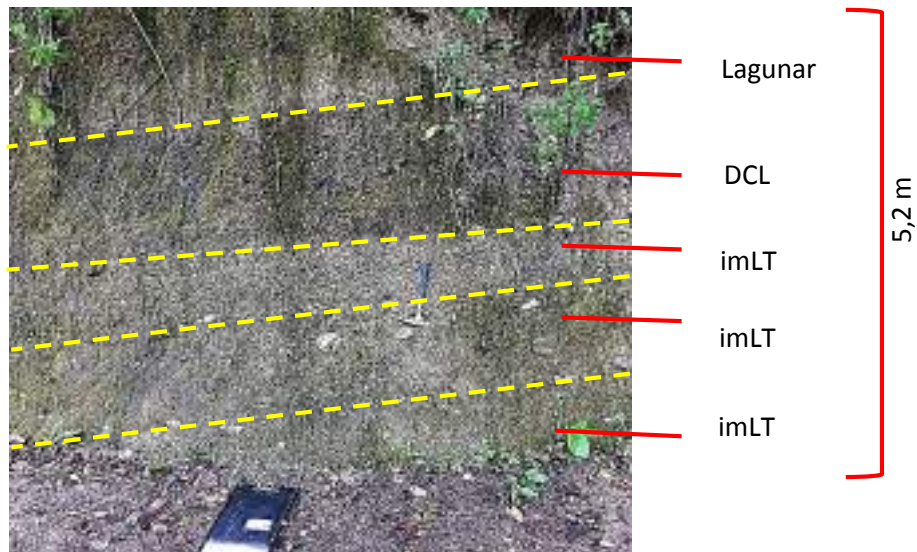
Coordenadas: E411691, N1635804 (GTM)

Columna estratigráfica levantada al lado de río Uwalsajcab, jurisdicción del municipio de Nahualá. El afloramiento posee una altura de 5.2 metros de altura y una longitud de 10 metros. Las facies (fotografía 68, anexo 17) que presenta son: **imLT** o facies de lapilli masivo con líticos, se

caracteriza por tener una tonalidad marrón grisácea, con fragmentos líticos dispersos, de formas subredondeadas, no posee gradación granulométrica y una mala clasificación, por lo que puede referirse a una zona fluida del límite de flujo, seguida a ella se tiene **DCL** o estratificación difusa, caracterizada por la presencia de fragmentos líticos y pomáceos en finas bandas irregulares, con continuidad lateral variable, este corresponde a episodios volcánicos antes de la depositación de los depósitos lagunares.

La presencia de esta estratificación difusa refleja inestabilidad y turbulencia durante la depositación de la misma. **Facies lagunares** corresponde a depósito masivo de tonalidad café clara, no posee fragmentos líticos, sin gradación, es de granulometría muy fina. Posee horizontes de 1 cm de diámetro de tonalidad más oscura.

FOTOGRAFÍA 68 AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO. 10



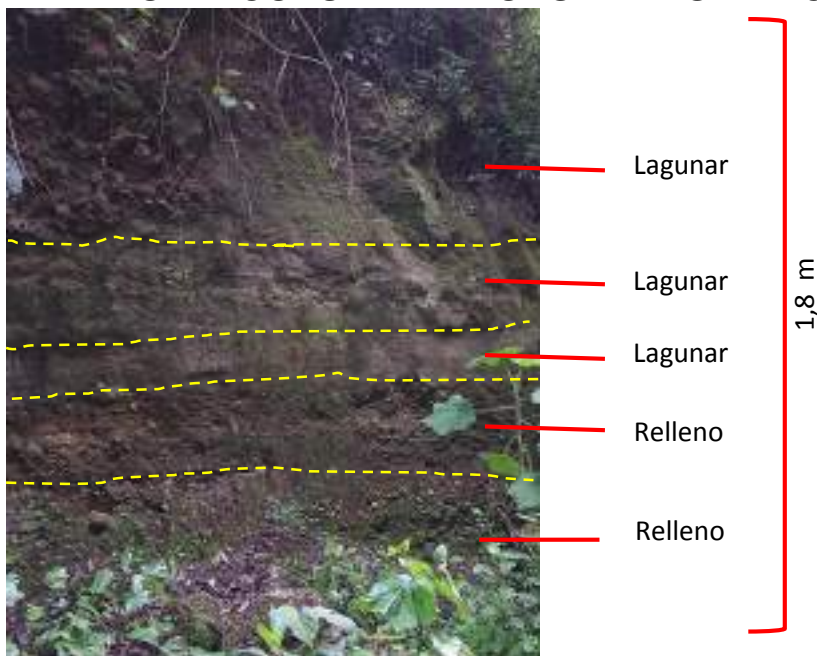
Tomada por: M. Boiton, 2016

Columna litoestratigráfica No. 11

Coordenadas: E412041, N1636570 (GTM)

Columna estratigráfica levantada al lado de río Uwalsajcab, jurisdicción del municipio de Nahualá. El afloramiento posee una altura de 1.8m y una longitud de 2.5m. Presenta dos facies (fotografía 69, anexo 17): **Fluvial** en la cual domina la presencia de fragmentos líticos orientados en horizontes paralelos a subparalelos, estos poseen una redondez media y esfericidad baja. **Lagunar** de tonalidad grisácea a marrón, presenta horizontes de 10 cm a 40 cm de espesor, sin contenido lítico y sin gradación granulométrica. Los horizontes contiene microfauna tales como espículas de espongiarios, diatomeas tales como *Melosiravarians*, *Ciclotella*. La presencia de esta facies marca una interrupción en la secuencia volcánica.

FOTOGRAFÍA 69
AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA NO. 11

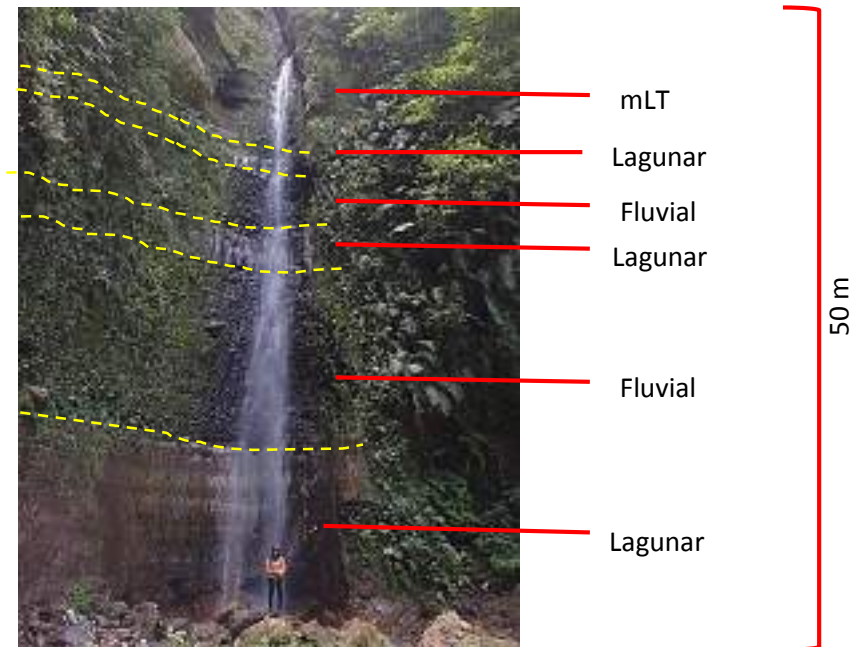


Tomada por: M. Boiton, 2016

Columna litoestratigráfica No. 12
Coordenadas: E412343, N1636362 (GTM)

Columna estratigráfica levantada al lado de río Uwalsajcab, jurisdicción del municipio de Nahualá. El afloramiento posee una altura de 50 metros y una longitud de 100 metros, al igual que columna 11 presenta horizontes de relleno (fotografía 70, anexo 18), con fragmentos líticos variados de formas subangulares a subredondeadas, dichos horizontes alcanzan los 4 m de alto, intercalados por facie **lagunar**, el cual se caracteriza por la presencia de laminaciones grisáceas a beige oscuro, sin fragmentos líticos y con superficies irregulares.

FOTOGRAFÍA 70
AFLORAMIENTO DE COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA NO. 12



Tomada por: M. Boiton, 2016

Columna litoestratigráfica No. 13**Coordenadas:** E412491, N1636295 (GTM)

Columna estratigráfica levantada al lado de río Uwalsajcab, jurisdicción del municipio de Nahualá. El afloramiento posee una altura de 2.59 metros y con una longitud de al menos 200 metros (fotografía 71, anexo 19), recorriendo las orillas del Río, se caracteriza por la ritmicidad de los horizontes beige y marrones lagunares. En horizontes marrones predomina la presencia de diatomeas *Rhopalodia musculos*, *Melosira varians*, *Coscinodiscophiceae*, *Cyclotella menanghiana*. Mientras que en los horizontes de tonalidades beige a grisáceos predomina la presencia de diatomeas *Melosira varians*, *Coscinodiscophicea*, *Cyclotella menguiana* y *Denticula valida*.

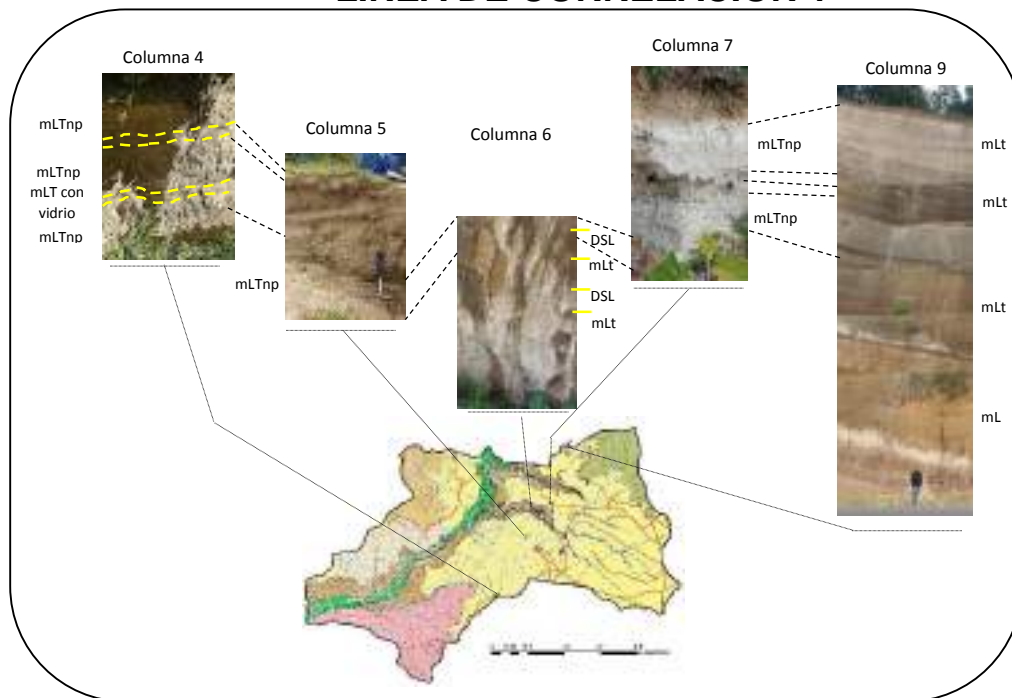
**FOTOGRAFÍA 71
AFLORAMIENTO DE COLUMNA
LITOESTRATIGRÁFICA NO. 13****Tomada por:** M. Boiton, 2016

5.3 CORRELACION LITOESTRATIGRAFICA

Con el fin de obtener el arreglo de los depósitos de caída dentro del área de estudio se realizaron 3 líneas de correlación, las cuales son:

Primera línea de correlación

FIGURA 22
LÍNEA DE CORRELACIÓN 1



Fuente: M. Boiton (ver en anexo 15)

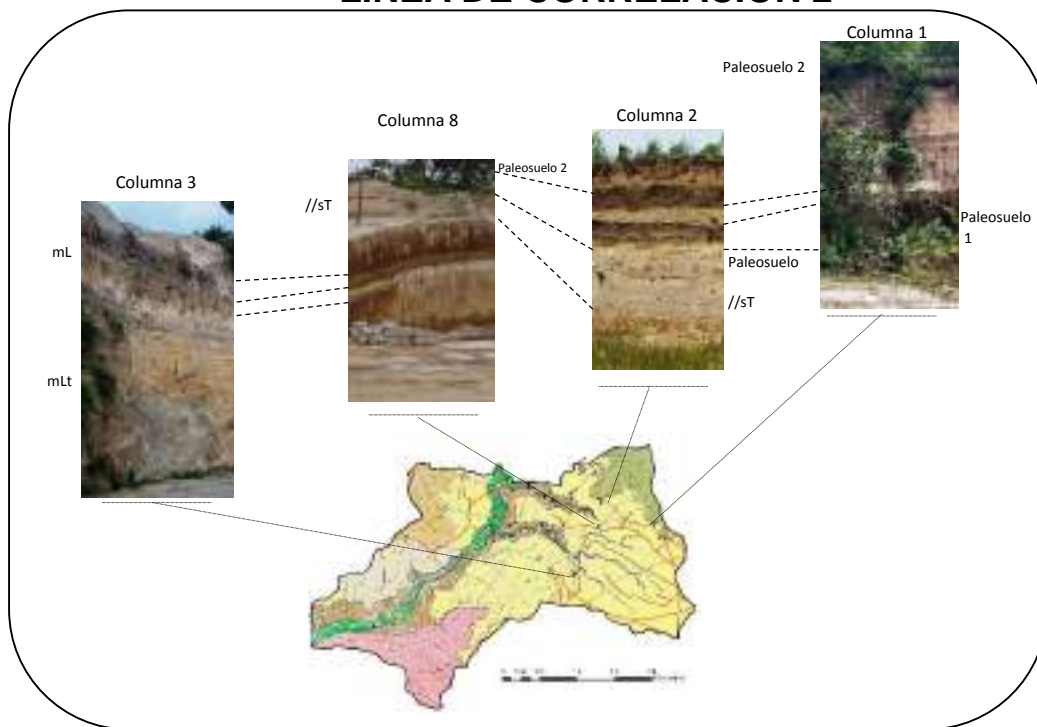
Incluye columna 4, 5, 6, 7 y 9 (ver en anexo 20y figura 22), las cuales constituyen depósitos con facies mLt, mLT con vidrio, //st y un paleosuelo de tonalidad marrón y espesor variable, delimitado con superficies erosivas. Dichas paleosuperficies fueron el principal horizonte de correlación, debido a que este indica un hiato o periodo de no depositación volcánica. Estos tienen la característica de presentarse bajo los depósitos estratificados y por encima de depósitos de ceniza masiva, dicha disposición indica dos eventos vulcanoclásticos distintos, en donde el primero indica el aumento del gas dentro de la columna

eruptiva y el segundo una zona intermedia dentro de la perdida de fluido y el aumento de gas.

Dicha correlación constituye la transición entre depósitos de lapilli masivo, lapilli masivo con vidrio a una facie estratificada (columna 5), de esta manera se tiene una transición hacia columna 6 en donde se observa que dentro de la secuencia disminuye la granulometría y forma mLt con DSL siendo esta la parte inferior de la secuencia, en la transición hacia columna 7 se vuelve a observar litofacie, mLt, //sT, mLtnp. En columna 9 se mantiene facie mLtnp (estrato correlacionable) pero el espesor del estrato aumenta.

Segunda línea de correlación

**FIGURA 23
LINEA DE CORRELACIÓN 2**



Fuente: M. Boiton (ver en anexo 21)

Incluye columnas 3, 8, 2, 1 (figura 23) en los cuales se posee dos horizontes de paleosuelos, los cuales representan hiato en la actividad volcánica, lo que indica que por lo tanto existen al menos dos eventos vulcanoclásticos, el primero posiblemente corresponde al evento post chocoyos. En columna estratigráfica 1 se presenta secuencia de facie //st, con espesores menores a 3 cm, mientras que en columna 2 dicha secuencia presenta horizontes de mayor espesor y menor grado de consolidación, lo que refleja que la columna 1 y 3 son más distales que los depósitos de columna 2, lo que permite una estratificación más fina.

Es importante mencionar que el paleosuelo corresponde al límite de la secuencia, en donde por debajo de él pueden observarse depósitos estratificados seguido de una zona de lapilli masiva

5.4 ARREGLO DE FACIES DE LOS DEPOSITOS VULCANOCLASTICOS

Dentro del área de estudio se han analizado 13 secciones litoestratigráficas, por medio de las cuales se han identificado facies principales, divididas en base a sus variaciones granulométricas y geométricas. A partir de ello se obtuvieron 3 líneas de correlación, acompañado del análisis de fotos aéreas, con lo que se determinaron las facies generales de los depósitos de caída dentro del área de estudio, que consta de 3 secuencias de facies (ver mapa de arreglo en anexos);

5.4.1 Deposito de lapilli masiva rica en pómez

En el cuál se tiene la facies de mLT o facie de lapilli masivo, la cual se distribuye desde Rio Nahualate, en unidad de toba pomácea los Chocoyos, en donde forma escarpes de al menos 50 metros de altura, con grado de consolidación medio, y parte de unidad de depósitos de caída. En carretera interamericana (columna 9, estrato 34 y 36), forman horizontes de 3 metros de espesor, en donde domina la presencia de fragmentos de

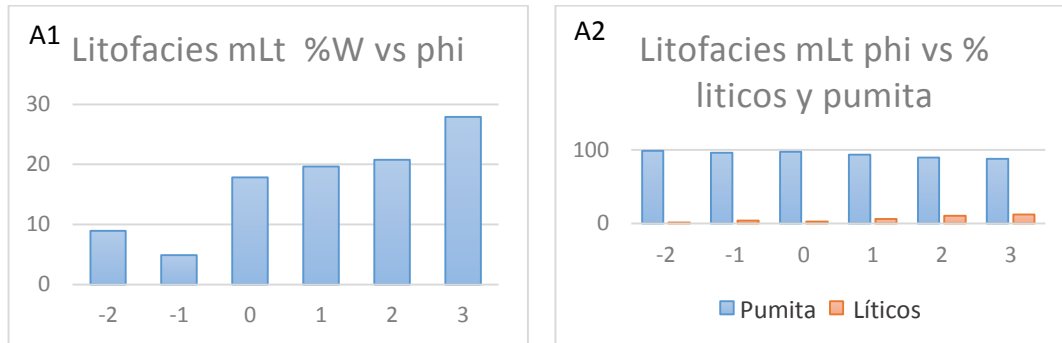
pumita, clasto soportados, con estratificación difusa. La variación de alturas en los depósitos de mLt se puede atribuir a la inestabilidad durante deposición sostenida dentro de la corriente de densidad piroclástica.

Como se explicó anteriormente dichos depósitos carecen de gradación granulométrica, acompañado algunas veces de estratificación difusa, esto es debido a que se encuentran en un estadio o zona intermedia de la columna eruptiva en donde tras la elutriación comienza su estabilización y disminución de la temperatura lo que permite la buena selección del depósito y su carácter clasto soportado (clastos en contactos biconvexos). Las condiciones de esta zona de límite de flujo son dominados por la tracción y el escape de fluidos y gas, en donde el primero permite el transporte de líticos y el segundo el transporte de pumita, lo que es mostrado en la gráfico 1.

En el gráfico 1-A1 (gráfico de Walker) para litofacies mLt se puede observar un aumento en el porcentaje de fragmentos de pumita de granulometría más fina ($\phi 3$), lo que indica que se trata de una zona más distal del centro emisor, predomina el transporte por medio de gases reflejado en la gráfica A2, en donde el porcentaje de pómez supera en casi un 80% al porcentaje de líticos. La disminución constante de los líticos corresponde a la pérdida de fluido y un aumento en el gas presente, este aumento es reflejado en la presencia de vesículas en los fragmentos de pumita

GRÁFICO 1

GRÁFICO DE WALKER Y GRÁFICO DE RELACIÓN LÍTICOS-PUMITA PARA DEPÓSITOS DE LAPILLI MASIVA RICA EN POMEZ

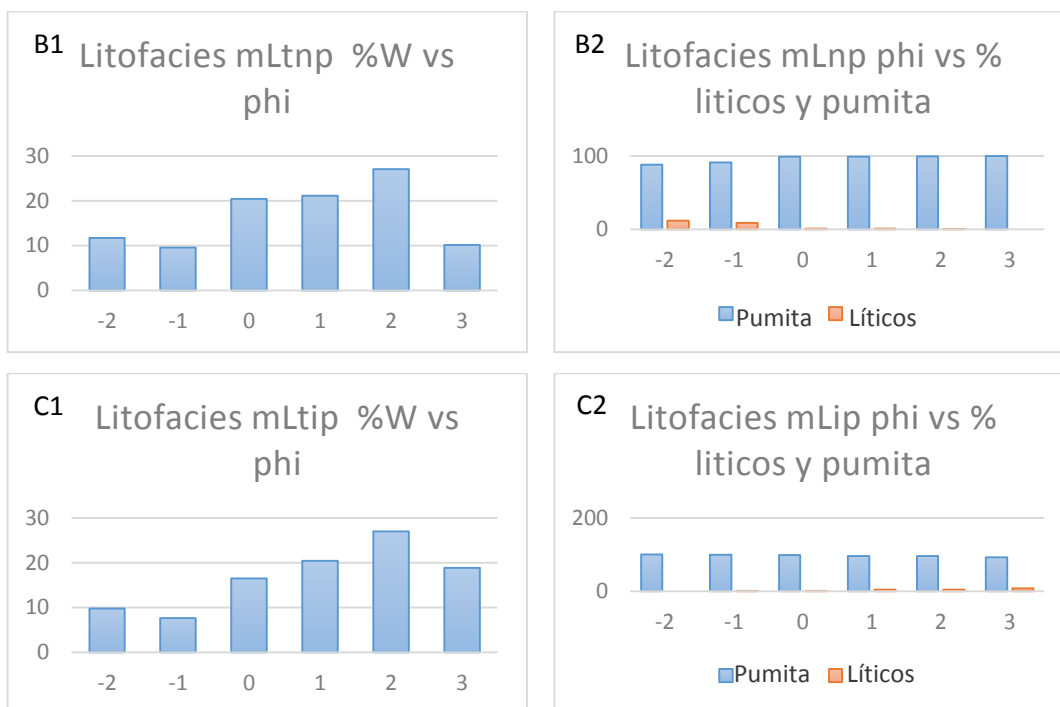


Fuente: M. Boiton

En las gráficas de Walker 2-B1 y 2-C1 se observa un aumento en el porcentaje en phi 2 lo que indica un aumento en el porcentaje de fragmentos de granulometría fina (aunque con una buena selección al igual que A1), con lo que puede definirse un cambio del comportamiento durante la deposición reflejado por la presencia de gradación dentro de la facie principal mLt, además de presentar menor potencia (altura) y una abrasión mayor en los fragmentos de pumita con vesículas subredondeadas.

En las gráficas 2-B2 y 2-C2 se tiene una disminución en el porcentaje de líticos hacia phi 3, dichos líticos presentan formas subredondeadas y procedentes de rocas máficas e intermedias, contrario a esto se tiene un aumento del porcentaje de pumita, lo que refleja un aumento del gas dentro del flujo, por lo que pierde la capacidad de arrastrar los fragmentos líticos. En el caso de la presencia de gradación inversa puede corresponder a un ambiente turbulento, en donde la columna eruptiva es un poco fluida con presencia de agua y gas.

GRÁFICO 2
GRÁFICO DE WALKER Y GRÁFICO DE RELACIÓN LÍTICOS-PUMITA
PARA DEPÓSITOS DE LAPILLI MASIVA RICA EN PÓMEZ (mLtnp y mLtip)



Fuente: M. Boiton

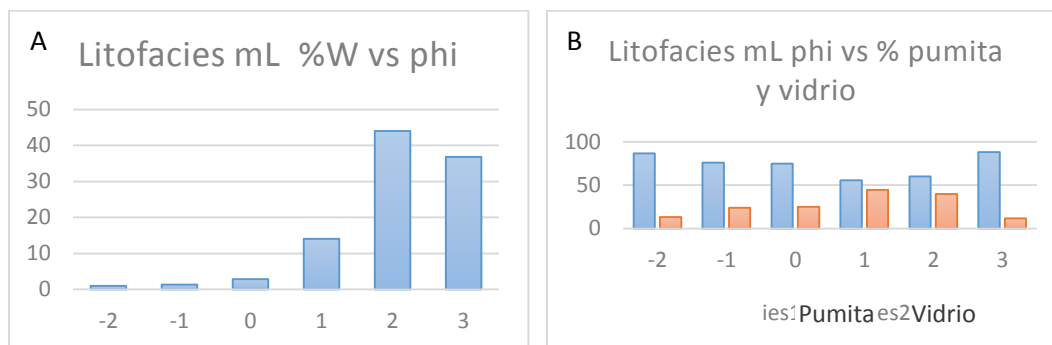
Depósitos de ceniza masiva (mL)

Se ubica sobre depósitos de lapilli masiva (mLt), dichos depósitos carecen de gradación granulométrica, contenido lítico casi nulo, potencia de estratos menor a 60 cm y con grado de compactación medio por lo que en la mayoría de los casos aparece fracturada de manera paralela. Este podría corresponder al mismo evento de mLt en el que por encima del límite de flujo se localiza una zona de mayor estabilidad en donde a pesar de que en esta zona se tenga un régimen dado por el escape de fluido puede también caracterizar una zona de frontera de flujo en donde existe una elutriación baja de ceniza lo que contrarresta los efectos de decantación

por el escape de fluido, es por ello que se propicia la depositación de estos horizontes de ceniza.

En el grafico 3 A (grafico de Walker) se muestra un aumento en el porcentaje en peso hacia phi 2 lo que puede referirse a un ambiente más distal, en donde la presencia de vidrio aumenta en casi un 40% como se muestra en el grafico B, lo que indica un enfriamiento muy rápido acompañado de un escape de gases instantáneo.

GRÁFICO 3 GRÁFICO DE WALKER Y GRÁFICO DE RELACIÓN LÍTICOS-PUMITA PARA DEPÓSITOS DE CENIZA MASIVA



Fuente: M. Boiton

5.4.2 Depósitos con líticos

Se localiza en carretera que conduce de caserío Chuisajcap a aldea Tzucubal y parte inferior de cerro en límite con microcuenca Yatzá (aldea Tzucubal). Estos depósitos comprenden facies de imLT o facie de lapilli masivo con líticos, caracterizado por su falta de gradación granulométrica, consolidación media formando de esta manera depósitos que alcanzan los 5 metros de altura, el cual tiene su afloramiento tipo en columna 3, estrato superior (en dicha columna se refleja la relación con deposito masivo, en

estrato 1). Los líticos corresponden a andesita, granito y riolita, de formas subangulares a subredondeadas, matriz soportado, acompañado de fragmentos de pumita. La presencia de estos depósitos refleja zonas intermedias dentro del episodio volcánico, en el que se presenta zonas con temperatura suficiente para carbonizar materia orgánica.

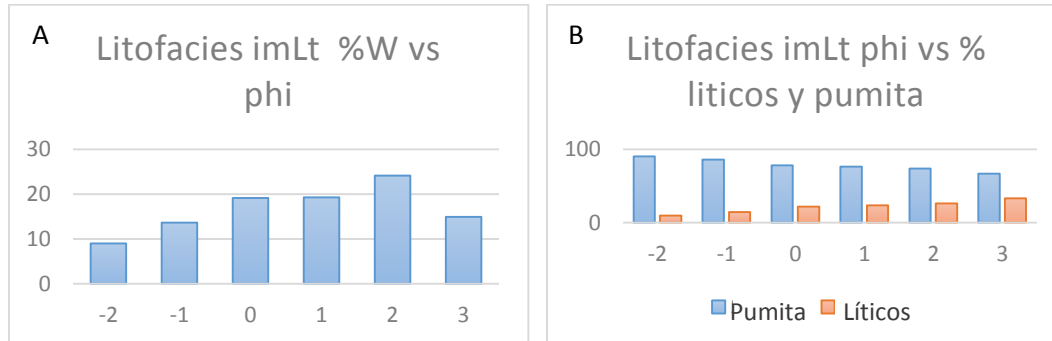
FOTOGRAFÍA 72 **DEPÓSITOS DE LAPILLI MASIVA CON LÍTICOS**



Tomadas por: M. Boiton

En el grafico 4 A pertenece a un depósito de caída, aunque se puede mostrar una moderada clasificación granulométrica, debido a su depositación más fluida en la que predomina el arrastre de líticos y pumita. En el grafico B puede observarse el mismo comportamiento de las demás litofacies en donde al aumentar el tamaño de grano aumenta el porcentaje de pumita, y al disminuir el tamaño de grano aumenta el porcentaje de líticos en casi un 50%, esto debido al aumento de gas con lo que se comprueba que pertenece a una zona más proximal con respecto a mLt.

GRÁFICO 4 GRÁFICO DE WALKER Y GRÁFICO DE RELACIÓN LÍTICOS-PUMITA PARA DEPÓSITOS CON LÍTICOS



Fuente: M. Boiton

5.4.3 Depósitos con estratificación y estratificación difusa

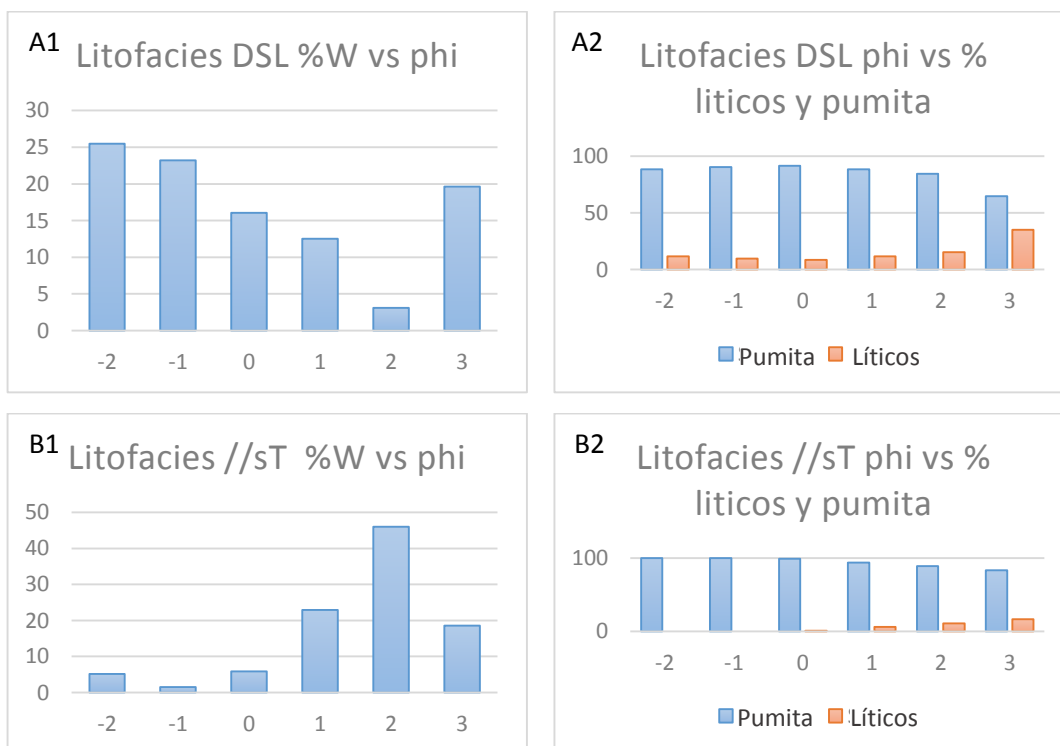
Se localiza en región este del área de estudio en los alrededores de cruce de carretera interamericana, km148, en caserío Chuisajcap y aldea Tzucubal. Predomina topografía con pendiente menor a 10 grados, y alcanzado las máximas alturas dentro del área de estudio. Corresponde a las litofacies de DCL, //St. Presentándose así dentro de la estratificación horizontes de lapilli masivo, clasto soportado, sin contenido lítico, y con abundancia de vidrio volcánico.

Estos depósitos corresponden a zonas medias- distales, en las que predomina la presencia de pumita con un grado de abrasión media baja, con un poco de cantidad de líticos de granulometría fina en el caso de //sT. Dichos horizontes son originados por el comportamiento inestable de la columna eruptiva, en el cual predominan las pulsaciones uniformes de pumita, acompañado de la disminución de la tracción dentro del flujo. En el gráfico 5-A1 se tiene un comportamiento inusual en tanto a la simetría de la gráfica, esto es debido a que pertenece a una zona de transición sobre

el límite de flujo, en donde se tiene escape de fluido y aumento de gas, el porcentaje de líticos al igual que en las anteriores es contrario a la ocurrencia de los fragmentos de pumita en tanto a tamaño y porcentaje.

En 5-B1 se muestra un comportamiento más estable dentro de las pulsaciones, por lo que se logran formar finas capas longitudinalmente homogénea, reflejado en la simetría de la gráfica así como la disminución del contenido de líticos, lo que refiere a una zona un poco más distal que DSL.

GRÁFICO 5 GRÁFICO DE WALKER Y GRÁFICO DE RELACIÓN LÍTICOS-PUMITA PARA DEPÓSITOS ESTRATIFICADOS



Fuente: M. Boiton

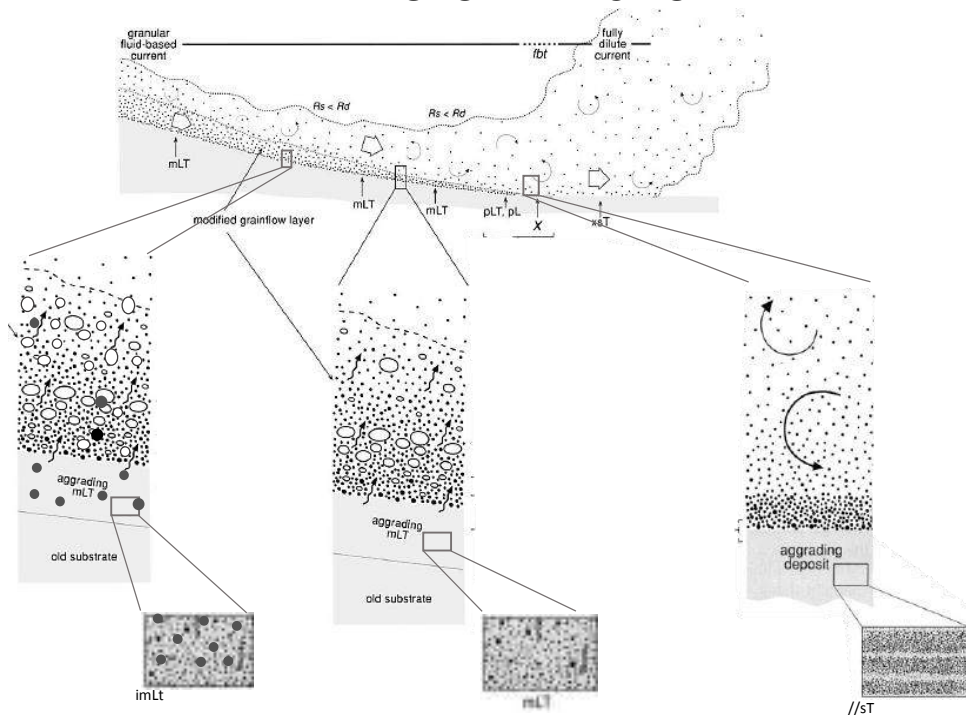
FOTOGRAFÍA 73 DEPÓSITOS ESTRATIFICADOS



Tomada por: M. Boiton

En la fotografía 73 se observa secuencia estrato creciente, contiene facies mLt estratificado. En su base se observan estratos inferiores a 3 cm (laminación), el cual asciende a 10 cm, 35cm, y 50 cm de espesor.

FIGURA 25 ARREGLO DE FACIES



Fuente: J. Braney (modificado)

Según antecedentes se registra que las erupciones relacionadas a Atitlán corresponden a erupciones plinianas, caracterizadas por emisión de potentes columnas eruptivas de las que se desprenden por gravedad piroclastos pumíticos de tamaño variable, constituyendo de esta manera secuencias de estratos en las áreas más distales (figura 25), como los vistos dentro del área de estudio, en cuyo caso la ritmicidad de los mismos refleja las pulsaciones continuas dentro del episodio volcánico.

CONCLUSIONES

- a) La microcuenca Paximbal está constituida por diez unidades litológicas, en orden relativo de edad son: Granito (Gr), Toba María Tecún (TMT), Toba lítica, Depósitos lagunares, Andesita, Toba pomácea los Chocoyos, brecha de relleno de caldera, depósitos fluviotorrenciales, depósitos de caída post Chocoyos (Qpa4) y aluvión.

- b) Las unidades geomorfológicas del área de estudio en su mayoría son producto de procesos volcánicos relacionados con el colapso de caldera Ixtahuacán, que se han clasificado con base a su origen, exógeno o endógeno, formas relacionados a procesos volcánicos (Resto de cono volcánico, superficie de apilamiento de pómez, superficie de apilamiento de pómez degradado, ladera de borde de caldera Ixtahuacán), formas asociadas a procesos tectónicos (falla supuesta, faceta triangular) y formas asociadas a procesos exógenos; vinculados a procesos denudacionales (Ladera de incisión fluvial, cerro, cresta aguda, escarpe), movimientos de ladera (cuerpo de deslizamiento y cabecera de deslizamiento) y fluviotorrenciales (depósitos de canal reciente).

- d) Con fundamento en las secciones litoestratigráficas estudiadas, se ha determinado la presencia de las siguientes litofacies dentro del arreglo de los depósitos de ceniza y pómez, mLT (lapilli masiva, caracterizada por la ausencia de ceniza, constituido puramente de fragmentos de pumita subredondeada a subangular, algunas veces con lapilli acrecional), mLTnp (lapilli masiva con gradación normal), imLT (lapilli masiva con líticos) mT (ceniza masiva) mt con vidrio, //sT (estratificación en depósitos masivas, constituido por litofacies mLT

y mLT con vidrio con tonalidades beige y café claro respectivamente), DSL (estratificación difusa, presentando formas laterales acuñadas y límites verticales bien definidos, e indica límite de zona de flujo).

- e) Mediante la correlación y asociación de facies, se determinó que dentro de dicha área, el arreglo de la unidad de depósitos de caída consiste en depósitos masivos, depósitos masivos con líticos y depósitos estratificados, siendo estos últimos los más recientes, formados por la pulsación constante dentro del episodio volcánico de tipo plineano.
- f) La asociación de dichas facies corresponde a una zona media distal del episodio volcánico, en el que se tiene un escape del fluido y un aumento del gas lo que conlleva la predominancia de fragmentos de pumita en contraposición de los líticos. En dicha zona se tiene depósitos de carácter clasto soportado, en la que los fragmentos poseen contactos clasto-clasto siendo esta el resultado de una depositación en condiciones más frías (menor a 100 grados centígrados)
- g) Los depósitos dentro del área de investigación pueden pertenecer a varios eventos volcánicos procedentes de Atitlán, principalmente la Toba Pomácea los Chocoyos y los depósitos más distales, mientras que posiblemente las facies de lapilli masiva con líticos pertenezcan a caldera Tzanjuyub o Xela, debido a que refleja zonas medias proximales. Por ahora es difícil determinar la procedencia de los mismos debido a que se necesita la elaboración de un mapa de isopleas.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar dataciones radiométricas con potasio-argón para la unidad de andesitas, para determinar una edad relativa y así clasificarlas en unidad terciaria o cuaternaria.
- b) Realizar un estudio mineralógico más detallado en los depósitos de caída con el fin de determinar a nivel local a que evento vulcanoclástico pertenecen.
- c) Realizar estudio litoestratigráfico en áreas aledañas a la microcuenca Paximbal, con el fin de determinar regionalmente el arreglo de los depósitos vulcanoclásticos y la proveniencia de dichos depósitos.
- d) Realizar estudio de susceptibilidad de movimientos de ladera con el fin de prevenir posibles desastres naturales.

BIBLIOGRAFÍA

- Caracterización geotemática de la microcuenca Tzujoma*. Guatemala: Asociación Vivamos mejor, 2012.
- Cruz S., Jorge René de la. *Clasificación de zonas de vida en Guatemala a nivel de reconocimiento*. Guatemala: Instituto Nacional Forestal, 1982.
- Escala de meteorización de las rocas basada en la de D.G. Moya*. <http://www.unasam.edu.pe/facultades/minas/pdfs/8Trabajo.pdf> (02 de octubre de 2010).
- Mapa del lago de Atitlán*. <http://www.hoteljere.com/img/lake-map.jpg> (11 de septiembre de 2010).
- Branner, Michael and Peter Kokeelaar. *Pyroclastic density currents and the sedimentation of ignimbrites*. memoir 27. London, England: Geological society, 2002.
- Newhall, Christopher G. *Geología de la región del Lago de Atitlán al occidente de Guatemala*. Amsterdam, Holanda: Elsevier Science Publishers, 1987.
- Núñez Álvarez, Laura y V. Martínez Cobo. *Informe complementario de la cartografía geológica y geomorfológica (1:25,000) de la cuenca del Lago de Atitlán*. Guatemala: snt., 2011.
- Rose, W. Et. Al., *Geología del oeste del lago de Atitlán*, Amsterdam, Holanda: Elsevier Science Publishers, 1987.
- Simmons, Charles. Et.Al. *Clasificación de reconocimiento de los suelos en la república de Guatemala*. Guatemala: Editorial José de Pineda Ibarra, 1959.



V.º B.º
[Handwritten signature]

Adán García Véliz
Licenciado en pedagogía e investigación educativa.
Bibliotecario.



ANEXOS

No.	Descripción
1	Escala de meteorización de las rocas y triangulo de Streckeisen
2	Muestra 1 (TMT-3) (MP-1)
3	Muestra 2 (TMT-2) (MP-2)
4	Muestra 3 (TMT-1) (MP-3)
5	Muestra 4 (D-1) (MP-4)
6	Muestra 5 (D-2) (MP-5)
7	Muestra 6 (D-3) (MP-6)
8	Muestra 7 (MP-3)
9	Muestra 8 Granito
10	Muestra 9 Toba Lítica
11	Muestra 10 Deposito lagunar
12	Muestra 11 Toba Pomácea
13	Muestra 12 Deposito de caída
14	Mapa geológico Microcuenca Paximbal
15	Mapa geomorfológico Microcuenca Paximbal
16	Mapa de arreglo de depósitos de caída Microcuenca Paximbal
17	Columna estratigráfica 1 Microcuenca Paximbal
18	Columna estratigráfica 2 Microcuenca Paximbal
19	Columna estratigráfica 3 Microcuenca Paximbal
20	Columna estratigráfica 4 Microcuenca Paximbal
21	Columna estratigráfica 5 Microcuenca Paximbal
22	Columna estratigráfica 6 Microcuenca Paximbal
23	Columna estratigráfica 7 Microcuenca Paximbal

- 24 Columna estratigráfica 8 Microcuenca Paximbal
- 25 Columna estratigráfica 9 Microcuenca Paximbal
- 26 Columna estratigráfica 10 Microcuenca Paximbal
- 27 Columna estratigráfica 11 Microcuenca Paximbal
- 28 Columna estratigráfica 12 Microcuenca Paximbal
- 29 Columna estratigráfica 13 Microcuenca Paximbal
- 30 Correlación 1 de columnas estratigráficas Microcuenca Paximbal
- 31 Correlación 2 de columnas estratigráficas Microcuenca Paximbal



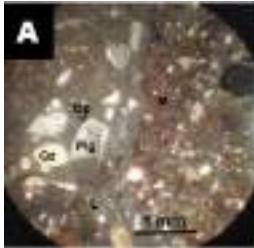
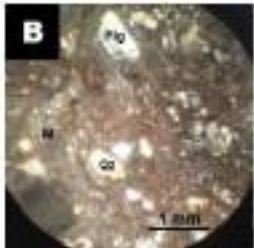
ANEXO 1 ESCALA DE METEORIZACIÓN DE LAS ROCAS

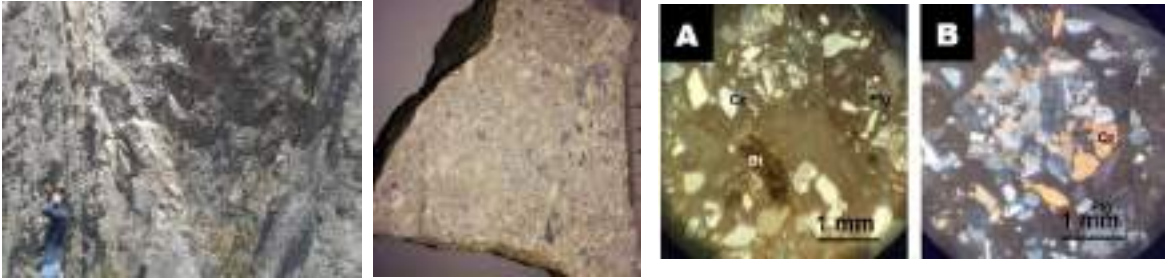
Grado	DENOMINACION	DESCOMPOSICIÓN (%)	DESCRIPCIÓN
I	Sana	-	Conserva el color y el lustre
II	Sana con juntas teñidas de óxidos	<10	Caras de juntas manchadas de óxidos pero la roca es sana.
III	Moderadamente meteorizada	10 - 15	Cambio de color en la roca, la resistencia de la roca puede variar a grado II
IV	Muy meteorizado	50 - 90	Roca puede desmenuzarse o romperse a mano, los elementos son reconocibles.
V	Completamente meteorizado	>90	Completamente descompuesto por meteorización in-situ, se puede reconocer la estructura de la roca original.
VL	Suelo residual	100	La roca esta convertida en suelo, no hay estructura.


Fuente: D. Moya, Escala de meteorización de las rocas


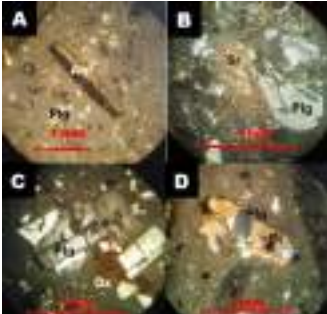
TRIANGULO DE STRECKEISEN




DATOS GENERALES		Anexo 2
No. MUESTRA: 1	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): TMT-3	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 414571	GTM_Norte: 1635585
LOCALIDAD: km. 148 de Carretera Interamericana a los alrededores de Chuisajcap		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO		
<p>La roca en afloramiento es masiva, fracturada y con una secuencia de fallas normales (NW-SE), presenta una variación de tonalidades corintas a grisáceas oscuras debido a alteración hidrotermal, acompañada de tonalidades grisáceas claras (gouge de falla) en las zonas de falla; posee un grado de meteorización II.</p>		
DESCRIPCION MACROSCOPICA		
<p>TEXTURA: fanerítica con fragmentos líticos de 0.5 a 3cm de diámetro los cuales poseen tonalidades corintas a café claras, los cuales pertenecen a los clasos de riolita y andesita con formas anhedrales, con esfericidad y redondez baja, así también posee fragmentos de cuarzo fracturado, plagioclasas y biotitas de formas subhedrales. La muestra se encuentra muy fracturada, su matriz es de tonalidad beige a corinto claro, de granulometría muy fina</p>	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
	Fragmentos líticos	60%
	Plagioclasas	10%
	Biotita	2%
	Minerales Opacos	0%
	Oxidos	0%
	Matriz	60%
COLOR: café a gris	GRADO DE METEORIZACIÓN: I-II	
DESCRIPCION MICROSCOPICA		
MINERAL DOMINANTE 1: Cuarzo	27%	<p>MICROTEXTURA: Porfídica Así mismo se encontraron dos minerales esenciales; Cuarzo fracturado y Plagioclasas. También se reconocieron tres minerales secundarios: Biotita, minerales opacos y óxido. Siendo este porcentaje variable en los distintos fragmentos líticos de riolita y andesita observados.</p>
MINERAL DOMINANTE 2: Plagioclasas	15%	
MINERAL DOMINANTE 3: Biotita	1%	
MINERAL DOMINANTE 4: Opacos	2%	
MINERAL DOMINANTE 5: Oxidos	2%	
MATRIZ	53%	Resultado: Brecha Toba María Tecún
   		

DATOS GENERALES		Anexo 3
No. MUESTRA: 2	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): TMT-2	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 413462	GTM_Norte: 1636280
LOCALIDAD: km. 148 de Carretera Interamericana (Cruce de carretera 148)		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO		
Presenta grado de meteorización I a II, muy fracturado, presenta tonalidades marrones a grisáceas debido a alteración, acompañado de fallamiento normal, se encuentra muy fracturado y se encuentra sobre carretera interamericana formando paredes de al menos 20 metros de alto.		
DESCRIPCION MACROSCOPICA		
TEXTURA: Fanerítica, con tonalidad grisácea a beige, esta posee mayor cantidad de líticos pero de menor granulometría (0,2-0,5 cm) correspondientes a riolitas y andesitas. Estos posee formas subangulares, con redondez y esfericidad baja. Presenta cristales de biotita de tonalidades marrones, formas euhedrales.	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA	
	Fragmentos líticos	50%
	Plagioclasas	10%
	Biotita	3%
	Cuarzo	15%
	Óxidos	0%
Matriz	22%	
COLOR: grisáceo oscuro	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
DESCRIPCION MICROSCOPICA		
MINERAL DOMINANTE 1: Cuarzo	28%	MICROTEXTURA: Porfídica en el que se observan fragmentos líticos predominantemente de riolita y andesita. Los fragmentos de andesita poseen formas anhedrales y una matriz de tonalidades grisáceas oscuras, mientras que los fragmentos de riolita poseen matriz corinta de textura fluidal con inclusiones de plagioclasas y cuarzo menores a 0,025 cm. La matriz de la toba posee tonalidades marrones en nicoles cruzados, con granulometría fina, conformada principalmente de cuarzo fracturado y plagioclasa.
MINERAL DOMINANTE 2: Plagioclasas	17%	
MINERAL DOMINANTE 3: Biotita	3%	
MINERAL DOMINANTE 4: Opacos	1 %	
MINERAL DOMINANTE 5: Oxidos	2 %	
MATRIZ	49%	Resultado: Toba María tecún Granulometría Media
		


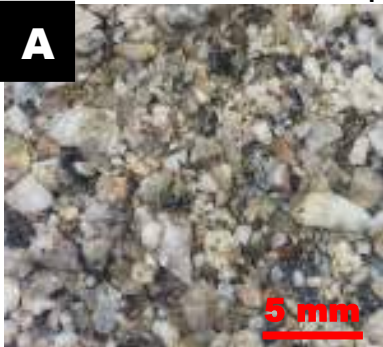
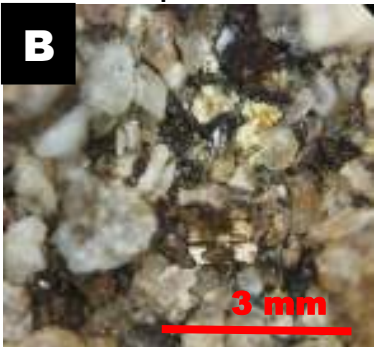
DATOS GENERALES		Anexo 4
No. MUESTRA: 3	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): TMT-1	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 413314	GTM_Norte: 1636801
LOCALIDAD: Carretera Interamericana.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO		
Se encuentra muy fracturado, presentando tonalidades corintas, grisáceas debido a alteración, forma escarpe de al menos 30 m de alto, ya no se observan líticos abundantes, solo fragmentos de cuarzo fracturado		
DESCRIPCION MACROSCOPICA		
TEXTURA: fanerítica con de cuarzo fracturados y plagioclasas (con formas tabulares, tonalidades blancuzcas opacas, son menos abundantes que el cuarzo presente). El cuarzo tiene tonalidades más claras que la plagioclasa, estas tiene formas subhedrales, con esfericidad baja. Posee cristales de biotita de tonalidades marrones, con forma euhedral.		COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:
		Fragmentos líticos 20%
		Plagioclasas 15%
		Biotita 5%
		Cuarzo 20%
		Óxidos 0%
		Matriz 55%
COLOR: grisáceo	GRADO DE METEORIZACIÓN: I	
DESCRIPCION MICROSCOPICA		
MINERAL DOMINANTE 1: Cuarzo	29%	MICROTEXTURA: Porfídica en el que se observan cristales de plagioclasa con maclado simple, tonalidades grisáceas, forma anhedral a subhedral, también se observan cuarzoes de relieve alto, tonalidades grisáceas, con formas subhedrales. Se observa oxido de tonalidad corinta en xpl y en ppl, forma anhedral, con incrustaciones de plagioclasas y cuarzo.
MINERAL DOMINANTE 2: Plagioclasas	17%	
MINERAL DOMINANTE 3: Óxidos	7%	
MINERAL DOMINANTE 4: Minerales Opacos	5 %	
MINERAL DOMINANTE 5: Biotita	3%	
MATRIZ	39%	Resultado: Toba María tecun Granulometría Fina
		


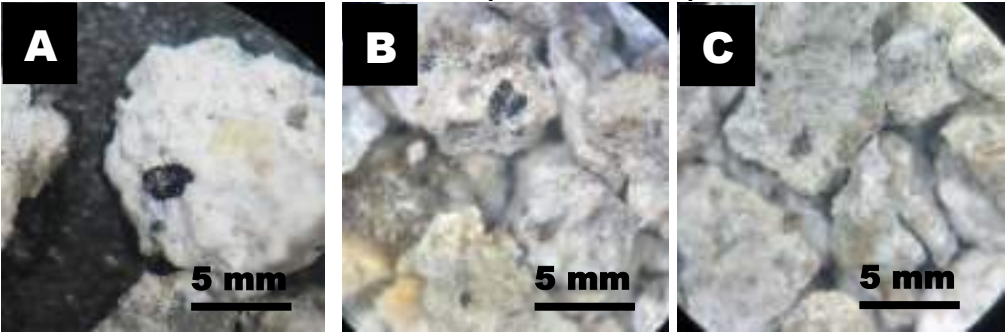
DATOS GENERALES		Anexo 5
No. MUESTRA: 4	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): D-1	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 410419	GTM_Norte: 1635820
LOCALIDAD: Parte superior de estructura vertical en caserío Paximbal (límite entre microcuenca Uwalxucube y microcuenca Paximbal)		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento la roca presenta un grado de meteorización II, presenta tonalidades grisáceas claras a oscuras, es masiva y fracturada, el afloramiento tipo alcanza los 200 metros de alto, los cuales en su parte inferior se encuentran cubiertos de vegetación.		
DESCRIPCION MACROSCOPICA		
TEXTURA: porfídica, con fenocristales plagioclasas de tonalidades blancuzcas, forma anhedral y biotita de tonalidades marrones a oscuras, forma subhedral, estas poseen bordes de oxidación de tonalidades marrones a corintas, en estas regiones es bastante porosa.		COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:
		Plagioclasas 20%%
		Biotita 15%
		Oxidos 8%%
		Matriz 57%
COLOR:	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
DESCRIPCION MICROSCOPICA		
MINERAL DOMINANTE 1: Plagioclasas	28%	MICROTEXTURA: Porfídica, visualizándose anfíbol de forma euhedral, con macla simple y extinción recta, en una matriz grisácea muy fina, con pequeños cristales de plagioclasa. En fotografía B se observa sericitización la cual posee una tonalidad café clara a oscura, posee leve pleocroísmo. En fotografía C plagioclasas zonadas, de tonalidades grisáceas, forma subhedral, lo que evidencia un enfriamiento lento y desigual en los fenocristales. Acompañado de óxidos de tonalidades marrones a corintas. En fotografía D biotita con borde de oxidación de tonalidad marrón, este posee incrustaciones de plagioclasas subhedralas.
MINERAL DOMINANTE 2: Biotita	5%	
MINERAL DOMINANTE 3: Oxidos	2%	
MINERAL DOMINANTE 4: Sericita	3%	
MINERAL DOMINANTE 5: Relictos de Hb.	3%	
MINERAL DOMINANTE 6: Opacos	2%	
MATRIZ	57%	Resultado: Andesita, según los porcentajes ingresados al triangulo de Strekeisen
  		

DATOS GENERALES		Anexo 6	
No. MUESTRA: 5 IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): D-2			
FECHA: Julio del 2016		PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 410419	GTM_Norte: 1635820	
LOCALIDAD: La parte inferior de unidad descrita en D-1			
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro			
DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO			
Posee una altura de 2 metros, con fracturamiento paralelo, tonalidades grisáceas a marrones debido a motorización, se proyecta ambos lados del rio, y hacia la parte N del área.			
DESCRIPCION MACROSCOPICA			
TEXTURA: porfídica, con fenocristales plagioclasas de tonalidades blancuzcas, forma anhedral y biotita de tonalidades marrones a oscuras, forma subhedral, estas poseen bordes de oxidación de tonalidades marrones a corintas, en estas regiones es bastante porosa.		COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
		Horblenda	15 %
		Plagioclasas	20%
		Biotita	3%
		Minerales Opacos	1%
		Óxidos	8%
Matriz	33%		
COLOR: gris oscuro		GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
DESCRIPCION MICROSCOPICA			
MINERAL DOMINANTE 1: Plagioclasas	25 %	MICROTEXTURA: porfídica con minerales tales como plagioclasas, biotita, biotita alterada y óxidos. A diferencia de M4 esta posee mayor porcentaje en tanto el contenido mineralógico genera, su matriz es muy fina y con tonalidades grisáceas en xpl y en ppl.	
MINERAL DOMINANTE 2: Biotita	5 %		
MINERAL DOMINANTE 3: Relictos de Hb	3 %		
MINERAL DOMINANTE 4: Opacos	2%		
MINERAL DOMINANTE 4: Oxidos	2 %		
MATRIZ	63 %	Resultado: Andesita, según el Triángulo de Strekeisen	
			






DATOS GENERALES		Anexo 7
No. MUESTRA: 6 IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): D-3		
FECHA: Julio del 2016		PROYECTO: Trabajo Final de Campo
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 411525	GTM_Norte: 1635626
LOCALIDAD: Sección delgada de estructuras tabulares a la orilla de río tributario a río Nahualate.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento presenta una geométrica tabular, con tonalidad grisácea clara, de matriz afanítica, con fenocristales de anfíboles y micas, aunque en muy poco porcentaje, grado de meteorización I a II, muy fracturado.		
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		
TEXTURA: porfídica, con fenocristales plagioclasas de tonalidades blancuzcas, forma anhedral y biotita de tonalidades marrones a oscuras, forma subhedral, estas poseen bordes de oxidación de tonalidades marrones a corintas, en estas regiones es bastante porosa.	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
	Plagioclasas	8%
	Biotita	2%
	Horblenda	15%
	Matriz	%
COLOR:	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA		
MINERAL DOMINANTE 1: Plagioclasas	15%	MICROTEXTURA: Posee una textura porfídica, con una matriz muy fina de tonalidades grisáceas oscuras en nicoles cruzados (no se distinguen minerales en la matriz), acompañado de cristales de plagioclasas zonadas y con maclas simples, así también biotita y óxidos en menor porcentaje. A comparación de M4 y M5 esta posee casi el doble del porcentaje de matriz.
MINERAL DOMINANTE 2: Biotita	4%	
MINERAL DOMINANTE 3: Opacos	1%	
MINERAL DOMINANTE 4: Relictos de horblenda	2%	
MINERAL DOMINANTE 3: Sericita	3%	
MATRIZ	75%	Resultado: Andesita, según los porcentajes ingresados al triángulo de Strekeisen
		


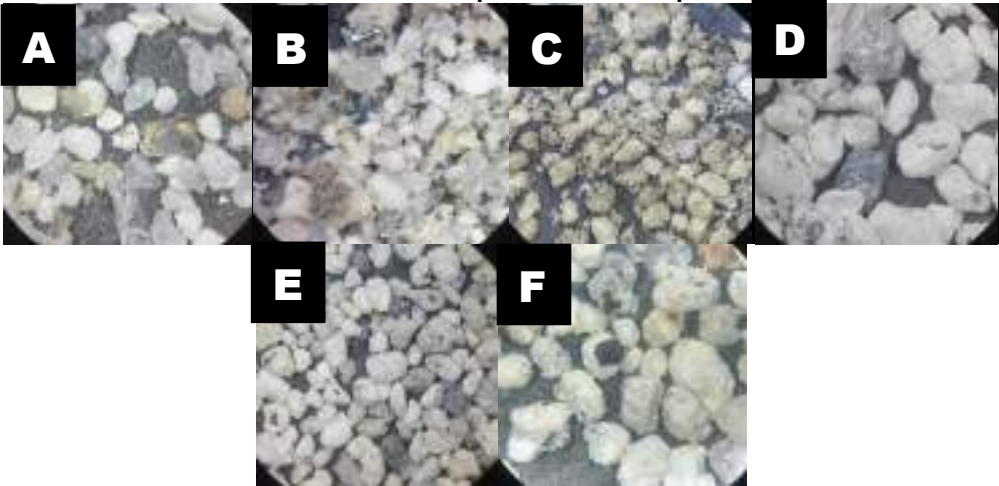
DATOS GENERALES		Anexo 8
No. MUESTRA: 7	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): D-1	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 409523	GTM_Norte: 1635337
LOCALIDAD: Municipio de Santa Catarina Ixtahuacán (parte oeste de caserío Paximbal), departamento de Sololá.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento posee una textura brechada conformada de fragmentos subangulares de dacita menores a 15 centímetros de diámetro, en una matriz arenosa con ceniza y suelo, posee una disposición caótica, posee una textura clasto soportado		
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		
TEXTURA: Es definida por su aspecto cristalino, tonalidad grisácea, textura fanerítica con fenocristales de cuarzo y plagioclasa. Se encuentra consolidada con grado de meteorización II, fuertemente fracturada y afectada por alteración hidrotermal. Los fenocristales de plagioclasa alcanzan los 2 mm de diámetro, mientras que los de cuarzo alcanzan los 4 mm con formas subhedrales.		COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:
		Plagioclasas 15%
		Biotita 3%
		Oxidos 15%
		Horblenda 16%
		Matriz 51%
COLOR:	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA		
MINERAL DOMINANTE 1: Cuarzo	23%	MICROTEXTURA: Posee una textura porfídica, cristal de cuarzo euhedral, extinción recta, plagioclasa de tonalidad grisácea con textura peritica. B, cristales de cuarzo subhedral, con bordes redondeados lo que indica retrabajamiento de los cristales, plagioclasa con macla simple, en una matriz de microcristales de cuarzo y plagioclasa. C fractura con clorita de tonalidad verdosa (nicos paralelos), pleocroísmo débil, por alteración hidrotermal. D anfíbol cloritizado de tonalidad verdosa en nicos paralelos, acompañado de biotita de forma subhedral y minerales opacos de forma anhedral.
MINERAL DOMINANTE 2: Plagioclasa	44%	
MINERAL DOMINANTE 3: Óxidos	1%	
MINERAL DOMINANTE 4: Sanidina	1%	
MINERAL DOMINANTE 5: Clorita	6%	
MINERAL DOMINANTE 4: Biotita	3%	
MATRIZ	22%	Resultado: Dacita según los porcentajes ingresados al triangulo de Strekeisen
		

DATOS GENERALES		Anexo 9
No. MUESTRA: 8	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM):	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 410672	GTM_Norte: 1632916,
LOCALIDAD: Municipio de Santa Catarina Ixtahuacán (parte oeste de caserío Tzucubal), departamento de Sololá.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCION DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento la roca presenta un grado de meteorización de II a III dentro de la unidad, se disgrega con facilidad, en muestra de mano presenta tonalidades grisáceas a beige oscuro.		
DESCRIPCION MACROSCOPICA		
TEXTURA: Es definida por la presencia de cuarzo, feldespato y biotita. Es leucocrática con una textura fanerítica de granos medios (<10 mm), equigranular con cristales hipidiomorfos. Los fragmentos de cuarzo no superan los dos centímetros de diámetro, son euhedrales, fracturados y tonalidades incoloras (cristalinas). Los cristales de biotita poseen tonalidad café a dorado (debido a meteorización), con tamaños menores de 0,2 cm de diámetro. Los feldespatos poseen formas subhedrales, con tonalidades beige,	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
	Cuarzo	40%
	Biotita	20%
	Feldespato	36%
Líticos	4%	
COLOR: gris a beige	GRADO DE METEORIZACIÓN: III - IV	
Vista en afloramiento		
		
Vista estereoscópica- macroscópica		
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;">  <p>A</p> <p>5 mm</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>B</p> <p>3 mm</p> </div> </div>		

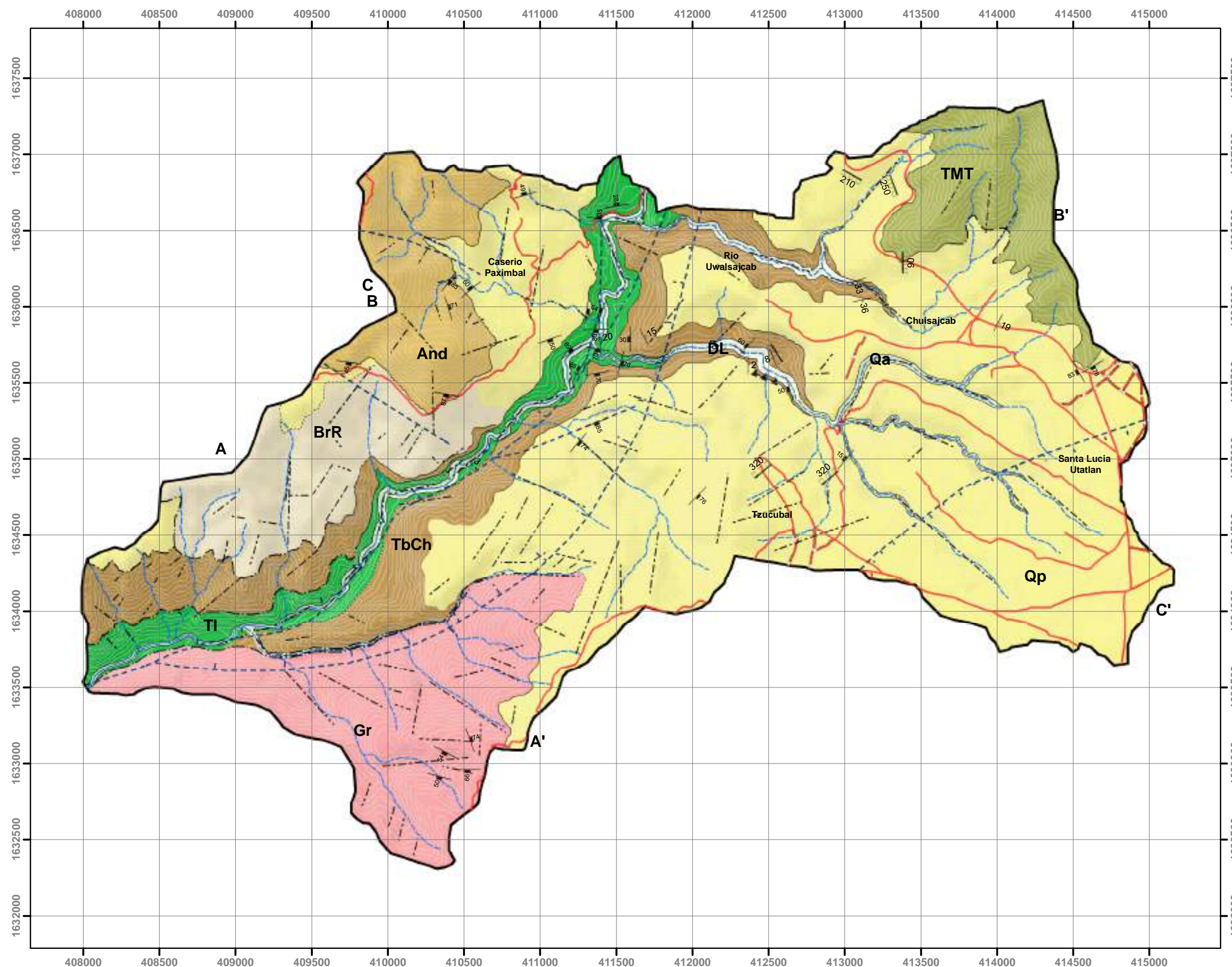
DATOS GENERALES		Anexo 10
No. MUESTRA: 9	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): M-9	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 409922	GTM_Norte: 1634912
LOCALIDAD: Municipio de Santa Catarina Ixtahuacán (parte oeste de caserío Paximbal al lado de Río Nahualate), departamento de Sololá.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento la roca presenta un grado de meteorización II, al estar en constante contacto con el agua presenta socavaciones, posee tonalidades grisáceas a beige con fragmentos de andesita de formas subredondeadas. Los afloramientos no alcanzan más de 100 metros de alto a la orilla del Río Nahualate.		
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		
TEXTURA: Es definida por la presencia de fragmentos líticos angulares a subangulares, en una matriz con vidrio volcánico de forma subangulares, biotita forma anheda, cuarzo de tonalidades grisáceas de formas subhedrales, horblenda. Los fragmentos líticos son menores a 1 cm de diámetro, es equigranular, con textura fanerítica.	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
	Horblenda	20%
	Vidrio volcánico	15%
	Cuarzo	12%
	Biotita	5%
	Líticos	5%
Matriz	57%	
COLOR: gris a beige	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
Vista en afloramiento		
		
Vista estereoscópica- macroscópica		
		

DATOS GENERALES		Anexo 11
No. MUESTRA: 11	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): M-9	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 412492	GTM_Norte: 1636295
LOCALIDAD: Municipio de Santa Lucía Utatlán, departamento de Sololá.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento los depósitos poseen una secuencia de horizontes de tonalidad grisácea, beige de granulometría muy fina, así también poseen horizontes marrones de granulometría fina gruesa, con presencia de fragmentos líticos. Estos depósitos poseen horizontes líticos de 2 metros de alto correspondientes a depósitos de relleno, con fragmentos subangulares a subredondeados.		
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		
TEXTURA: Es definida por encontrarse laminados, esta posee tonalidad beige, granulometría muy fina, no posee fragmentos líticos y posee bajo grado de meteorización, se disgrega con facilidad.	Diatomeas presentes: A- <i>Melosira varians</i> , B-Clase <i>Coscinodiscophyceae</i> , C- <i>Cyclotella meneghiniana</i> , D- <i>Denticula</i> , E- <i>Rhopalodia musculos</i> F- Genero <i>Denticula</i>	
COLOR: gris a beige	GRADO DE METEORIZACION I - II	
Vista en afloramiento y en muestra de mano		
		
Vista microscópica		
		

DATOS GENERALES		Anexo 12
No. MUESTRA: 12	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): M-9	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 410563	GTM_Norte: 1635000
LOCALIDAD: Municipio de Santa Catarina Ixtahuacán (parte este de caserío Paximbal al lado de Río Nahualate), departamento de Sololá.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento la toba grado de consolidación medio bajo, de tonalidades beige, café claro y rosa, formando de esta manera escarpes de al menos 100 metros de alto.		
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		
TEXTURA: Es definida por la presencia de biotita (8%), con formas anhedrales, vidrio volcánico con fractura concoidea, al igual que horizonte rosado presenta óxidos (5%) de tonalidades amarillas a corintas y fragmentos de cuarzo (10%), de tonalidades blancuzcas, formas subangulares, todo ello en una matriz de pumita	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
	Vidrio volcánico	15%
	Cuarzo	10%
	Biotita	8%
	Óxidos	5%
Pumita	62%	
COLOR: gris a beige	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
Vista en afloramiento		
		
Vista estereoscópica- macroscópica		
		

DATOS GENERALES		Anexo 13
No. MUESTRA: 14	IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): M-9	
FECHA: Julio del 2016	PROYECTO: Trabajo Final de Campo	
UBICACIÓN: GTM	GTM_Este: 13020	GTM_Norte: 1637038
LOCALIDAD: Municipio de Santa Lucia Utatlán departamento de Sololá.		
ANÁLISIS Y MUESTREO: Michelle Boiton Castro		
DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO		
En afloramiento presenta un grado de meteorización variable entre I y II a lo largo de la unidad, por lo que presenta pumitas de tonalidades amarillentas, la biotita se presenta de tonalidades doradas. Los afloramientos alcanzan los 40 metros de alto y lo mínimo de 0,7 metros de alto, en su mayoría se encuentra cubierto de suelo vegetal.		
DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA		
TEXTURA: Es definida por la presencia de pumita, vidrio, cuarzo, moscovita, biotita, magnetita, anfíboles y obsidiana. Su granulometría, composición y geometría es variable tanto lateral (de este a oeste, en tanto el espesor de los estratos y altura de los afloramientos) como verticalmente (en tanto las litofacies encontradas	COMPOSICIÓN MINERALÓGICA:	
	Vidrio volcánico	8%
	Anfíbol	15%
	Biotita	7%
	Magnetita	5%
	Líticos	5%
Pumita	60%	
COLOR: gris a beige	GRADO DE METEORIZACIÓN: II	
Vista en afloramiento		
		
Vista estereoscópica- macroscópica		
		

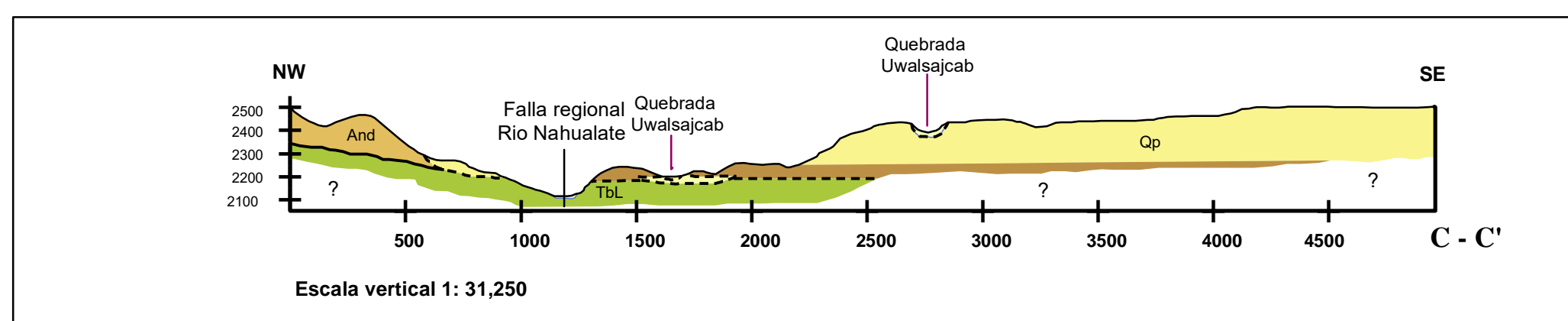
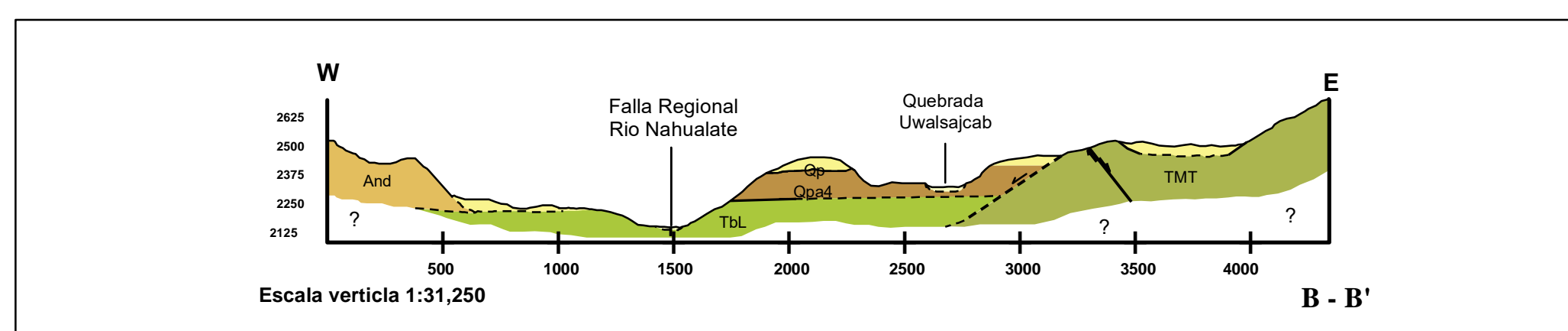
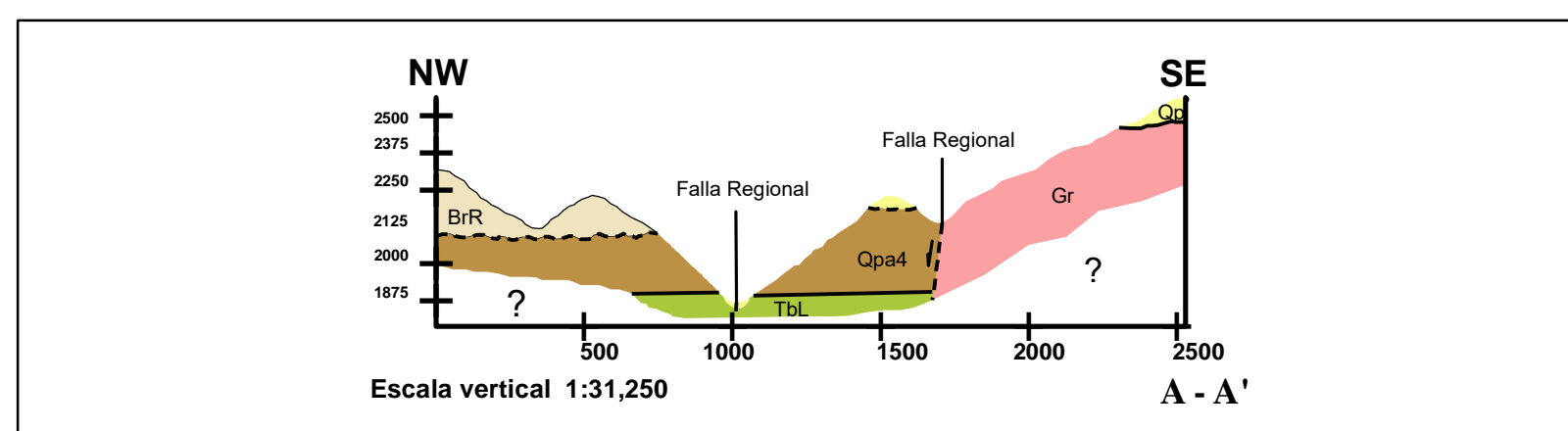
MAPA GEOLOGICO MICROCUENCA PAXIMBAL



Leyenda

- Qa Aluvion
- Qp Depositos de caida post Chocoyos
- Fl Fluviotorrenciales
- BrR Brecha de relleno de caldera
- TbCh Toba pomacea los Chocoyos
- And Andesita
- DL Depositos Lagunares
- TI Toba Itiica
- TMT Toba Maria Tecun
- Gr Granito

1:25.000



QUETZALTENANGO 1860 I	TONICAPAN 1960 IV	CHICHICASTENANGO 1960 I
COLMBA 1960 II	SANTA CATARINA IXTAHUACAN 1960 III	SOLOLA 1960 II
RETALHULEHU 1859 I	CHICACAO 1959 IV	SAN LUCAS TOLIMAN 1959 I

Leyenda perfiles geologicos

- Contacto definido
- Contacto cubierto
- - - Contacto fotogeologico
- Aluvion
- Depositos de caida post Chocoyos
- Fluviotorrenciales
- Brecha de relleno de caldera
- Toba pomacea los Chocoyos
- Andesita
- Depositos Lagunares
- Toba Itiica
- Toba Maria Tecun
- Granito

Simbologia

Carreteras

- Calles en áreas urbanas.
- Pavimentado. una o mas vias
- Paximbal limite
- Curso de agua intermitente
- Rio perenne
- Curvas de nivel

Contactos

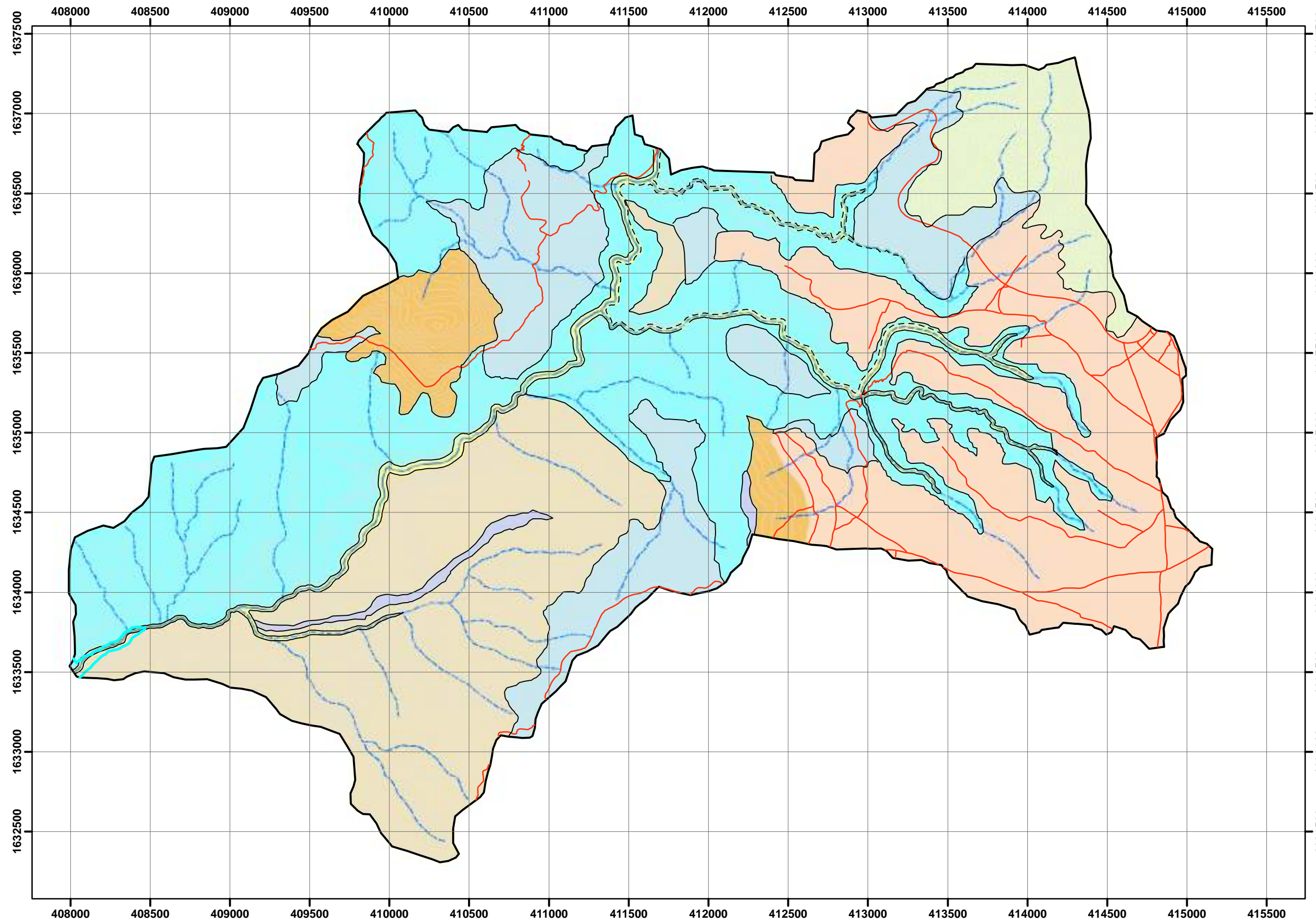
- Contacto definido
- Contacto cubierto
- - - Contacto fotogeologico
- - - Fracturas
- - - Paleosuperficie

Fallas

- ←←← Inversa
- Normal
- - - Falla regional
- - - Lineamientos fotointerpretados

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
	Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
	Trabajo Final de Campo -TFC-
Contiene: MAPA GEOLOGICO MICROCUENCA PAXIMBAL	
Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro	
Escala Numérica 1:25.000	Revisado por: Ing. Fernando Monterroso
Referencia Espacial: DATUM, Sistema de Coordenadas GTM	
ANEXO 14	

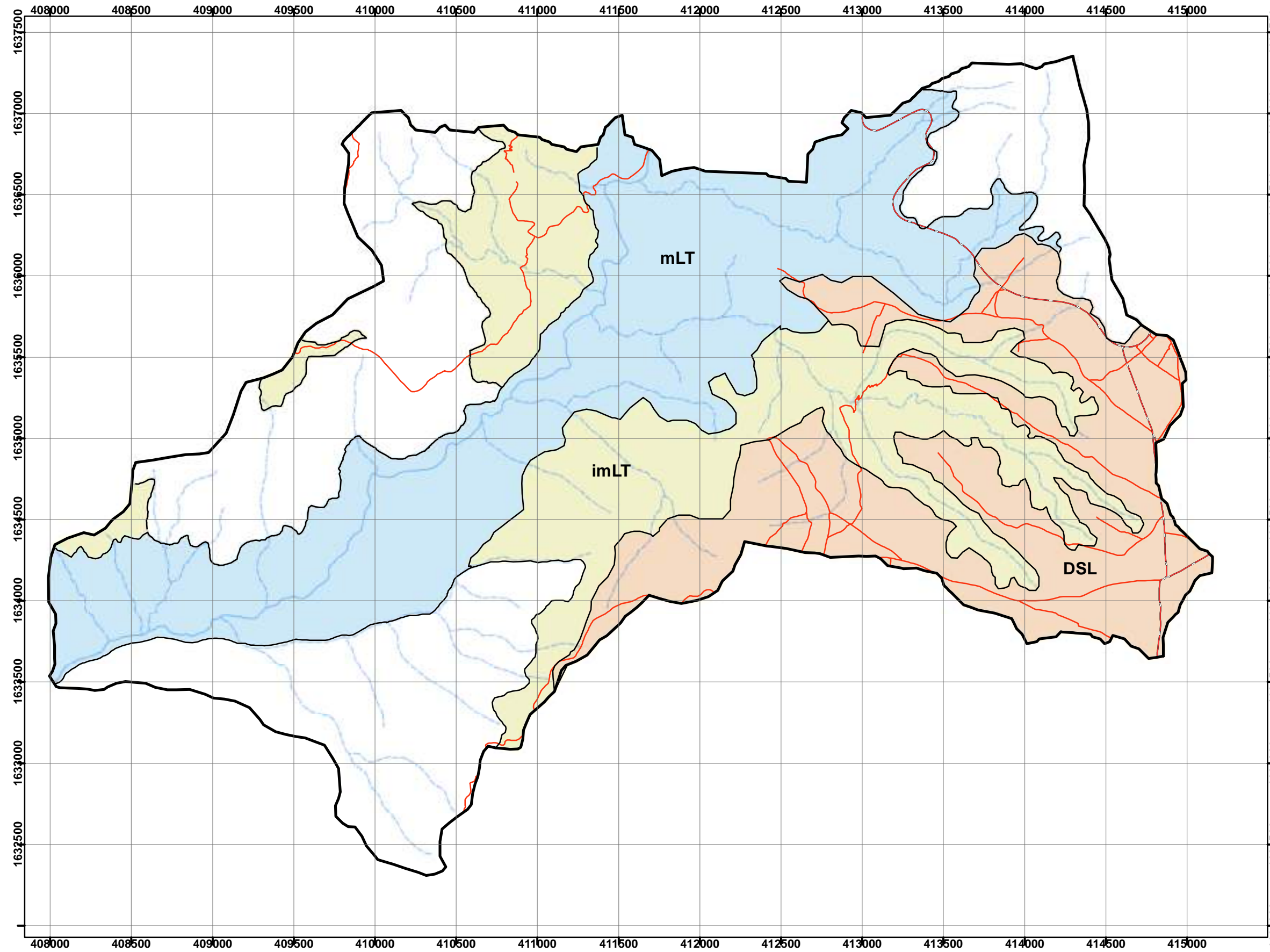
MAPA GEOMORFOLOGICO MICROCUENCA PAXIMBAL



- Leyenda**
- Formas asociadas a procesos volcanicos**
- Superficie de apilamiento de pomez
 - Superficie de apilamiento de pomez degradado
 - Resto de cono volcanico
- Formas asociadas a procesos de denudacion**
- Laderas de insicion fluvial
 - Cerro
 - Superficie de cumbre
 - Cresta redondeada
 - Ladera de borde de caldera
- Formas asociadas a procesos fluviotorrenciales**
- Deposito de canal reciente
- Carreteras**
- Calles en áreas urbanas
 - Paximbal_limite
 - Curvas de nivel
 - Curso de agua intermitente
 - Rio perenne

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	Centro Universitario Del Norte –CUNOR-	
	Trabajo Final de Campo –TFC-	
Contiene: MAPA GEOMORFOLOGICO MICROCUENCA PAXIMBAL		
Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro		
Escala Numérica 1:25,000	Revisado por: Ing. Fernando Monterroso	Referencia Espacial: DATUM Sistema de Coordenadas GTM
		ANEXO 15

MAPA DE ARREGLO DE DEPOSITOS DE CAIDA, MUESTREO Y UBICACION DE COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS EN MICROCUENCA PAXIMBAL




Leyenda Litofacies

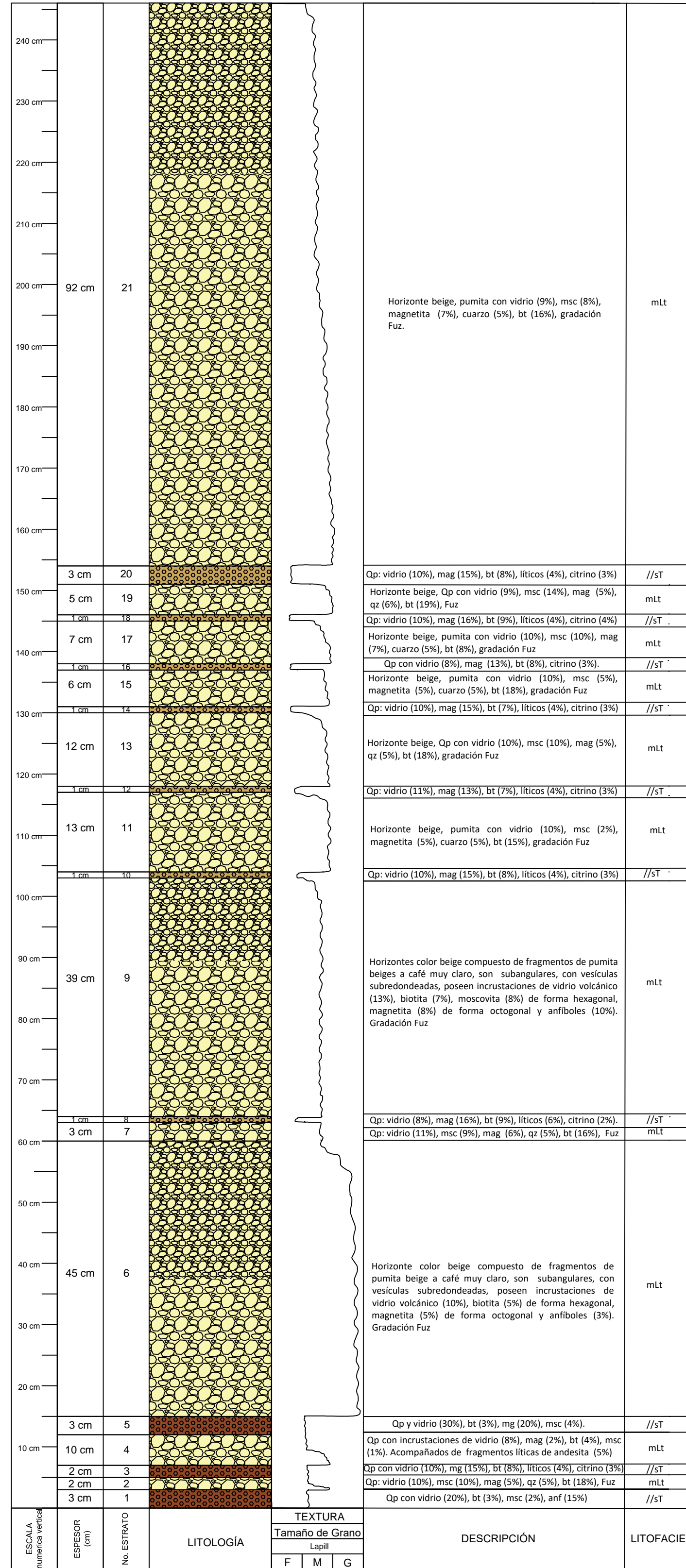
- DSL Depositos estratificados
- imLT Deposito de toba masiva
- mLT Depositos con liticos
- Sin litofacies

Simbologia

- Paximbal limite
- Calles en áreas urbanas
- Pavimentado dos o mas vias
- Curso de agua intermitente
- Rio perenne
- Sin litofacies

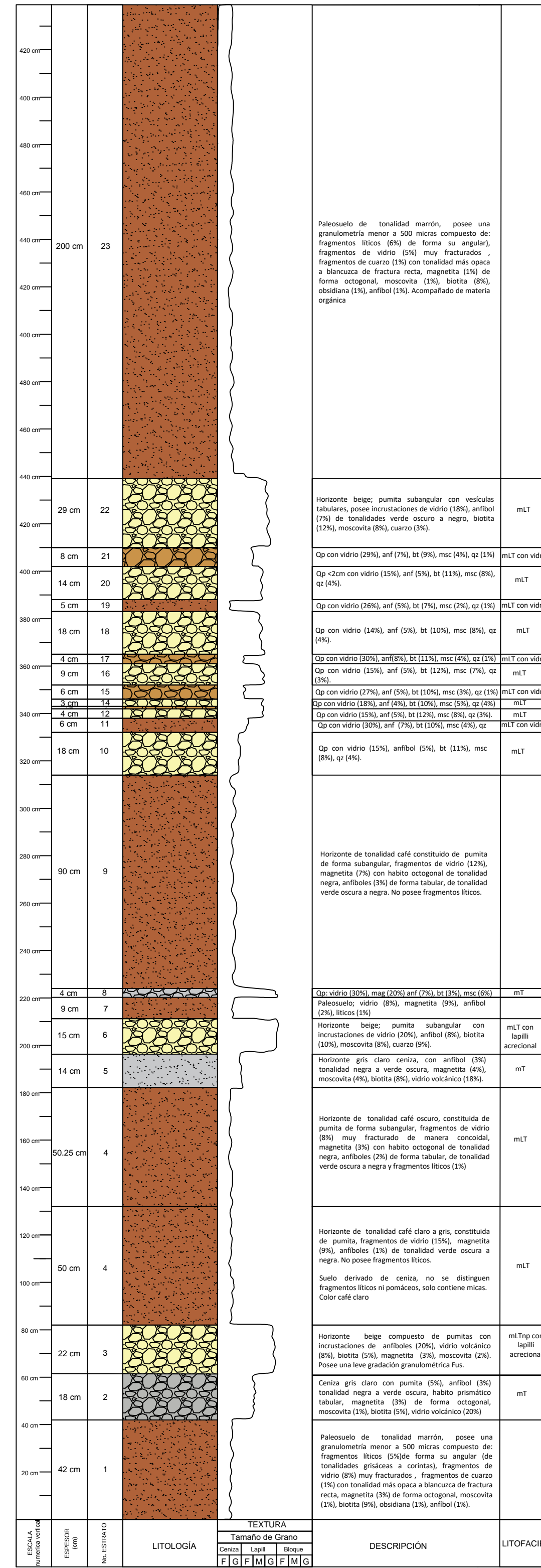


	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	Centro Universitario Del Norte –CUNOR–	
	Trabajo Final de Campo –TFC–	
Contiene: MAPA DE ARREGLO DE DEPOSITOS DE CAIDA MICROCUENCA PAXIMBAL		
Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro		
Escala Numérica 1:25,000	Revisado por: Ing. Fernando Monterroso	Referencia Espacial: DATUM; Sistema de Coordenadas GTM
		ANEXO 16



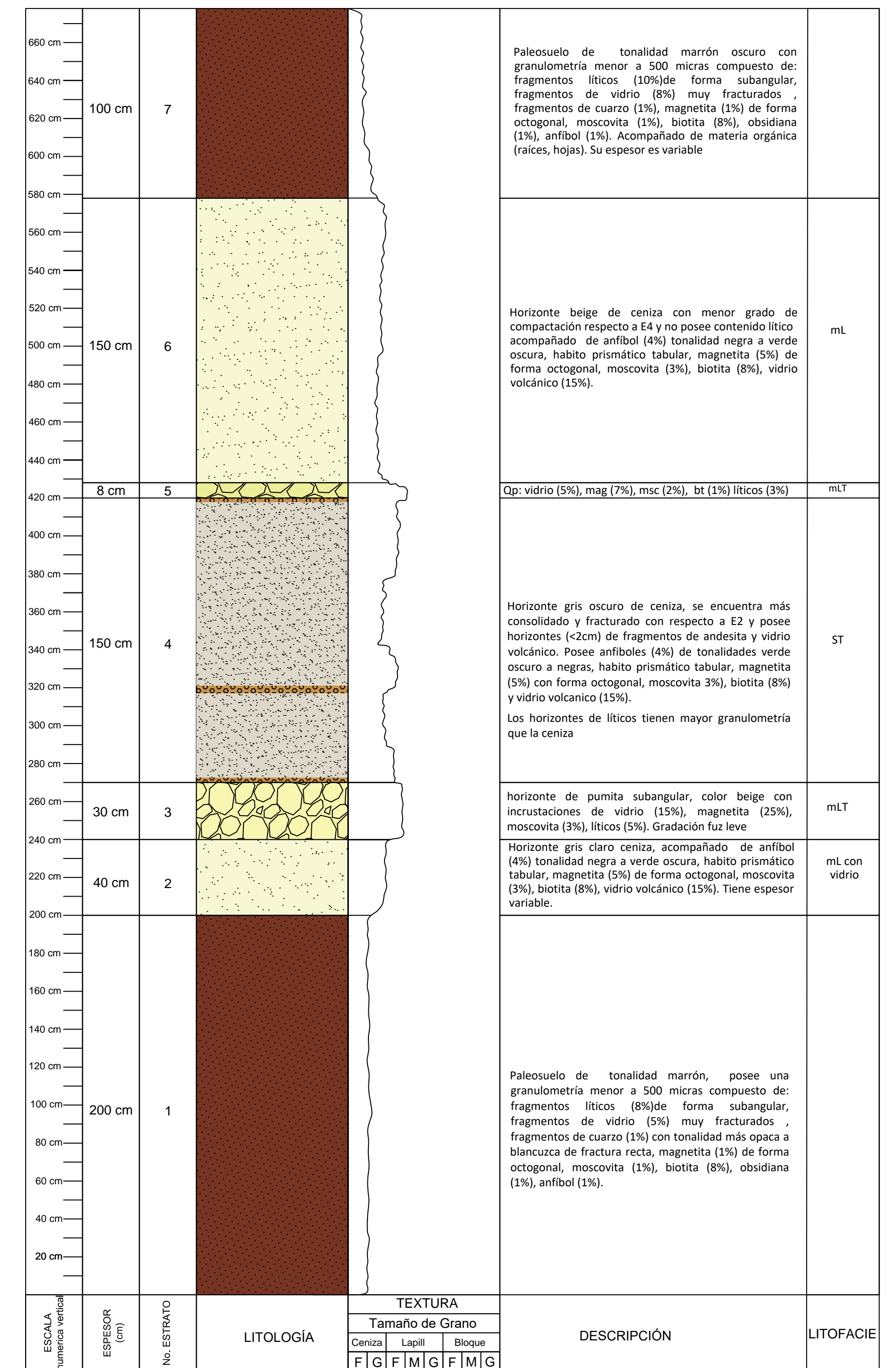
COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA 7

<p>UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	
<p>Centro Universitario Del Norte -CUNOR-</p>	
<p>Trabajo Final de Campo -TFC-</p>	
<p>Contiene:</p> <p style="text-align: center;">COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA 7</p> <p style="text-align: center;">MICROCUEENCA PAXIMBAL</p>	
<p>Trabajo realizado por:</p> <p style="text-align: center;">Hilda Michelle Boiton Castro</p>	
<p>Escala Numérica:</p> <p style="text-align: center;">Indicada</p>	<p>Revisado por:</p> <p style="text-align: center;">Ing. Fernando Monterroso</p>
<p>Referencia Espacial:</p> <p style="text-align: center;">DATUM: Sistema de Coordenadas GTM</p>	<p style="text-align: center;">23</p>

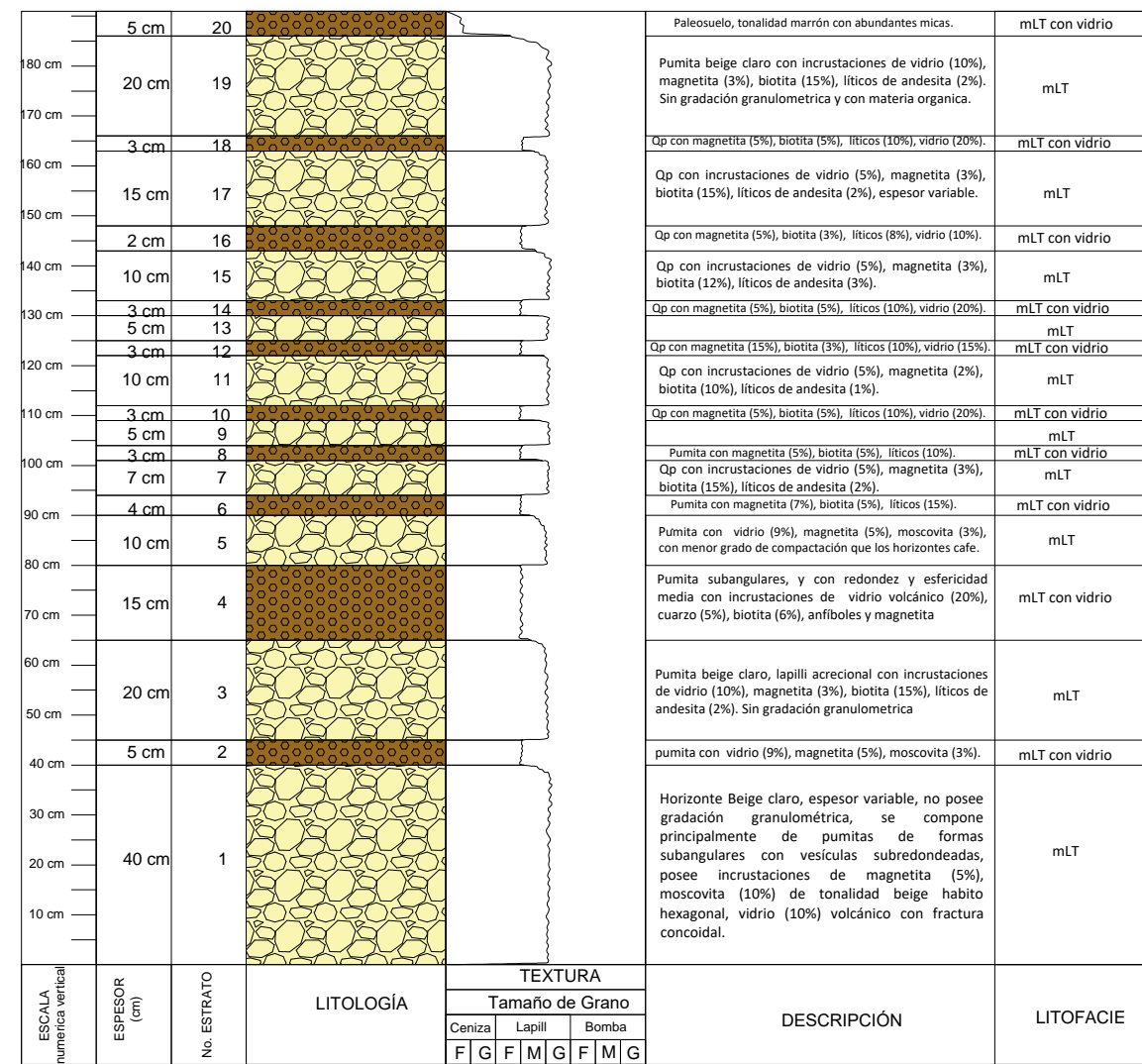


COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA 8

<p>UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	
<p>Centro Universitario Del Norte -CUNOR-</p>	
<p>Trabajo Final de Campo -TFC-</p>	
<p>Contiene:</p> <p style="text-align: center;">COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA 8</p> <p style="text-align: center;">MICROCUEENCA PAXIMBAL</p>	
<p>Trabajo realizado por:</p> <p style="text-align: center;">Hilda Michelle Boiton Castro</p>	
<p>Escala Numérica:</p> <p style="text-align: center;">Indicada</p>	<p>Revisado por:</p> <p style="text-align: center;">Ing. Fernando Monterroso</p>
<p>Referencia Espacial:</p> <p style="text-align: center;">DATUM: Sistema de Coordenadas GTM</p>	<p style="text-align: center;">24</p>

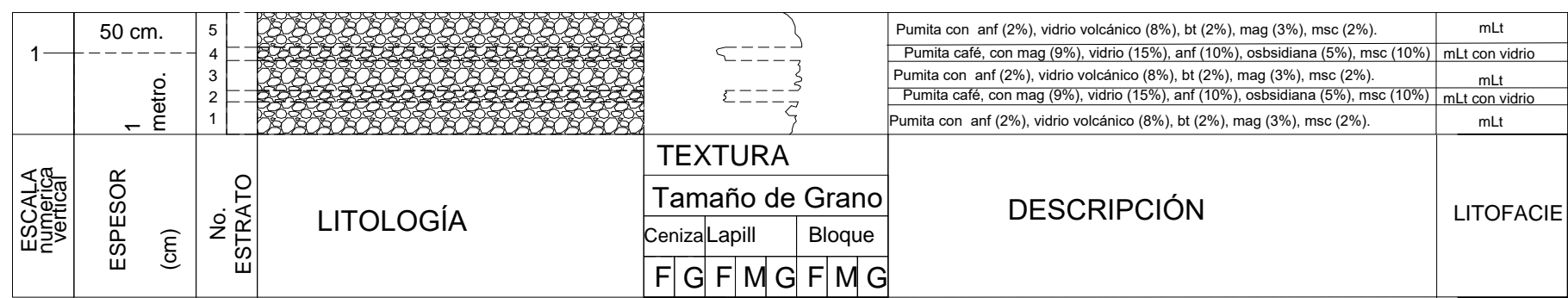


<p>UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA</p>	
<p>Centro Universitario Del Norte -CUNOR-</p>	
<p>Trabajo Final de Campo -TFC-</p>	
<p>Contiene:</p> <p style="text-align: center;">COLUMNA LITOSTRATIGRÁFICA 1</p> <p style="text-align: center;">MICROCUEENCA PAXIMBAL</p>	
<p>Trabajo realizado por:</p> <p style="text-align: center;">Hilda Michelle Boiton Castro</p>	
<p>Escala Numérica:</p> <p style="text-align: center;">Indicada</p>	<p>Revisado por:</p> <p style="text-align: center;">Ing. Fernando Monterroso</p>
<p>Referencia Espacial:</p> <p style="text-align: center;">DATUM: Sistema de Coordenadas GTM</p>	<p style="text-align: center;">17</p>



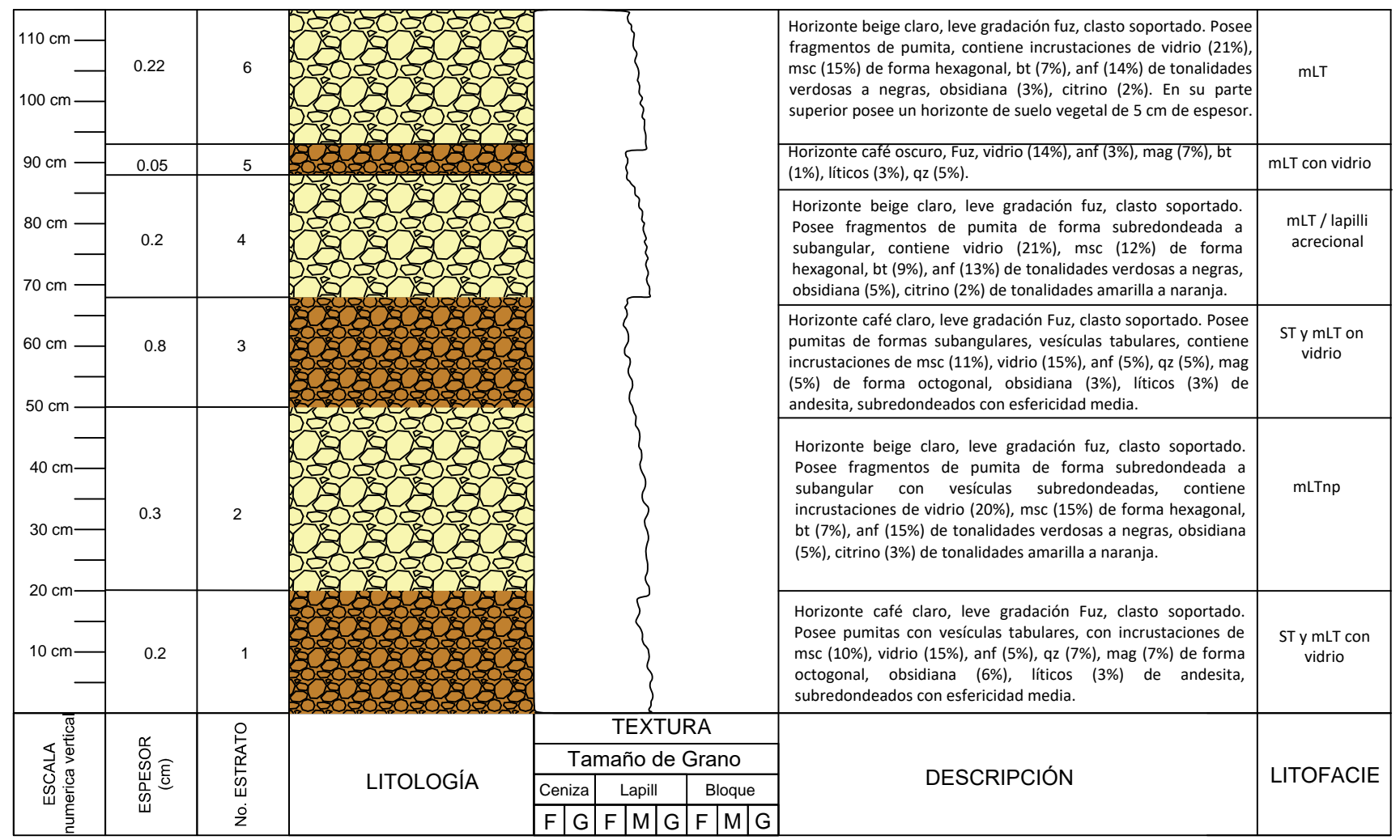
COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 6

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 6 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 22
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GTM



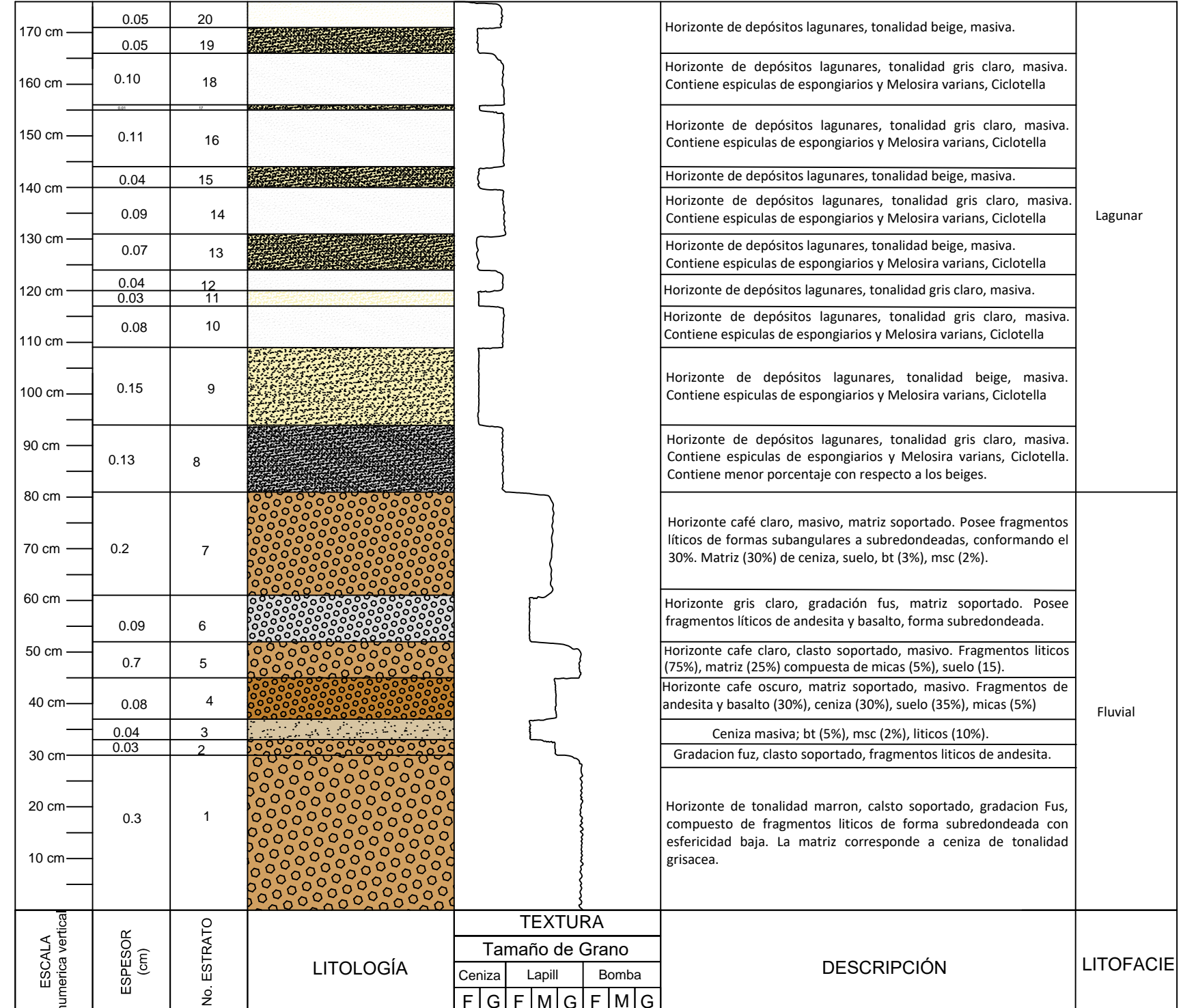
COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 4

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 4 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 20
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GTM



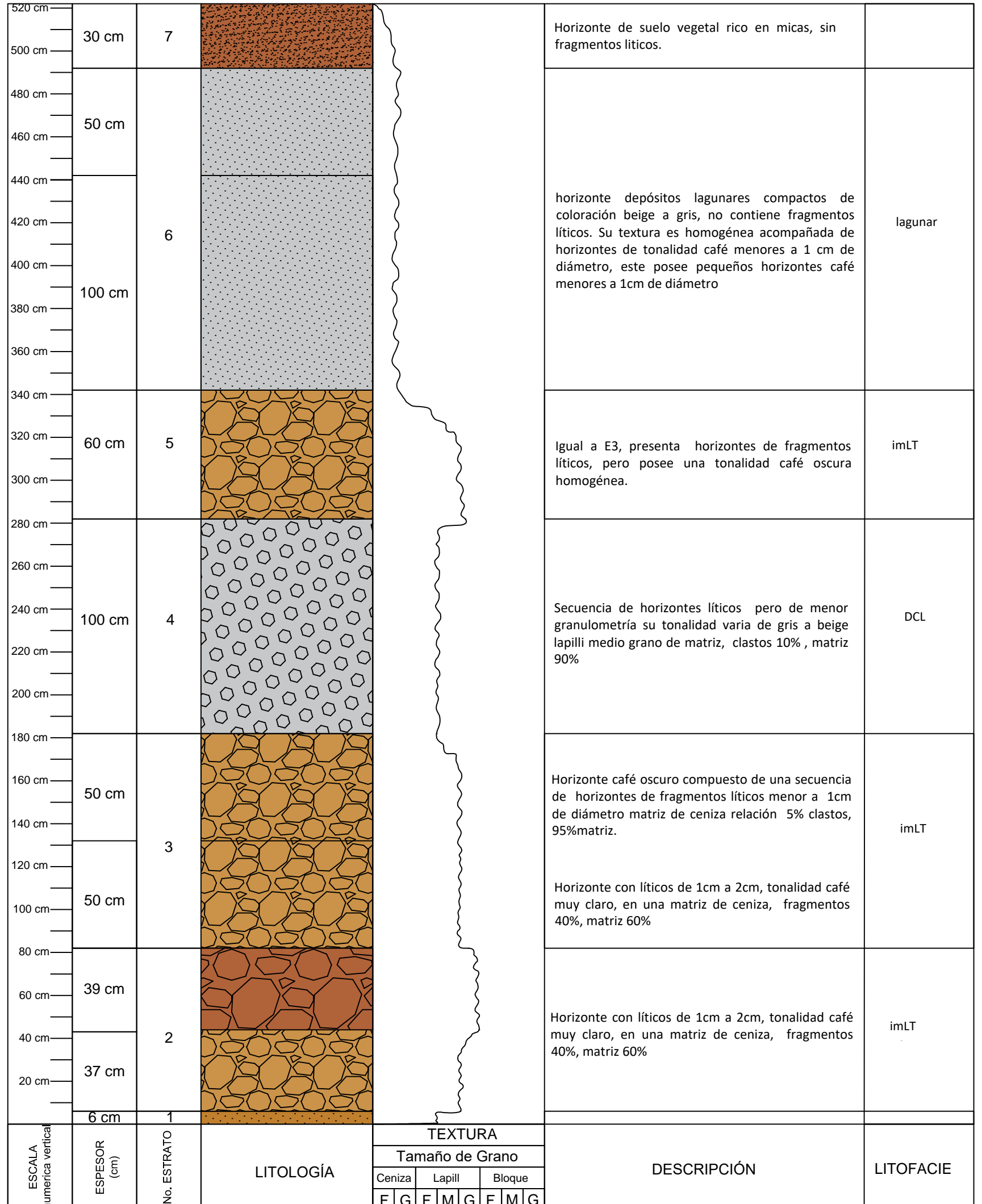
COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 5

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 5 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 21
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GTM



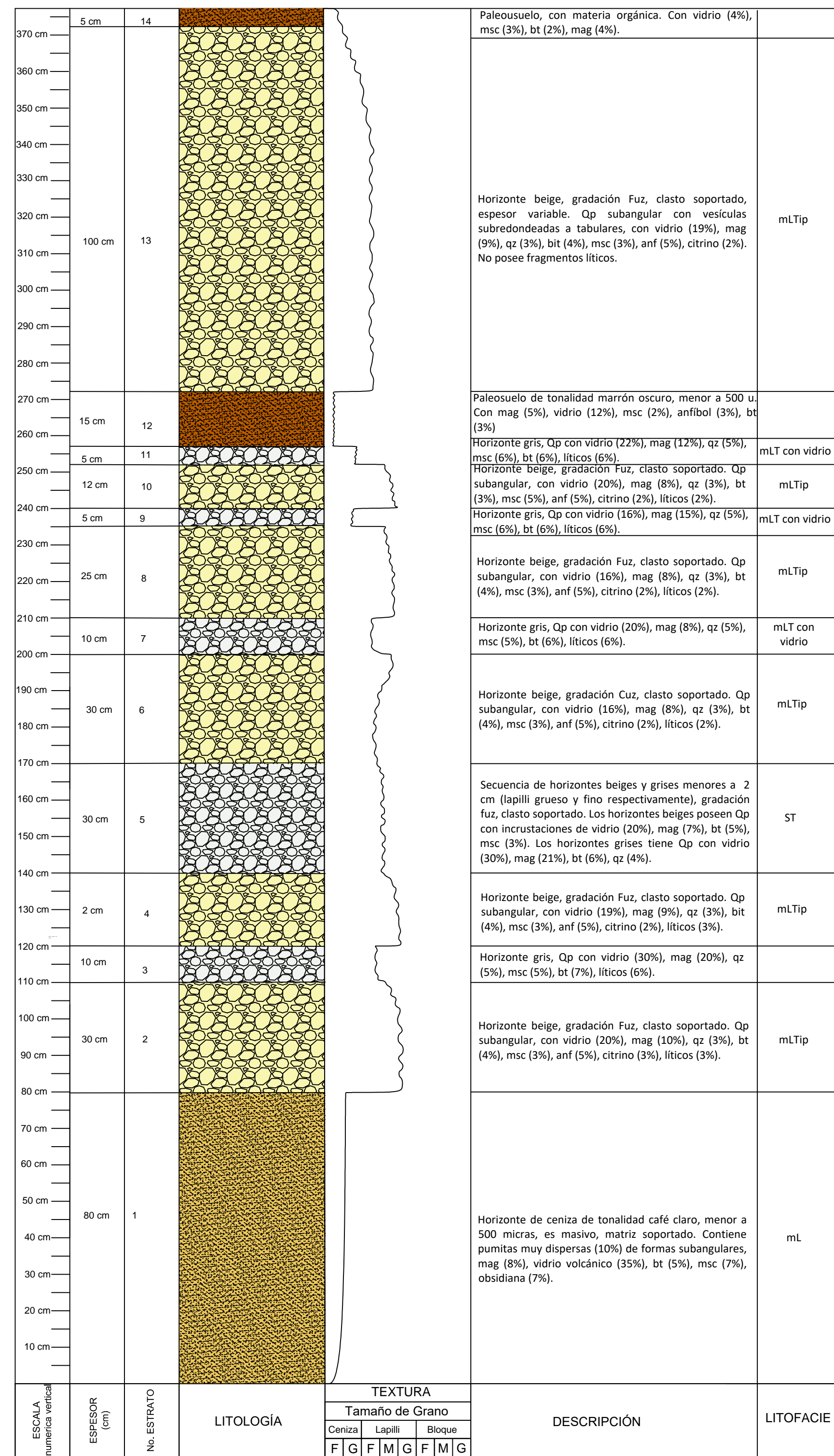
COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 11

UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 11 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 27
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GTM

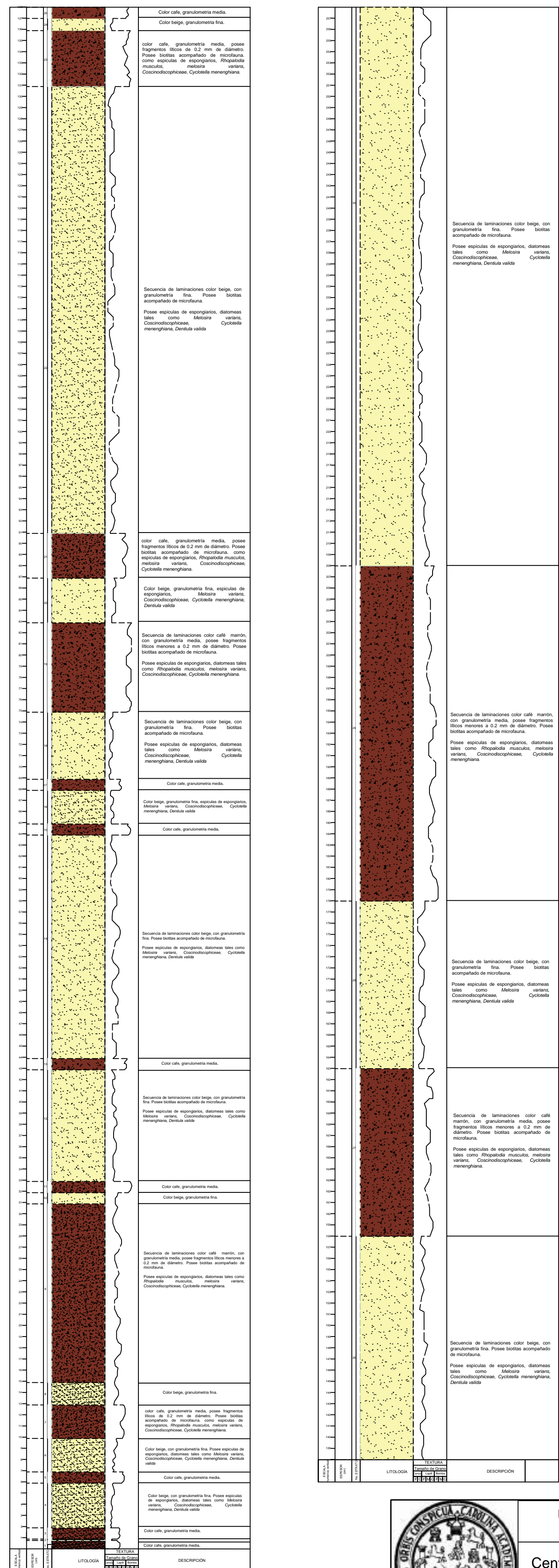


COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 10

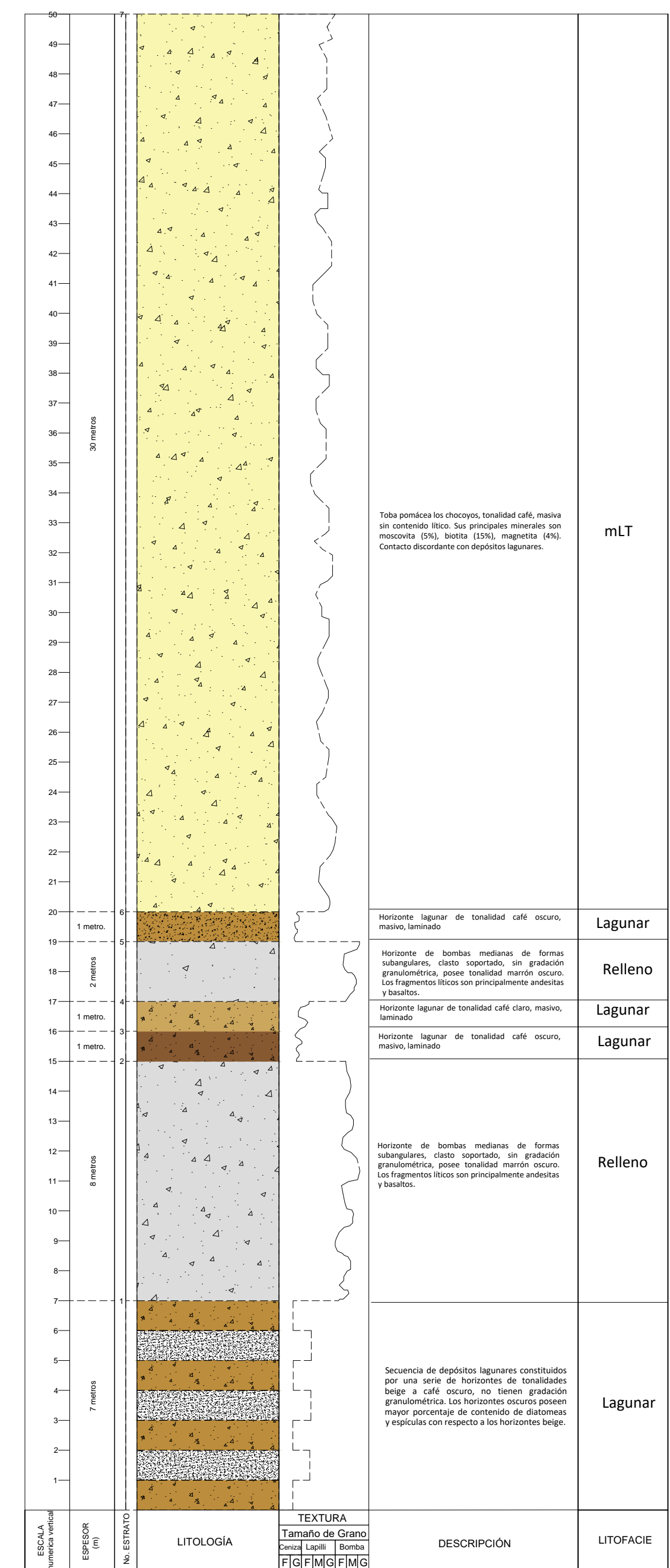
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA 10 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 26
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GTM



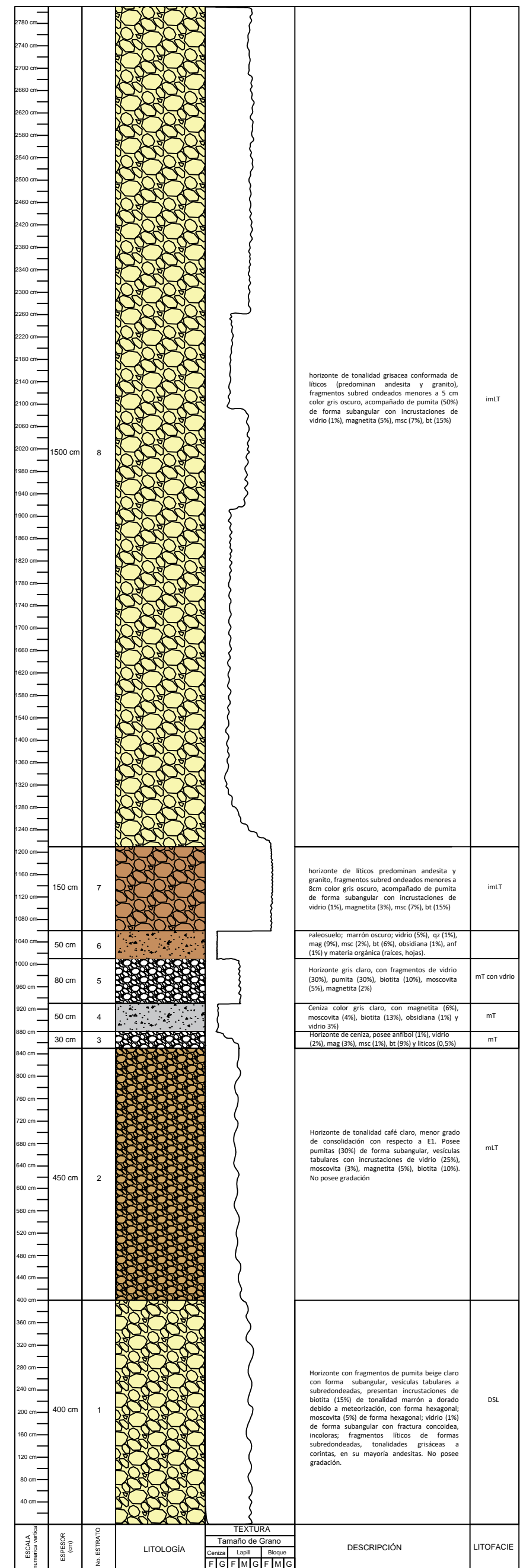
UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA 2 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 18
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GMT



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA 13 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 29
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GMT



UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA
 Centro Universitario Del Norte -CUNOR-
 Trabajo Final de Campo -TFC-
 Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA 12 MICROCUENCA PAXIMBAL
 Trabajo realizado por: Hilda Michelle Boiton Castro ANEXO No. 28
 Escala Numérica: Indicada Revisado por: Ing. Fernando Monterroso Referencia Espacial: DATUM: Sistema de Coordenadas GMT



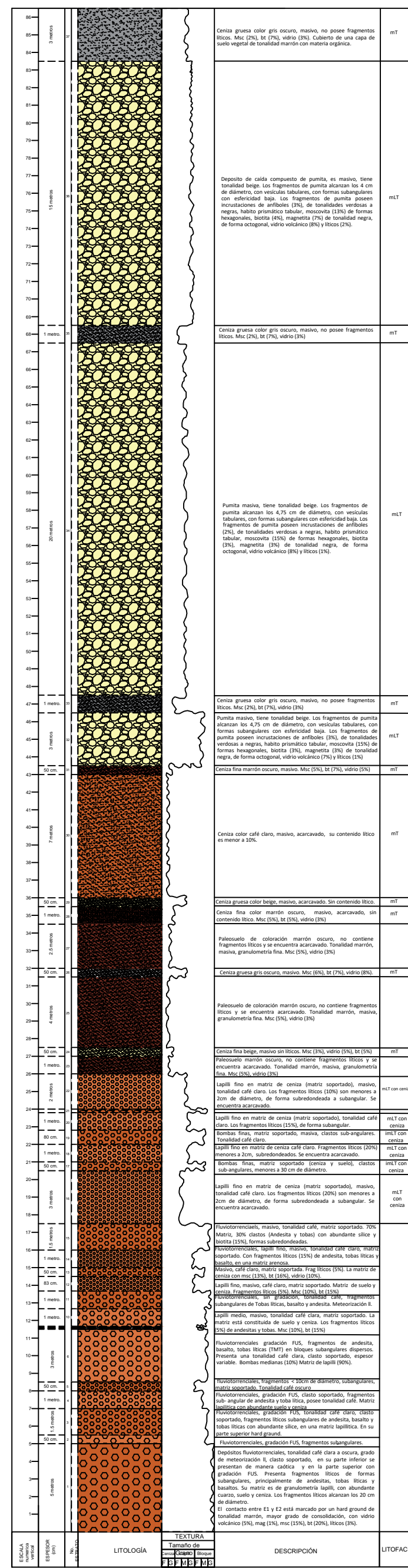


UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

Centro Universitario Del Norte -CUNOR-

Trabajo Final de Campo -TFC-

Contiene:	
COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA 3 MICROCUENCA PAXIMBAL	
Trabajo realizado por:	
Hilda Michelle Boiton Castro	
ANEXO No.	
19	





UNIVERSIDAD SAN CARLOS DE GUATEMALA

Centro Universitario Del Norte -CUNOR-

Trabajo Final de Campo -TFC-

Contiene:	
COLUMNA LITOESTRATIGRAFICA 9 MICROCUENCA PAXIMBAL	
Trabajo realizado por:	
Hilda Michelle Boiton Castro	
ANEXO No.	
25	

No. 092-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



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

TÉCNICO EN GEOLOGÍA

Al trabajo titulado:

ANÁLISIS DE FACIES DE LOS DEPOSITOS VULCANOCLÁSTICOS EN LA MICROCUENCA PAXIMBAL, EN LOS MUNICIPIOS DE NAHUALA Y SANTA CATARINA IXTAHUACÁN

Presentado por el (la) estudiante:

HILDA MICHELLE BOITON CASTRO

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 15 de Mayo de 2017.

Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morafes
DIRECTOR

