

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: DETERMINACIÓN DEL GRADO
DE DOLOMITIZACIÓN EN ROCAS CARBONATADAS, EN UN
ÁREA DE 9 Km² AL NW DEL MUNICIPIO DE SANARATE,
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO.**

SERGIO ARMANDO MENDOZA VILLALOBOS

COBÁN, ALTA VERAPAZ, JULIO DE 2016

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

**GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: DETERMINACIÓN DEL GRADO
DE DOLOMITIZACIÓN EN ROCAS CARBONATADAS, EN UN
ÁREA DE 9 Km² AL NW DEL MUNICIPIO DE SANARATE,
DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO.**

PRESENTANDO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO DEL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

SERGIO ARMANDO MENDOZA VILLALOBOS

CARNÉ: 201040714

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO A NIVEL
INTERMEDIO DE TÉCNICO EN GEOLOGÍA

COBÁN, ALTA VERAPAZ, JULIO 2016

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

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

COORDINADOR ACADÉMICO

Lic. Zoot. Erwin Fernando Monterroso Trujillo

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJO FINAL DE CAMPO

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

REVISORA DE REDACCIÓN Y ESTILO

Inga. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Bernnie Gamaliel Castillo Moeschler

ASESOR

Ing. Geól. Osmín Jared Vásquez Hernández

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-53/2016
15 de febrero de 2016

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

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

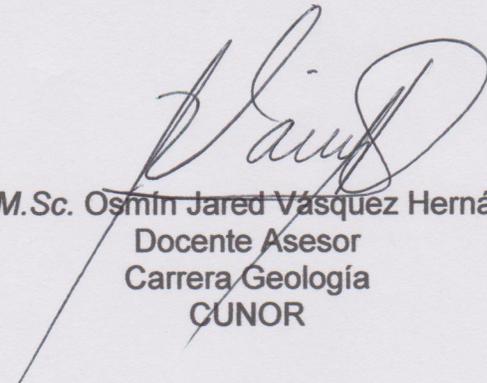
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final del Trabajo de Graduación del Nivel Intermedio, del estudiante **SERGIO ARMANDO MENDOZA VILLALOBOS**, carné No. **201040714**, titulado: **“GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DOLOMITIZACIÓN EN ROCAS CARBONATADAS, EN UN ÁREA DE 9 KM² AL NW DEL MUNICIPIO DE SANARATE, DEPARTAMENTO EL PROGRESO”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. M.Sc. Osmin Jared Vásquez Hernández
Docente Asesor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. c.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-110/2016
05 de abril de 2 016

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Nivel Intermedio, Carrera Geología
CUNOR

Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final del Trabajo de Graduación del nivel intermedio, del estudiante **SERGIO ARMANDO MENDOZA VILLALOBOS**, carné No. **201040714**, titulado: **“GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DOLOMITIZACIÓN EN ROCAS CARBONATADAS, EN UN ÁREA DE 9 km² AL NW DEL MUNICIPIO DE SANARATE, DEPARTAMENTO EL PROGRESO”**, el cual someto a consideración de ustedes, para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. M. Sc. Bernie Gamaliel Castillo Moeschler
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR



c.c. archivo

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



Ref. 15-CG-213/2016
11 de julio de 2016

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

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

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

Respetables Señores:

Adjunto remito el Informe Final del trabajo de graduación de nivel intermedio, titulado: **“GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DOLOMITIZACIÓN EN ROCAS CARBONATADAS, EN UN ÁREA DE 9 km² AL NW DEL MUNICIPIO DE SANARATE, DEPARTAMENTO EL PROGRESO”**, del estudiante **SERGIO ARMANDO MENDOZA VILLALOBOS**, carné No. **201040714**, 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

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Claudia Muñoz'.

Ing. Geól. Claudia Patricia Muñoz Castro
Docente Carrera Geología
CUNOR



c.c. Archivo.

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento con lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: **GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ**: Determinación del grado de dolomitización en rocas carbonatadas, en un área de 9 Km² al NW del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, como requisito previo a optar el título profesional a nivel intermedio de Técnico en Geología.



Sergio Armando Mendoza Villalobos
Carné: 201040714

RESPONSABILIDAD

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

Aprobado en punto SEGUNDO, inciso 2.4 subinciso, 2.4.1 del Acta No. 17-2012 de Sesión extraordinaria del Consejo Directivo de fecha 18 de junio de 2012.

AGRADECIMIENTOS

A Dios.

A mis padres Gilberto y Margarita, quienes a lo largo de mi vida me han motivado y apoyado en mi formación académica, incluyo a María, quien fue como una abuela para mí.

A mis hermanos, Axel y Erick, por apoyarme y ser para mí unos ejemplos a seguir.

A mis tíos, Rosa y Raúl, de quienes recibí apoyo de toda índole.

A mis primos Claudia María, Carlos Raúl y Coralia Elizabeth, por brindarme su apoyo.

A toda mi familia, que han sido parte de mi vida y me han mostrado su apoyo incondicional.

A mis amigos, que estuvieron en los buenos y en los malos momentos, también brindándome su total apoyo.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala, especialmente al Centro Universitario del Norte, por permitir seguir creciendo como persona y formándome como un profesional.

A la carrera de Geología y a los docentes que al conforman, por sus enseñanzas académicas y de vida.

A las familias que conforman las aldeas San Rafael, Agua Dulce, El Aguacate, La Laguna, Cieneguita localizadas en el municipio de Sanarate, quienes me brindaron todo el apoyo para la realización de las prácticas de campo.

Muchas Gracias,
Sergio Mendoza Villalobos.

ÍNDICE GENERAL

	Página
LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	vii
RESUMEN	ix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO CONCEPTUAL

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

CAPÍTULO 2 DESCRIPCIÓN DE LA UNIDAD DE PRÁCTICA

2.1	Localización geográfica	7
2.2	Vías de acceso	9
2.3	Geología regional	10
	2.3.1 Litoestratigrafía	10
	a. Grupo El Tambor	11
	b. Caliza Cerro La Virgen	11
	c. Formacion Subinal	11
	2.3.2 Tectonica	12
	2.3.3 Geomorfologia	13
	a. Hidrologia	13
	b. Clima y vegetación	14
	c. Suelos	15
	1) Serie Subinal	15
	2) Serie Acasaguastlán	16
	d. Relieve	16

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1	Marco metodológico	17
3.1.1	Etapa de recopilación y análisis bibliográfico	17
3.1.2	Fase de campo	17
2.3.1	Fase de laboratorio	18
	a. Análisis cualitativo de iones y cationes	19
	b. Análisis cuantitativo	19
3.1.4	Fase de gabinete	21

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

4.1	Estratigrafía local	24
4.1.1	Unidad de peridotita serpentizada	24
	a. Peridotita serpentizada	24
	b. Serpentinita	25
	c. Eclogita	26
4.1.2	Unidad de Pizarra	28
4.1.3	Unidad de Caliza	30
	a. Análisis químico de calizas	35
4.1.4	Unidad de Siliciclásticos	41
	a. Areniscas	41
	b. Conglomerados	42
4.1.5	Unidades Superficiales	44
	a. Unidad de Coluvión	44
	b. Unidad de Aluvión	46
4.2	Geología estructural	47
4.2.1	Fallas	47
	a. Fallas normales	47
	b. Fallas inversas	49
	c. Fallas dextrales	50
	d. Fallas sinestrales	51
	e. Fracturas	52
	f. Foliaciones	53
	g. Estratificación	54
4.3	Geomorfología local	54
4.3.1	Unidades de origen denudacional	55
	a. Subunidad de lomas	55
	b. Subunidad de crestas	55
	c. Subunidad de escarpes	56
	d. Subunidad de surcos	57
	e. Subunidad de regueros	57
	f. Subunidad de deslizamiento	58
4.3.2	Unidades de origen agradacional	59

a.	Subunidad de coluvión	59
b.	Subunidad de aluvión	60

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1	Análisis y discusión litológica	61
5.2	Análisis y discusión estructural	62
5.2.1	Fallas	62
a.	Fallas normales	63
b.	Fallas inversas	64
c.	Fallas dextrales y sinestrales	65
5.2.2	Modelos estructurales	65
5.3	Análisis y discusión química	67
5.3.1	Cálculos estequiométricos	68
5.4	Análisis y discusión geomorfológica	72
	CONCLUSIONES	73
	RECOMENDACIONES	75
	BIBLIOGRAFÍA	75

ÍNDICE DE FIGURAS

1	Localización geográfica y extensión del área de estudio	7
2	Límites espaciales y vías de acceso	8
3	Rutas de acceso	9
4	Marco tectónico regional	12
5	Redes de drenaje	14
6	Falsillas de fallas normales	48
7	Falsilla de fallas inversas	49
8	Falsilla de fallas dextrales	50
9	Falsilla de fallas sinestrales	51
10	Roseta de fracturas	52
11	Foliaciones en Unidades de Pizarra y Serpentinita	53
12	Estratificaciones: A) Unidad de Caliza; B) Unidad de Siliciclásticos	54
13	Estereograma de fallas normales, $\sigma 1$ Y $\sigma 3$	63
14	Estereograma de fallas inversas, $\sigma 1$ Y $\sigma 3$	64
15	Estereograma de fallas de rumbo $\sigma 1$ Y $\sigma 3$: A) fallas Dextrales; B) fallas sinestrales.	65
16	Elipse de deformación para un movimiento sinestral	66
17	Modelo estructural local	67

ÍNDICE DE TABLAS

1	Vértices del área de estudio	8
2	Datos de fallas normales	48
3	Datos de fallas inversas	49
4	Datos de fallas dextrales	50
5	Datos de fallas sinestrales	51
6	Modelo de esfuerzos individuales para la construcción de un modelo estructural general	66
7	Errores de cristalería química	68
8	Porcentajes de Carbonato de calcio (CaCO ₃), Carbonato de magnesio (MgCO ₃) y Dolomita	69
9	Resultados de porcentaje de dolomita en muestras analizadas y tipo de roca	71
10	Rocas carbonatadas en base a su contenido de Dolomita	71

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1	Peridotita Serpentinizada (Coordenadas UTM: 0790202E/1644106N)	25
2	Minerales en sección delgada muestra de Eclogita (Coordenadas UTM: 0791043E/1644218N)	27
3	Contactos de Peridotita Serpentinizada: A) con Pizarra (Coordenadas UTM: 0790392E/1643853N); B) con Caliza (Coordenadas UTM: 0791067E/1644272N)	28
4	Afloramiento de Pizarra (Coordenadas UTM: 0790055E/1643768N)	29
5	Sección delgada de Caliza: A) XPL aumento 10x; B) XPL Aumento 20x	32
6	Sección delgada de Caliza (Coordenadas UTM: 0791950N/1644070E): A) XPL aumento 10x; B) XPL Aumento 20x	34
7	Sección delgada de Caliza (Coordenadas UTM: 0792931E/1643339N): A) XPL aumento 10x B) XPL Aumento 20x	34
8	Unidad de Rocas Siliciclásticos: A) Areniscas (Coordenadas UTM: 0792963E/1643591N); B) Conglomerados (Coordenadas UTM: 0792933E/1643600N)	42
9	Contacto entre roca Caliza y rocas Siliciclásticos (Coordenadas UTM: 0792354E/1643988N)	44
10	Unidad de coluvión: A) Eclogita (Coordenadas UTM: 0790608E/1644338N); B) Peleosuperficie de Caliza (Coordenadas UTM: 0792182E/1644548N)	46
11	Unidad denudacional: crestas (Coordenadas UTM: 0790486E/1642508N)	56

12	Subunidad de escarpes en Cerro El Arco (Coordenadas UTM: 0791708E/1643005N)	57
13	Subunidad de regueros (Coordenadas UTM: 0791387E/1644550N)	58
14	Subunidad de deslizamiento (Coordenadas UTM: 0790018E/1643560N)	59

ÍNDICE DE GRÁFICAS

1	Óxido de sílice	36
2	Óxido de hierro + óxido de aluminio	37
3	Óxido de calcio	38
4	Óxido de magnesio	39
5	Dióxido de carbono	40
6	Porcentaje de CaCO_3 y MgCO_3 - Dolomita	69

ÍNDICE DE ANEXOS

1	Mapa geológico y perfil geológico	81
2	Columna litoestratigráfica	83
3	Mapa geomorfológico	85
4	Mapa de muestras	87
5	Descripción de muestras	89
6	Resultados análisis cuantitativo	93
7	Análisis cuantitativo	101
8	Análisis cualitativo	105

ABREVIATURAS

Alm	Almandino
Am	Anfibol
Ky	Cianita
Qtz	Cuarzo
Phy	Fengita
gr	Gramos
km	Kilómetros
m	Metros
mol	Moles
Omp	Onfacita

SIGLAS

CA	Carretera Atlántico
Kclv	Cretácico Cerro La Virgen
Kps	Cretácico Peridotite Serpentinizada
Kpi	Cretácico Pizarra
Qa	Cuaternario Aluvión
Qc	Cuaternario Coluvión
N	Norte
NW	<i>North-west</i> (nor-oeste)
S	Sur
SE	Sur-este
SW	<i>Surth-west</i> (sur-oeste)
Ts	Terciario Subinal
WGS	<i>World geodestic system</i> (sistema geodesico mundial)

RESUMEN

La presente investigación sobre GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: Determinación del grado de dolomitización en rocas carbonatadas, en un área de 9 Km² al NW del municipio de Sanarate, departamento del Progreso, trata de una variedad de aspectos geológicos con base a una cartografía general con la finalidad de dejar un antecedente de datos químicos en rocas de la localidad, entre las que litoestratigráficamente se encuentran las siguientes unidades: Peridotita Serpentinizada (KPs), Pizarra (KPi), Caliza (Kclv), Siliciclásticos (Ts); Unidades Superficiales: Coluvión (Qc), Aluvión (Qa) y finalmente Unidad de Suelo, cuya presencia es visible en todas las unidades de roca mencionadas.

En relación a la geología estructural, diversos esfuerzos regionales han permitido determinar un conjunto de elementos los cuales son compatibles con el sistema de la falla del Motagua, que permite que se tenga una cinemática sinistral y con direcciones de dinámica: $\sigma_1=N039^\circ$ y $\sigma_3=N309^\circ$.

La geomorfología está dominada con estructuras de origen denudacional, tales como lomas, crestas, escarpes, surcos, regueros y un delizamiento. De igual manera se pueden mencionar unidades de origen agradacional, tales como coluvión y aluvión.

Los análisis químicos en las siete muestras examinadas, seis reflejaron la presencia de mineral dolomita en un porcentaje menor al 10%, las que se clasifican como calizas y la restante se cataloga como caliza dolomítica.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación geológica tiene como finalidad establecer la cantidad de dolomita en las unidades carbonatadas, con base a la relación porcentual de los compuestos químicos de CaCO_3 y MgCO_3 , en área seleccionada en el municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.

Inicialmente fue necesario conocer la cantidad muestras recolectadas, de las mismas se llevó a cabo un muestreo selectivo y posteriormente la realización de marchas analíticas, para determinar la cantidad presente del mineral dolomita, esto para proponer un modelo químico que, permita determinar la utilidad industrial de rocas carbonatadas.

El estudio realizado es de carácter descriptivo cualitativo y cuantitativo, por lo que se siguieron las fases respectivas, formulándose el capítulo I, Marco Conceptual, una visión generalizada de caracterización del área geográfica y la fisiografía regional entre otros aspectos que permiten sustentar el objeto de la investigación.

En el Capítulo II, Descripción general de la práctica, con base a consultas bibliográficas se exponen aspectos geológicos que litoestratigráficamente permiten identificar las diversas unidades de roca y los fenómenos superficiales que las afectan entre los que sobresale la fragmentación, transporte posterior deposición de manera meteorizada sobre las unidades de roca.

De conformidad al enfoque de la geología estructural se identificaron fallas y fracturas como factor común en todas las unidades de roca. Finalmente se contó

con la geomorfología local, que permitió determinar la presencia de unidades de origen dedundacional, agradacional y antrópico.

En el Capítulo III, Descripción de las actividades realizadas, se hace referencia a la investigación bibliográfica y de campo, por ser las fases que permiten el análisis del problema, el planteamiento de hipótesis, delimitación del área de estudio y selección de la técnica utilizada para el análisis químico de las rocas carbonatadas.

En el Capítulo IV, Desarrollo de la investigación, presenta una ampliación y complemento la investigación bibliográfica, de campo y laboratorio que facilita contar con información básica que permite llegar a resultados.

En el Capítulo V, Análisis e interpretación de resultados, mediante el uso de procedimientos de la investigación de campo y laboratorio, se obtienen criterios y datos cualitativos y cuantitativos básicos para el análisis y discusión litológica en general, así mismo el estudio químico de las muestras de roca caliza para determinar la cantidad de dolomita presente.

El análisis de los datos e información acumulada, permite la estructura del Capítulo VI, Conclusiones y Recomendaciones.

Finalmente, se presenta la Bibliografía básica utilizada y Anexo, que comprende información complementaria del presente trabajo de investigación.

El logro de los objetivos, permite presentar un modelo químico que puede ser utilizado en futuras investigaciones o intereses particulares de explotación con base al conocimiento de los porcentajes de dolomitización en las rocas calizas.

CAPÍTULO 1

MARCO CONCEPTUAL

1.1 Antecedentes del problema

La geología que es inherente a esta investigación, permite de manera general conocer qué unidades de rocas y compuestos químicos están presentes, pero no así las dimensiones de estas unidades de roca, ya que las consultas realizadas denotan la carencia de un mapa geológico, a escala 1:50 000 de la hoja Cuadrángulo El Chol.

Debido a que la presente investigación está centrada en el análisis de la relación porcentual, entre los compuestos químicos de rocas carbonatadas se procedió a la investigación bibliográfica, sin encontrar alguna referencia o datos similares de trabajos geológicos, en cercanías del área de trabajo.

Entre la información recopilada, en diversos estudios realizados por Morán I., Sergio D. y Chiquín Yoj, Mauricio, titulados como Mapeo Geológico de superficie del Cuadrángulo Granados y Geología del Cuadrángulo El Progreso respectivamente, refieren que “los carbonatos son de granulometría fina, de color gris oscuro a claro”. Otras fuentes señalan la presencia de cuerpos de roca caliza con características texturales, estructurales y fosilíferas.

Así mismo, los resultados de análisis de los diferentes componentes que conforma una roca carbonatada en función a la pérdida de humedad

higroscópica, de dióxido de carbono (CO_2), dióxido de sílice (SiO_2) óxidos de hierro (FeO) y aluminio, (Al_2O_3) porcentaje de Oxido de calcio, (CaO) y Oxido de magnesio (MgO) y finalmente impurezas que no se lograron determinar, como expone Santa Cruz Cu Amalia, en la investigación realizada Determinación del grado de dolomitización en rocas carbonatadas en el municipio de Santa Cruz, Alta Verapaz.

1.2 Planteamiento del problema

¿Cuál es el grado de dolomitización según la relación porcentual que poseen los compuestos químicos CaCO_3 y MgCO_3 en base a las marchas analíticas de aniones y cationes de las unidades carbonatadas, en un área de 9 km^2 cartografiada a escala 1:5 000 al *NW* del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso?

1.3 Objetivos

1.3.1 General

Establecer el grado de dolomitización de las unidades carbonatadas, con base a la relación porcentual de los compuestos químicos CaCO_3 y MgCO_3 , en un área de 9 km^2 cartografiada a escala 1:5 000 al *NW* del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso.

1.3.2 Específicos

- Realizar un muestreo selectivo de la unidad carbonatas para su análisis mediante procedimientos químicos.

- Identificar las unidades carbonatadas en el área de estudio.
- Caracterizar químicamente por medio de marchas analíticas las muestras seleccionadas.

1.4 Hipótesis

La relación porcentual que poseen los compuestos químicos CaCO_3 y MgCO_3 de las unidades carbonatadas, permite determinar el grado de dolomitización de las rocas del área.

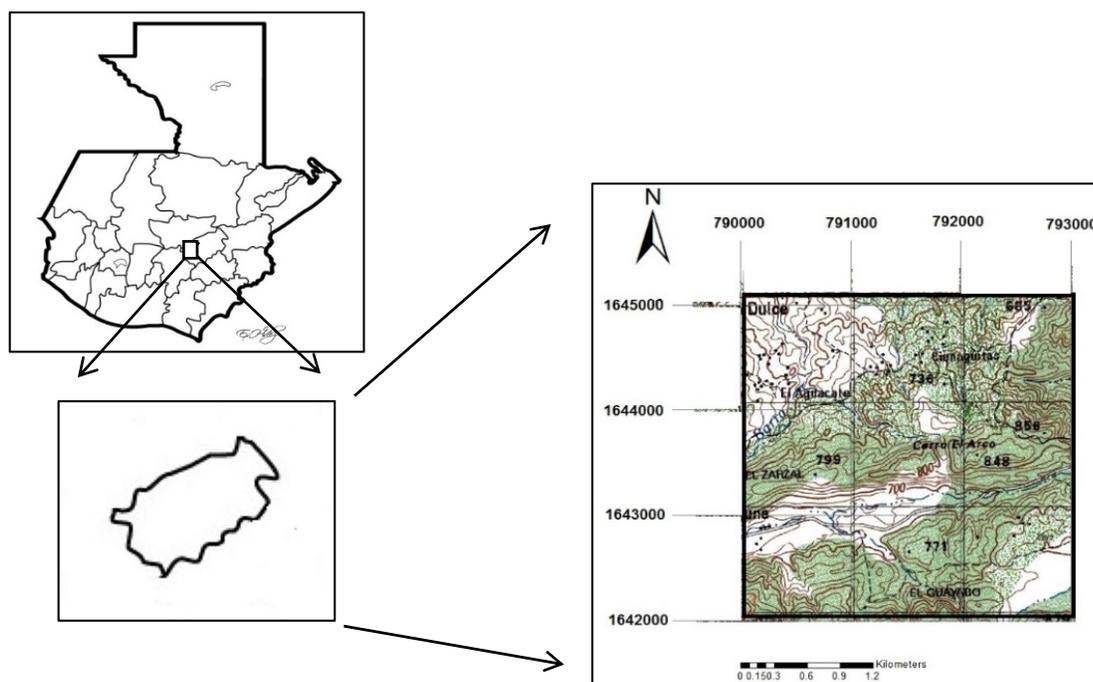
CAPÍTULO 2

DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA PRÁCTICA

2.1 Localización geográfica

El área objeto de investigación se encuentra al *NW* del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, Guatemala, que abarca las aldeas El Aguacate, La Laguna, Cieneguita. Cartográficamente el área de investigación se localiza en la hoja topográfica El Chol, Hoja 2160 IV, a escala 1:50 000 segunda edición, como se aprecia en la figura 1.

FIGURA 1
LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y EXTENSIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

Para la selección y delimitación del área de estudio fue necesaria la referencia espacial, que limita los vértices asignados previo a la realización de la investigación según consta en la tabla 1 del área, en *datum* WGS-84, zona 15N.

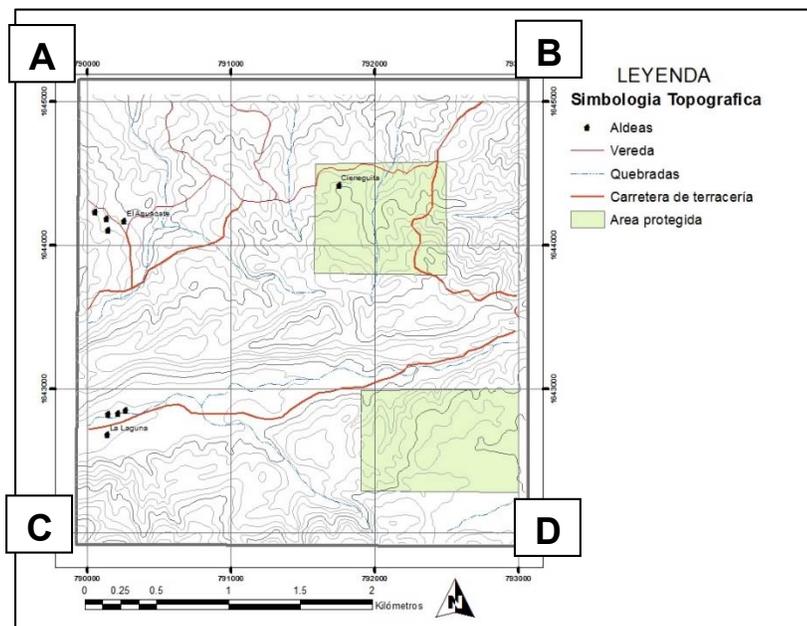
TABLA 1
VÉRTICES DEL ÁREA DE ESTUDIO

COORDENADAS UTM, WGS-84 ZONA 15N		
VERTICES	NORTE	ESTE
A	1645000	790000
B	1645000	793000
C	1642000	790000
D	1642000	793000

Fuente: *Mapa topográfico El Chol*. Año 2 014.

En la figura 2 se distinguen dos tipos de vías de acceso al área de investigación clasificadas en terracería y veredas. Se menciona que existen sectores con acceso limitado debido a que son áreas protegidas.

FIGURA 2
LÍMITES ESPACIALES Y VÍAS DE ACCESO



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

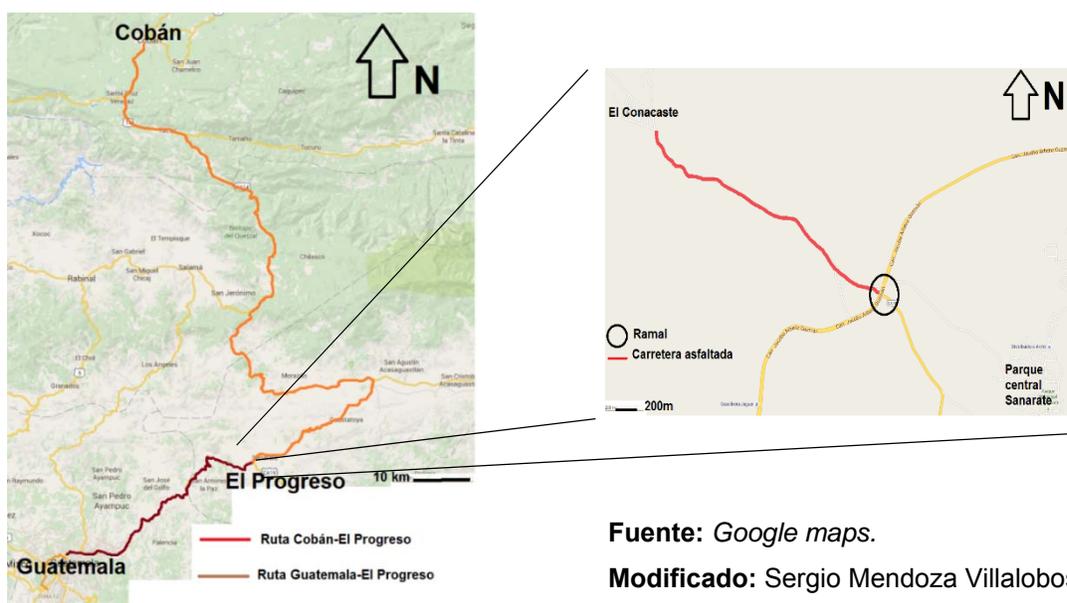
2.2 Vías de acceso

Con referencia a la ciudad de Cobán, Alta Verapaz, es necesario conducirse sobre la carretera CA-14, luego sobre la carretera Jacobo Arbenz Guzmán la que permite localizar la entrada principal, hacia el centro del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso. Estimándose un recorrido de 161 km, con un tiempo aproximado de tres horas.

Si la ubicación es en referencia a la ciudad de Guatemala, únicamente se conduce sobre la carretera CA- 9 hasta llegar al municipio antes mencionado. Aproximadamente se recorre una distancia de 83 Km con un tiempo de una hora.

Al llegar a la entrada principal de El Progreso, es necesaria la ubicación en el ramal que se dirige hacia la aldea El Conacaste, como se observa en la figura 3; finalmente se conduce rumbo a las aldeas La Laguna, El Aguacate, Agua Dulce y Cieneguita.

**FIGURA 3
RUTAS DE ACCESO**



2.3 Geología regional

Guatemala posee diversidad de rocas según su génesis o modo de formación, de norte a sur se localizan: rocas sedimentarias, posteriormente un cinturón de rocas metamórficas y finalmente la cordillera volcánica que dio origen a rocas ígneas. Así mismo, también se incluye el contexto estructural, donde es posible mencionar tres grandes fallas regionales, originadas por la tectónica de placas. Finalmente a consecuencia de los rasgos anteriores, la geomorfología de nuestra región es altamente variada, dentro de las que se puede mencionar:

“1) Un arco este-oeste, convexo hacia el sur, de rocas cristalinas y sedimentarias, Paleozoicas y Mesozoicas, que se extiende desde Chiapas hasta el Mar Caribe. 2) Un alineamiento noroeste-sureste a través de América Central, representado por rocas volcánicas Terciarias-Recientes, acentuado por una hilera de conos Cuaternarios.”¹

2.3.1 Litoestratigrafía

Autores refieren al Bloque Chortí como “una cordillera de rocas metamórficas y plutónicas que se extiende justo desde el Norte de la Ciudad de Guatemala, hacia la costa Norte de Honduras, en sentido *E-NW*”², dichas rocas incluyen todos los espectros ígneos; así mismo, metamórficas de bajo a alto grado y finalmente rocas de origen sedimentario.

¹ Centro de estudios superiores de energía y minas (CESEM). *Síntesis Geológica de Guatemala*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Guatemala: Facultad de Ingeniería, s/f.

² Edgar Rolando, Pérez Bol. *Léxico Estratigráfico del Bloque Chorti en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala, (Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 2 000): 8.

a. Grupo El Tambor

“Consiste en una secuencia ofiolítica y sedimentaria asociada. Los terrenos ofiolíticos están formados por peridotitas serpentizadas y gabros foliados, seguido por una gruesa secuencia de basaltos almohadillados ligeramente metamorfizados y chert radiolárico rojo. Hacia arriba metalimolitas, metaarenitas y flujos de basalto, frecuentemente foliados, están intercalados con chert radiolárico. Hacia el techo de la secuencia se encuentran metalimolitas filíticas, algunas veces silicificadas o con matriz carbonática. En la parte superior, en contacto mecánico, se encuentra mármoles y horizontes de metacalcarenitas oscuras de variado espesor”.³

b. Caliza Cerro La Virgen

“Cosiste en caliza de grano fino altamente cizallada gris a blanco con estratificación inconspicua y algo de filita calcárea negra a bronceada. La mineralogía consiste de calcita y dolomita recristalizada y fracción detrítica compuesta principalmente de cuarzo y moscovita, así como también pequeñas cantidades de plagioclasa, feldespato potásico y zircón”⁴

c. Formacion Subinal

“En la localidad tipo, la Formación Subinal es una secuencia de capas rojas; limolitas, areniscas y conglomerados con pequeñas cantidades de caliza. En otras localidades incluye además toba y algo de andesita. Beccaluva et. al., (1995) las caracterizan como molasas continentales que contienen volcanoclásticos calco-alcalinos”.⁵

³ ibíd., página 138.

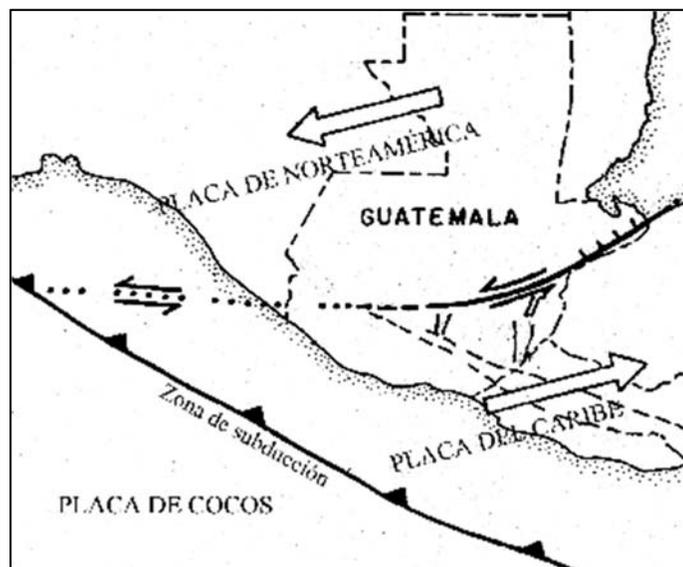
⁴ ibíd., página 150.

⁵ ibíd., página 53.

2.3.2 Tectónica

Guatemala, está ubicada entre el contacto de tres placas tectónicas: “Placa de Norte América, Placa del Caribe y Placa de Cocos. Las posiciones actuales son las siguientes: la Placa Caribe esta insertada entre las dos placas de Norteamérica y Sudamérica”⁶; nuestro país está al noroeste de la Placa del Caribe, que a su vez constituye el límite con la Placa de Norte América, que define el sistema de Fallas Chixoy-Motagua. Este sistema posee un movimiento sinistral orientado Este-Oeste; que a su vez se subdivide en las fallas: Polochic, Motagua y Jocotán/Chamelecón, estas tres fallas son posibles observarlas en la figura 4.

FIGURA 4
MARCO TECTÓNICO REGIONAL



FUENTE: Instituto de sismología, vulcanología, meteorología e hidrología (INSIVUMEH). *Marco tectónico para Guatemala.* <http://www.insivumeh.gob.gt/geofisica/indice%20sismo.htm> (12 de septiembre de 2 014)

⁶ Sergio David, Moran Ical. Et.Al. Mapeo Geológico de superficie del cuadrángulo Granados. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala, (Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 2 001): 6.

2.3.3 Geomorfología

La geomorfología es una ciencia que dedica su estudio a la forma de la superficie terrestre resultado de procesos mecánicos y químicos que le afectan, “la superficie de la tierra está constituida por multitud de formas diferentes que, descritas e interpretadas adecuadamente, pueden ser aisladas y clasificadas de manera coherente.”⁷

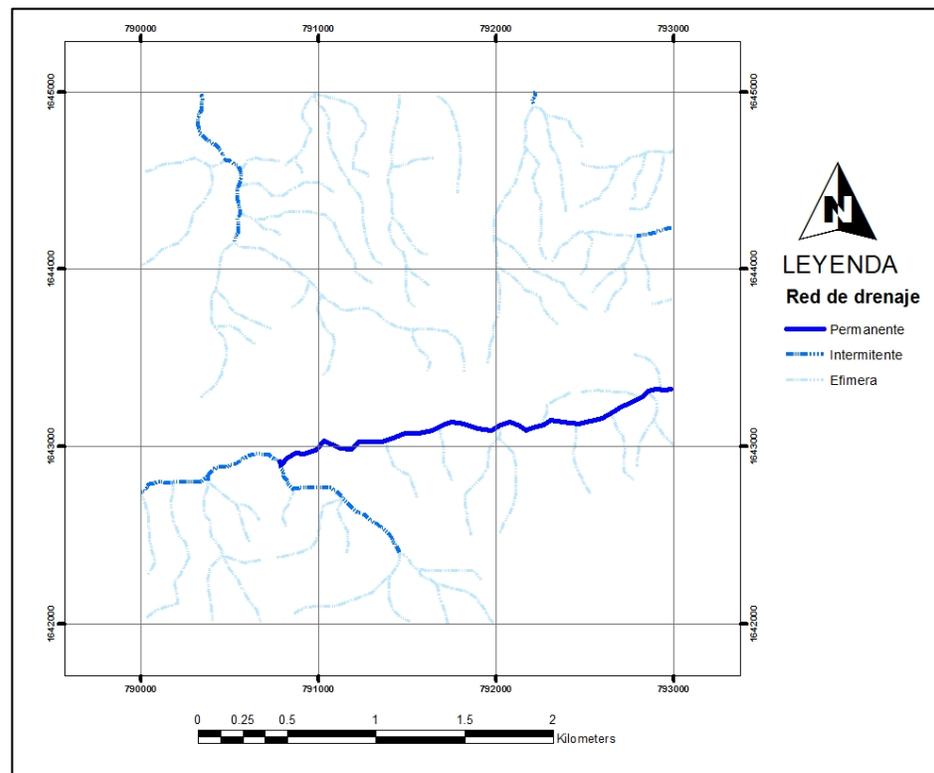
a. Hidrología

Corresponde a todo flujo y cuerpo de agua en superficie que se localiza tanto en el área de investigación, “el cuerpo más sobresaliente de la zona sin duda alguna es el Rio Motagua. Esta corriente es la segunda en longitud más grande del país, el cual atraviesa en la parte central con una orientación E-W”.⁸ Los ramales de esta cuenca, abarcan el área de investigación y dentro de los cuales se pueden mencionar: Quebrada de San Antonio, Quebrada El Barro. En la figura 4 se visualizan las redes de drenajes, del tipo efímeras, intermitentes y permanentes.

⁷ María Sala. *Geomorfología actual: guía conceptual, temática y bibliográfica*. <http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/45984/56810> (21 de septiembre de 2014).

⁸ Empresa propietaria de la red (EPR). *Descripción del medio ambiente*. <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%206a1.pdf> (12 de septiembre de 2014).

**FIGURA 5
REDES DE DRENAJE**



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

b. Clima y vegetación

El área de investigación se localiza en los alrededores del municipio de Sanarate, departamento de El Progreso, cuenta con “una altitud de 850 metros sobre el nivel del mar...el clima es cálido. Los promedios de temperaturas que se registraron entre un período de 20 años son: máxima 28.7°C y mínima 19.3°C.”⁹

⁹ Municipalidad de Sanarate, El Progreso. *Clima*. <http://www.sanarate.com/Reportajes/Monografia/Indice/clima.htm> (18 de septiembre de 2 014).

Existe una gran variedad de ecosistemas que presenta una fauna y flora muy diversa; sin embargo, debido al crecimiento demográfico la alteración es considerable, unificado al mal uso que se da a los distintos terrenos, generando “una reducción y empobrecimiento de los ecosistemas nativos”.¹⁰

c. Suelos

Los suelos son el resultado de la acción de agentes meteorizantes como agua y viento sobre las rocas, hasta el punto de convertirlas en partículas micrométricas. Bajo este enfoque, los entisoles son “suelos muy poco evolucionados (es el orden de suelos con baja evolución). Sus propiedades están ampliamente determinadas (heredadas) por el material original.”¹¹

1) Serie Subinal (Entisoles)

Estos suelos se caracterizan por poseer un “color café muy oscuros y textura muy fina, derivadas de rocas sedimentarias, calizas...posee un alto riesgo de erosión por su declive muy alto.”¹²

¹⁰ Edgar Rolando, Pérez Bol. *Léxico estratigráfico del bloque Chorti en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala, (Cobán, Alta Verapaz, Guatemala: Carrera de Geología, 2 000): 143.

¹¹ Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias .*Clasificación de suelos* FAO. <http://edafologia.ugr.es/carto/tema02/faosolt.htm> 1 998. (19 de septiembre de 2 014).

¹² Empresa propietaria de la red (EPR). *Estudio de evaluación de impacto ambiental*. <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%206a1.pdf> (19 de septiembre de 2 014).

2) Serie Acasaguastlán (Entisoles)

Suelos que se identifican por ser “derivados de la meteorización de rocas ultra básicas, serpentinitas, poseen textura moderadamente fina, arcillosa o franco arcillosa, color café rojizo o café rojizo oscuro”.¹³

d. Relieve

Se define como relieve los cambios de altura que determinan las formas en la corteza terrestre, las características en el área de trabajo son “predominantemente ondulada e inclinada...con pendientes que van desde 15%, a mayores de 45%”.¹⁴

¹³ Ibid.

¹⁴ Ibid.

CAPÍTULO 3

DESCRIPCIÓN DE ACTIVIDADES REALIZADAS

3.1 Marco metodológico

La metodología aplicada consta de cuatro fases, divididas en relación a la temporalidad que permitió concluir la investigación de la siguiente manera:

3.1.1 Etapa de recopilación y análisis bibliográfico

Se realizó en un periodo de dos meses, tiempo en el que se consultó la bibliografía referente a la investigación, con relación a temas geológicos en general así como aquellos que permitieron información referente a las áreas geográficas cercanas al punto donde se realizó la investigación. Como procedimientos básicos para el análisis químico relacionado con las variables e indicadores determinados.

3.1.2 Fase de campo

Esta etapa permitió estructurar e interrelacionar objetiva y concretamente elementos y estrategias que facilitaron el desarrollo de actividades de manera eficaz y eficiente para garantizar el proceso de investigación.

La cartografía se ejecutó con los siguientes elementos: mapa topográfico base, bitácora y libreta para realizar las respectivas anotaciones. Todos los datos medidos de interés fueron localizados por medio de GPS y posteriormente anotados tanto en libreta como en mapa base. La cartografía se desarrolló con base al método de afloramientos.

Para determinar los rasgos litológicos, estructurales y geomorfológicos observados, requirió la utilización de la brújula para establecer la orientación del conjunto de estructuras, así mismo de la nomenclatura dip/dir, haciéndose las anotaciones respectivas en la libreta de campo apoyado en las guías de observación elaboradas para recabar información.

La recolección de muestras por unidad litológica se realizó con la nomenclatura MeVi_, se dio mayor importancia a las unidades que mostraban naturaleza carbonatada. Debido a la dificultad en los accesos del área de trabajo, no se incluyó una malla de muestreo, en su lugar se utilizó un muestreo aleatorio en los afloramientos identificados, posteriormente se procedió al muestreo selectivo (ANEXO 4) de las distintas unidades carbonatadas.

3.1.3 Fase de Laboratorio

En esta fase se realizó un muestreo selectivo de las distintas unidades carbonatadas para su análisis, iniciándose con el tratamiento químico de 10 gr de muestra pulverizada en laboratorio.

Entre los procedimientos utilizados para el análisis químico de las rocas carbonatadas se pueden mencionar el análisis cualitativo de iones y cationes (ANEXO 7) y, el análisis cuantitativo (ANEXO 8) de los elementos presentes en estas rocas.

a. Análisis cuantitativo de iones y cationes

Tiene por objeto la identificación y combinación aproximada de los constituyentes de una muestra dada, que puede ser un elemento puro, una sustancia químicamente pura o alguna otra mezcla. El procedimiento seleccionado permitió evidenciar el contenido químico de las muestras analizadas, “sino que puede también obtenerse una aproximación relativa de las cantidades de cada una de ellos en la muestra tomada”.¹⁵

Cualitativamente, la investigación de laboratorio permite la “identificación de los iones (CO_3 , CO_2 , SiO_2) y cationes (siendo estos los cationes Ca, Mg, Fe, Al) que comúnmente se encuentren en una muestra”.¹⁶ La importancia de la precisión de los datos es básica para el objeto del Análisis Cuantitativo.

b. Análisis cuantitativo

El procedimiento utilizado fue la medición de los principales elementos presentes dentro de las rocas carbonatadas, en donde la cantidad de sustancia buscada determina el producto insoluble en las reacciones.

¹⁵ Maria Luisa, Martin Catarrala. *Separación e identificación de cationes inorgánicos por cromatografía en papel*. Tesis Universidad de Alicante. (España: Facultad de Ciencias, 1 982): 35.

¹⁶ Arthur I., Vogel. *Química Analítica Cuantitativa Volumen II*. (Buenos Aires, Argentina: Editorial Kapelusz, 1 969): 820.

Lo anterior constituye un método químico que implica las “relaciones estequiométricas en pesos definidos, que expresan los resultados en forma de óxidos”¹⁷, para luego hacer los cálculos para la determinación de los carbonatos.

En esta etapa de análisis, con base a los resultados obtenidos se establece una relación porcentual y química necesaria para la determinación correcta de las distintas unidades carbonatadas.

En síntesis la estequiometría se define como “las relaciones entre las moléculas o elementos que conforman los reactivos de una ecuación química con los productos de dicha reacción”¹⁸, conforme a esto es posible predecir qué compuestos se formarán y en qué cantidad, posterior a la reacción.

$$\% \text{CaCO}_3 = (1 \text{ mol de CaCO}_3 / 1 \text{ mol de CaO}) * \% \text{CaO}$$

$$\% \text{MgCO}_3 = (1 \text{ mol de MgCO}_3 / 1 \text{ mol de MgO}) * \% \text{MgO}$$

Con base a este enfoque se toma la proporción existente entre “los porcentajes de CaCO_3 y MgCO_3 que corresponde 1 : 1”¹⁹, para convertir dichos porcentajes en cantidad neta de Dolomita, se procede a la relación porcentual de mineral

¹⁷ Amalia, Santa Cruz Cú. *Determinación del grado de dolomitización de la Caliza del Municipio de Santa Cruz Verapaz*. Analista en recursos minerales. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala. (Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 1 979): 17.

¹⁸ *Relaciones estequiométricas y cálculos con estequiometría*. <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/42-relaciones-estequimetricas-y-calculos-con-estequiometria.html> (12 de enero del 2 014).

¹⁹ Dana, Hurlbut. *Manual de mineralogía*. España: Editorial Reverte, 1 960.

dolomita aplicando la siguiente formula: $MgCa(CO_3)_2 = \% MgCO_3 + \% CaCO_3$.

3.1.4 Fase de gabinete

Durante esta etapa se procedió al análisis e interpretación de los datos obtenidos, tanto en la fase de campo como de laboratorio, facilitando la elaboración de conclusiones y recomendaciones.

El cumplimiento de las etapas anteriores permite la redacción del informe final, incluyendo la bibliografía y anexos.

CAPÍTULO 4

DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

Las rocas calizas, químicamente pueden cambiar su estructura molecular, reemplazamiento que geológicamente se denomina dolomitización, debido a que ambos cationes poseen un radio atómico similar, se da una relación de ambos cationes 1:1.

Con base a este cambio molecular se planteó el punto de investigación, para conocer el porcentaje de mineral dolomita, carbonato de calcio y magnesio en las muestras seleccionadas y así proponer un modelo químico, con la finalidad de aportar para estudios posteriores y/o utilidad industrial de dicho material rocoso.

El procedimiento propuesto estipula un análisis químico vía húmedo, por la disgregación del material rocoso con ácidos, bases y otros compuestos químicos en estado acuoso.

La metodología se estructuró en dos vías de análisis: 1) Cualitativo a través del cual se evidencia la presencia de los compuestos en la muestra. 2) Cuantitativo, mediante el cual se obtiene el porcentaje de mineral dolomita a partir de cálculos estequiométricos, debido a que el procedimiento solo evidencia cantidades de óxidos de calcio (CaO) y magnesio (MgO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de hierro (FeO) y aluminio (Al₂O₃), dióxido de sílice (SiO₂) e impurezas.

4.1 Estratigrafía local

La geología o estratigrafía local, carece de mayor sustento en los antecedentes de investigaciones realizadas; a excepción de la cartografía del cuadrángulo El Progreso, que es la referencia para comparar la continuidad, relación y comportamiento de los rasgos geológicos en el área designada para realizar el estudio.

La realización de la práctica permite la caracterización e identificación de Unidades de roca: Peridotita Serpentinizada (Kps), Pizarra (Kpi), Caliza (Kclv), Siliciclásticos (Ts), descritas a continuación:

4.1.1 Unidad de Peridotita Serpentinizada (Kps)

Esta Unidad se localizó en carreteras de terracería entre las aldeas La Laguna y El Aguacate; en la bifurcación de la quebrada El Barro y el camino hacia la aldea Cieneguita se localiza una vereda que conduce hacia la aldea El Jícara, en la que se localiza esta roca hasta llegar a la segunda quebrada.

El relieve que describe la superficie de esta unidad, posee pendientes suaves y algunas moderadamente inclinadas, con un alcance de cobertura superficial de 2 km², en la cual se identificaron las siguientes subunidades:

a. Peridotita Serpentinizada

Entre las características presenta textura afanítica, densa, color verde oscuro debido a minerales como olivinos según análisis en muestra de mano, señalando que la

meteorización va de moderada hasta alta, como se observa en la fotografía 1.

**FOTOGRAFÍA 1
PERIDOTITA SERPENTINIZADA
(COORDENADAS UTM: 0790202E/1644106N)**



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

b. Serpentinita

Se caracteriza por una foliación sedosa y color verde esmeralda o menta; mineralógicamente esta subunidad está comprendida por serpentina, talco y magnesita. Según el análisis de muestra de mano, presenta meteorización moderada.

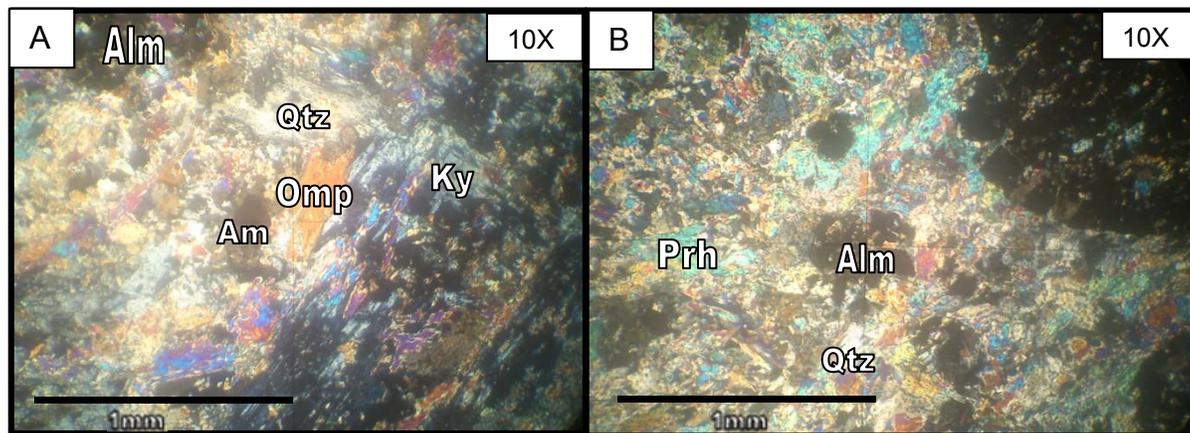
c. Eclogita

Se localizó en puntos específicos en forma de bloques de pocos centímetros hasta varios metros; las características en muestra de mano permite determinar que es de alta densidad y tenacidad; texturalmente, se caracteriza como granoblástica; mineralógicamente, presenta alta cantidad de granates, matriz color verde oscuro, formado por pequeña granulación con cristales amorfos, meteorización baja y externamente con un alto grado de oxidación, pero internamente es una roca sana.

El análisis microscópico en sección delgada de esta muestra de eclogita, permite la apreciación de una matriz con fábrica en mayor cantidad de mineral granate, y con base a sus características ópticas se puede clasificar como almandino (Alm), presente en la muestra en un 40%. El segundo mineral identificado es la onfacita (Omp), con un porcentaje del 40%. También se reconoce anfíbol (Am), fengita (Prh), cianita (Ky) y cuarzo (Qtz) con los porcentajes respectivos del 10%, 5%, 3% y 2%, como se observa en la figura 2 A.

La caracterización de la eclogita señala una textura granoblástica inequigranular como puede observarse en la fotografía 2 B.

FOTOGRAFÍA 2
MINERALES EN SECCIÓN DELGADA MUESTRA DE ECLOGITA
(COORDENADAS UTM: 0791043E/1644218N)



Omp: Onfacita

Qtz: Cuarzo

Ky: Cianita

Prh: Fengita

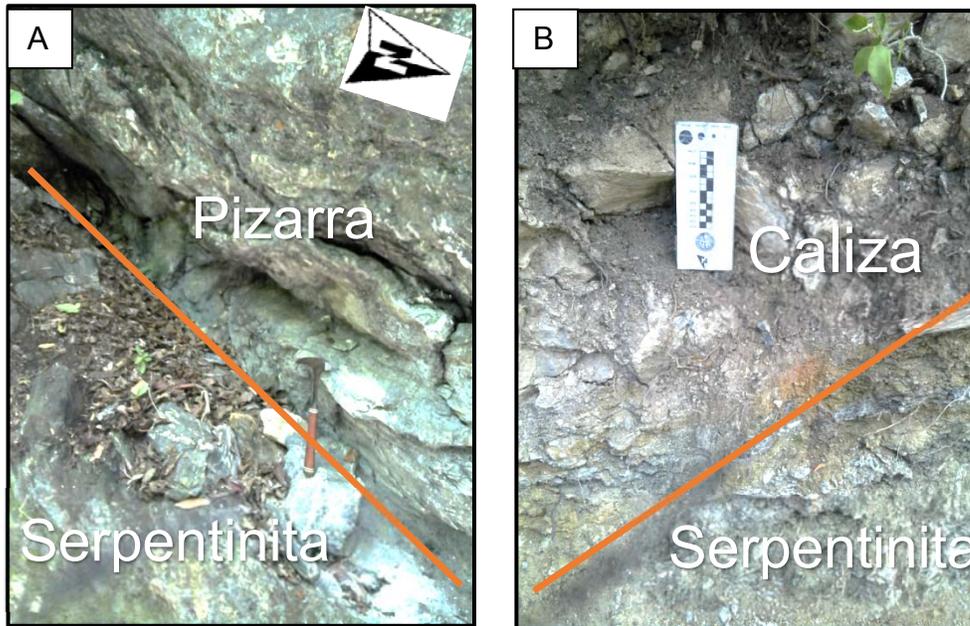
Alm: Almandino

Am: Anfíbol

Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

El contacto de esta unidad con otras cercanas es fallado y con cinemática inversa; las Unidades de Pizarra y Caliza representan el componente cabalgante, como se observa en la fotografía 3 A y B respectivamente. El espesor aproximado de esta unidad es de 1 150 m.

FOTOGRAFÍA 3
CONTACTOS DE PERIDOTITA SERPENTINIZADA: A) CON
PIZARRA (COORDENADAS UTM: 0790392E/1643853N); B) CON
CALIZA (COORDENADAS UTM: 0791067E/1644272N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

La Unidad de Peridotita Serpentinizada con base a las características descritas, es posible que pertenezca al Grupo El Tambor, descrito como “un conjunto de complejos Ofiolíticos, correspondiendo a metavolcánicos o las denominadas rocas verdes”²⁰, que se localizan al norte y sur del río Motagua.

4.1.2 Unidad de Pizarra (Kpi)

Esta Unidad se localiza en el acceso a la aldea El Aguacate, hacia la aldea Cieneguita y en la bifurcación de la

²⁰ Edgar Rolando, Pérez Bol. *Léxico Estratigráfico del Bloque Chorti en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala, (Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 2 000): 143.

carretera antes mencionada con la quebrada El Barro. Esta ruta delimita la unidad de pizarra, en un segmento aproximado de 300 m, hasta la unión de la carretera y el curso de la quebrada El Barro.

En la aldea Agua Dulce hasta la aldea El Aguacate, en un área aproximada de 200 m², se localiza la Unidad de Pizarra, cuya superficie posee pendientes moderadamente inclinadas a muy inclinadas.

La mejor exposición de ésta Unidad está en la carretera hacia la aldea La Laguna desde la aldea Cieneguita como se observa en la fotografía 4.

FOTOGRAFÍA 4
AFLORAMIENTO DE PIZARRA (COORDENADAS
UTM: 0790055E/1643768N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

La mineralogía en muestra de mano permitió observar micas claras, posiblemente moscovita, y algunas incrustaciones de minerales color blanco, que reacciona al ácido clorhídrico (HCl), caracterizándose como calcita.

Entre las características en afloramiento y muestra de mano de la Unidad de Pizarra se encuentra la coloración gris oscuro, brillo mate y meteorización moderada, con visibles secciones oxidadas.

En la Unidad de Pizarra, lateralmente no se ubicó variación, pero posee dos fallamientos inversos con otras unidades de roca; en la parte superior se observa contacto con la Unidad de Peridotita Serpentinizada (Kps) como se muestra en la fotografía 3 A y en la parte inferior con la Unidad de Caliza (Kclv). El espesor de esta unidad en el área de investigación es de 85 m.

Las características físicas y mineralógicas comprobadas en visita de campo, tentativamente se puede considerar como parte del Grupo El Tambor, “las rocas más abundantes son pizarras cloríticas laminadas y filitas”²¹, tienen características de rocas metamórficas y color gris oscuro, pudiéndose mencionar los esquistos y filitas, incluyendo los minerales en muestra de mano como moscovita e inclusiones de calcita

4.1.3 Unidad de Caliza (Kclv)

Esta Unidad se localiza en un área aproximada de 4.5 km², aflora en las aldeas La Laguna, en la carretera que conduce a la aldea Cieneguita; así mismo, en los cerros El Arco y Las

²¹ Ibid. Página 138.

Trementinas, finalmente en la quebrada El Barro, sitio con la mejor exposición de estructuras sedimentarias, específicamente en cercanías del cruce hacia la aldea El Jícaro. El relieve que se observa va desde pendientes suaves a muy inclinadas, clasificadas como escarpes.

Esta unidad se limita a dos variedades de Calizas, con diferencia de color gris oscuro, otro *beige* claro y una estratificación altamente fracturada; el espesor de esta unidad es de 550 m aproximadamente, los estratos varían desde 0.06 m hasta 0.124 m y texturalmente se caracteriza en todos los afloramientos con tamaño de grano fino, del tipo *Mudstone*.

En muestra de mano y afloramiento no se observan fósiles; con base a la información recabada en campo y análisis de gabinete, se considera que su ambiente de deposición fue marino de cuenca profunda, los aspectos que se considera son la granulometría y el aporte continental; se observó un fallamiento inverso y la Unidad de Caliza es la cabalgante sobre la Unidad de Pizarra.

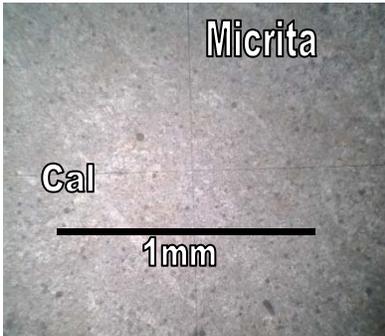
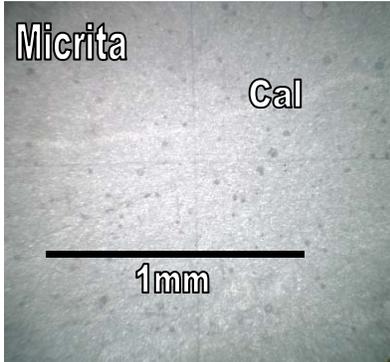
La Unidad de Caliza posee características texturales y estructurales, similares a la denominada Caliza Cerro La Virgen, esta se describe como “caliza de grano fino altamente cizallado gris a blanco con estratificación incospicua”.²²

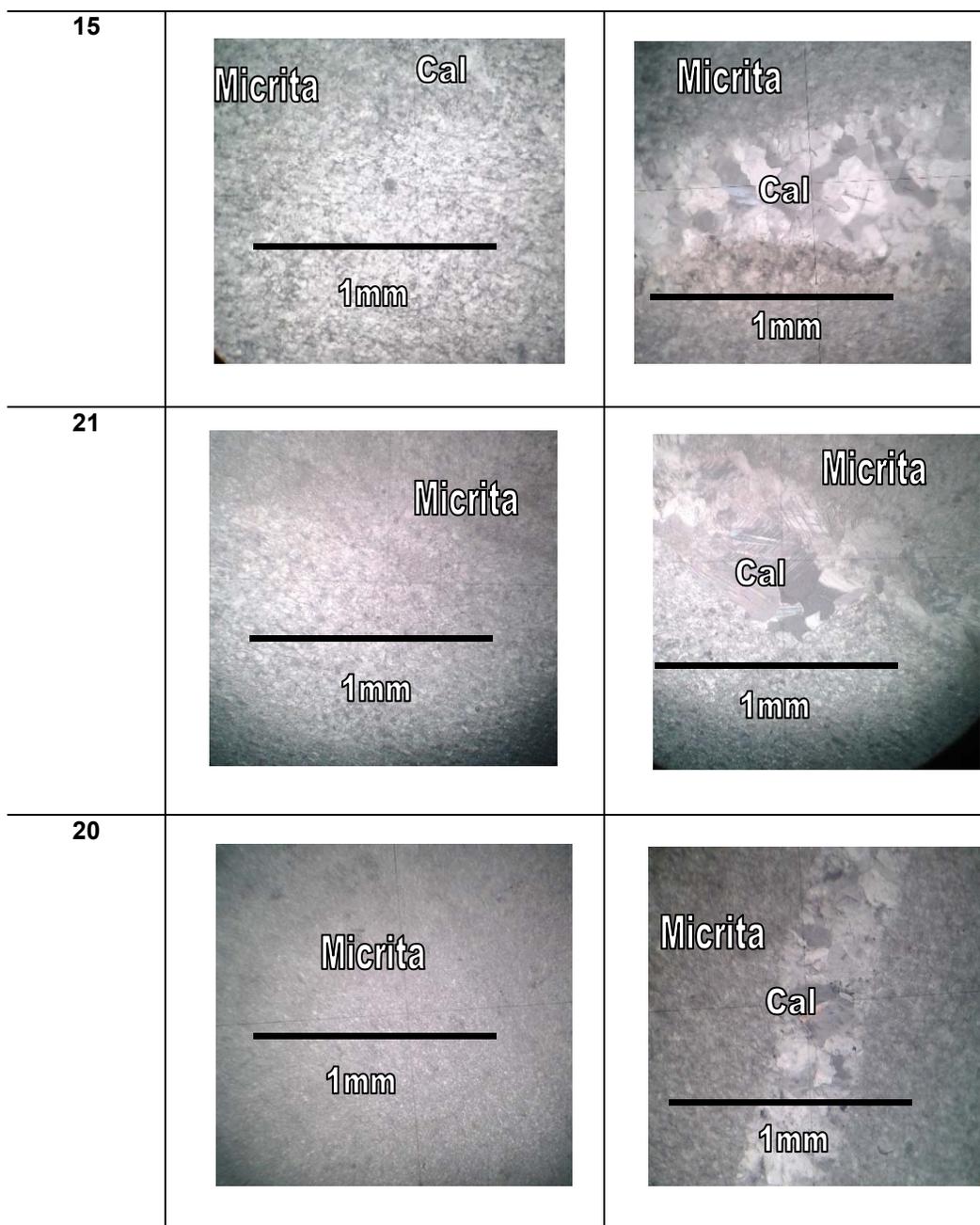
Las muestras extraídas de esta unidad se describen de manera macroscópica y un estudio por medio de sección delgada obteniéndose las siguientes evidencias:

²²Ibid. Página 150.

En el mosaico de la fotografía 5 A y B, se observan las muestras 18, 12, 15, 21, 20 y se identifican las siguientes características en común: micrita (matriz de material carbonatado fino) color gris pardo, venas rellenas con calcita cristalino; según granulometría se catalogan como Calizas del tipo *mudstone*.

FOTOGRAFÍA 5
SECCIÓN DELGADA DE CALIZA: A) XPL AUMENTO 10X; B) XPL AUMENTO 20X

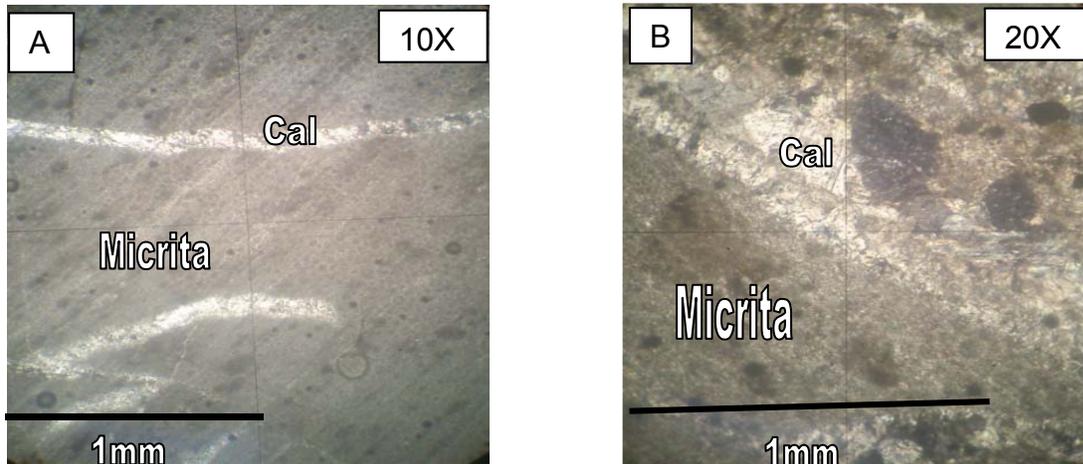
N° de muestra	A	B
18		
12		



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

En la fotografía 6 A y B, se observan las siguientes características: granos de calcita en forma de venas, matriz micrita de color *beige* claro y granulometría del tipo *mudstone*, corresponde a la muestra 10.

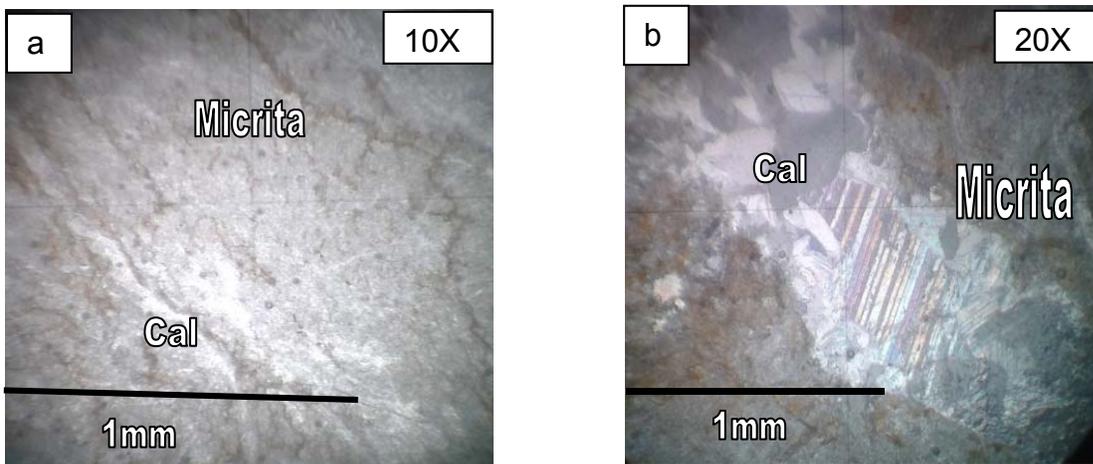
FOTOGRAFÍA 6
SECCIÓN DELGADA DE CALIZA (COORDENADAS UTM:
0791650E/1643490N): A) XPL AUMENTO 10X; B) XPL AUMENTO
20X



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

En la fotografía 7 A y B, se observa micrita de color gris claro y posee cristales de calcita en forma de venas; así mismo, se aprecian venas de color *beige* claro, corresponde a la muestra 17.

FOTOGRAFÍA 7
SECCIÓN DELGADA DE CALIZA (COORDENADAS UTM:
0792931E/1643339N): A) XPL AUMENTO 10X B) XPL AUMENTO
20X



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

En el grupo de fotografías de las muestras analizadas, se notó como material dominante la micrita, que corresponde a granos muy finos de naturaleza carbonatada, y se observó cristales en pequeñas venas dentro de la micrita, que fueron denominados como calcita, según es posible identificarlo y diferenciarlo de otros carbonatos debido a que el mineral dolomita “es ópticamente similar a la calcita, pero en las rocas sedimentarias la dolomita frecuentemente se presenta con habito romboédrico con secciones en forma de paralelogramo bastante distintivos”.²³

a. Análisis químico de Calizas

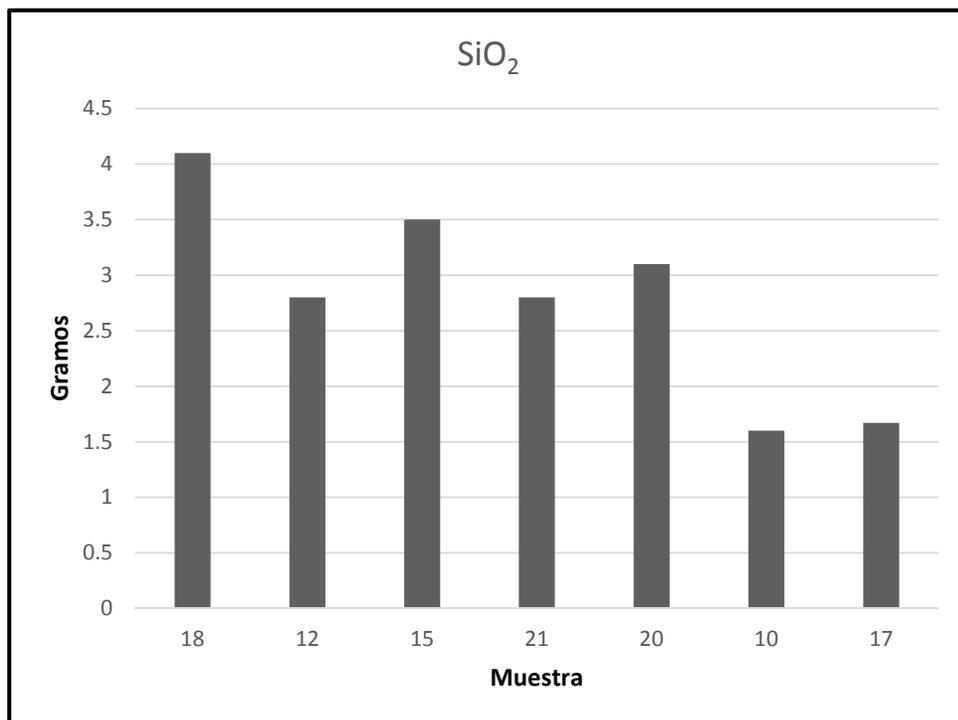
Las muestras seleccionadas se analizan por medio de marchas analíticas cuantitativas que fueron: MeVi_10, 17, 21,12 15,18 20. Este proceso permite determinar la cantidad de cada uno de los compuestos que integran una roca caliza, importantes para la utilización de fórmulas de estequiometría básica para la clasificación de las mismas.

El análisis cualitativo dio a conocer la presencia de los aniones carbonato (CO_3)⁻² y de los cationes hierro (Fe), aluminio (Al), calcio (Ca) y magnesio (Mg).

²³ WS. MacKenzie y A.E. Adams. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. (Barcelona, España: Masson, 1 997): 138.

La gráfica 1 indica que las muestras seleccionadas oscilan entre 1.6 gr y 4.1 gr de dióxido de sílice (SiO_2), cuya presencia hace énfasis al aporte de material continental y que conforman la naturaleza de una roca caliza.

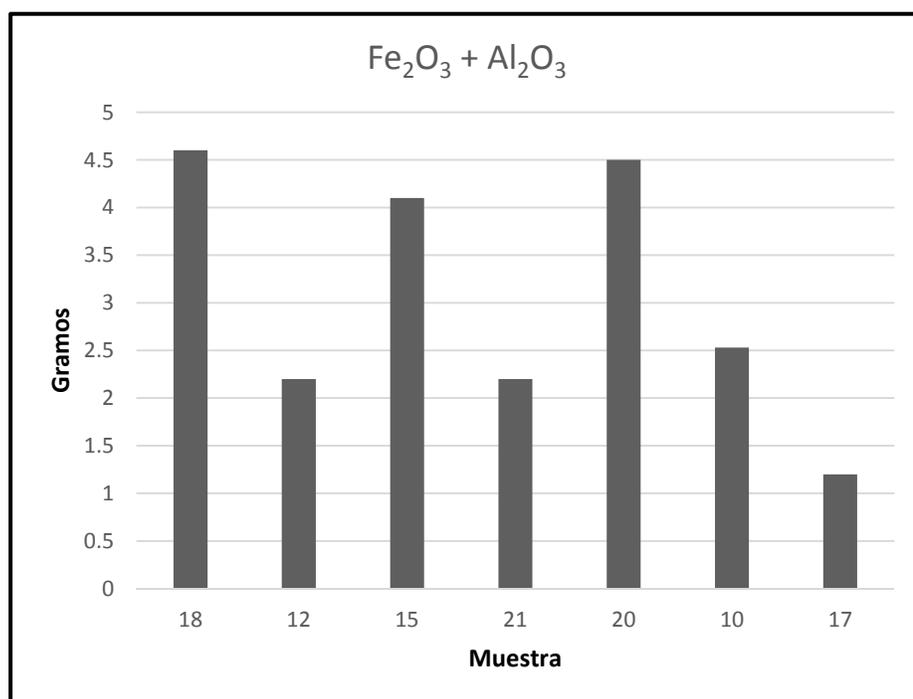
GRÁFICA 1
ÓXIDO DE SÍLICE



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

La gráfica 2 representa la cantidad de óxidos de hierro y aluminio en conjunto ($\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{Al}_2\text{O}_3$), va desde 1.2 gr hasta 4.6 gr, estos dos compuestos son clasificados como impurezas. Entre menor sea su presencia en el carbonato, más puro será.

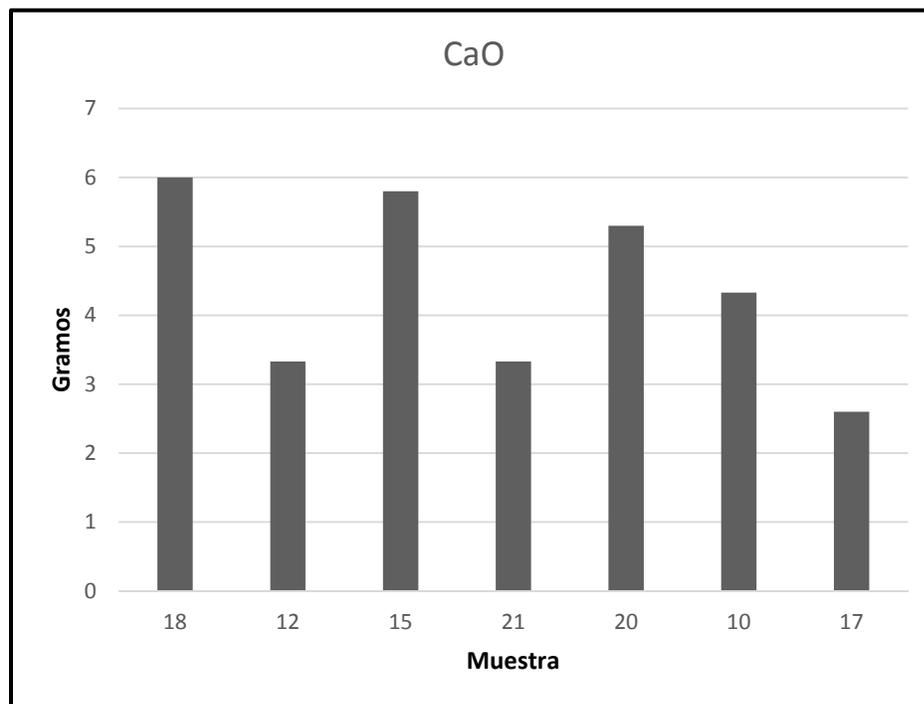
GRÁFICA 2
ÓXIDO DE HIERRO + ÓXIDO DE ALUMINIO



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

La gráfica 3 representa al óxido de calcio (CaO) en cada muestra, las cantidades varían desde 3.3 gr hasta 6 gr, este compuesto es esencial para los análisis estequiométrico.

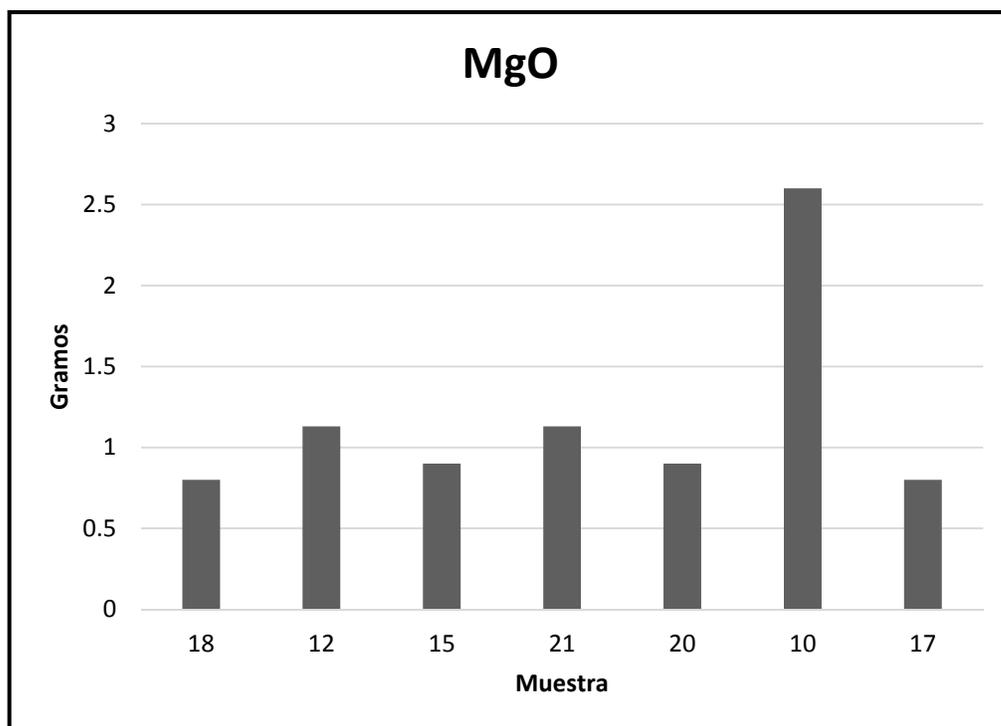
GRÁFICA 3
ÓXIDO DE CALCIO



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

La gráfica 4 representa la cantidad de óxido de magnesio contenido en las muestras, la variación se comprobó que va de 0.8 gr hasta 2.6 gr; este elemento en conjunto al óxido de calcio, determina el porcentaje de dolomita.

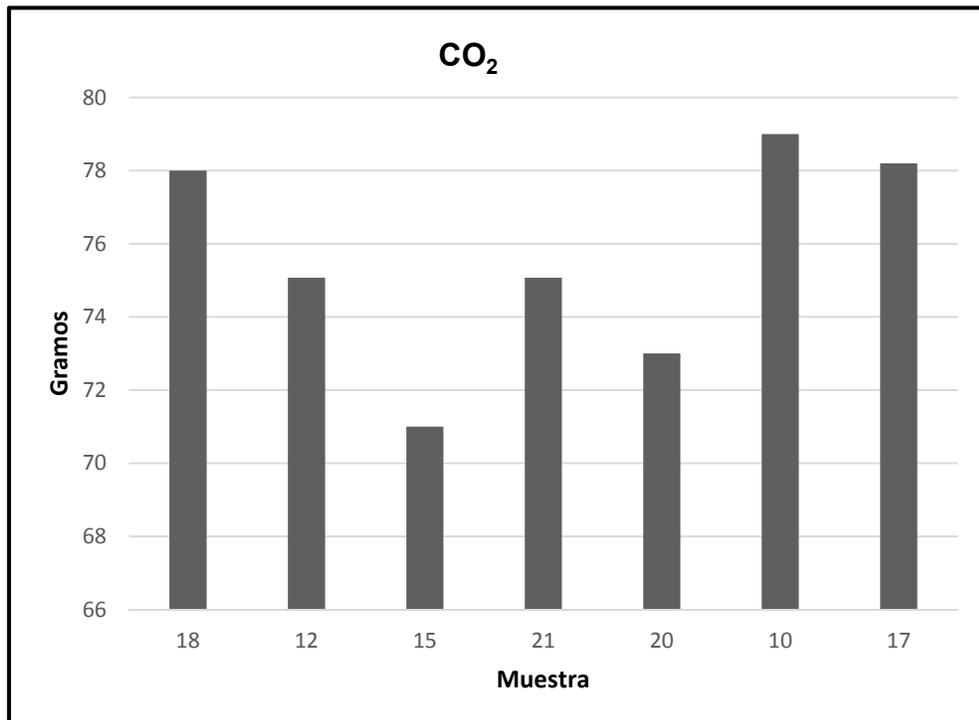
GRÁFICA 4
ÓXIDO DE MAGNESIO



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

La gráfica 5 representa el contenido de dióxido de carbono (CO_2) en las muestras analizadas, oscilando desde 71 gr hasta 78.2 gr; corresponde a las moléculas que se liberan al hacer reaccionar con ácidos las muestras de Caliza.

GRÁFICA 5
DIÓXIDO DE CARBONO



Fuente: Investigación de campo. Año 2014.

4.1.4 Unidad de Siliciclásticos (Ts)

La Unidad se identificó a lo largo de la carretera de terracería hacia la aldea La Laguna, desde la aldea El Jícaro, otro límite de esta unidad es la primera quebrada que se localiza en la vereda, hacia la aldea Cieneguita; ocupa un área aproximada de 1 km². Su mejor punto de exposición está en la carretera anteriormente mencionada debido al corte de carretera se expone la Unidad, en algunas secciones se aprecia únicamente clastos, debido a la meteorización y erosión.

Las subunidades que se localizaron son conglomerados y areniscas de manera alternada, la secuencia fue la siguiente: un estrato de conglomerado y luego grada a arenisca y nuevamente se observa conglomerado, a lo largo de todo el corte de carretera. Ambas poseen contenidos líticos similares con la única diferencia que el primero en mención, posee serpentinita y caliza, y el segundo carece de estos. Estas subunidades en representatividad son 75% areniscas y 25% corresponde a conglomerados y se describen a continuación:

a. Areniscas

La subunidad se observa en la fotografía 8 A, se describió de la siguiente manera: color rojo ladrillo, esfericidad igual, redondez subangular, relación grano a grano puntual, inmaduro texturalmente, inmaduro composicionalmente, matriz soportado. Los componentes detríticos que se lograron observar son: cuarzo (40%), feldespato (15%), peridotita serpentinizada (15%) y el resto es matriz muy fina, no se observó fósiles y la única estructura

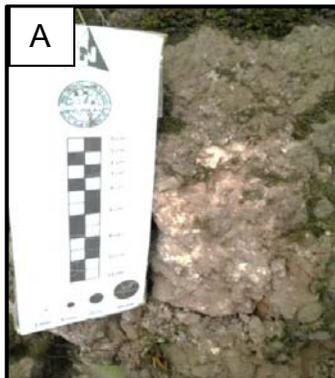
sedimentaria: estratificación; los fragmentos que componen esta roca oscilan de 1 mm hasta 5 mm.

b. Conglomerados

La subunidad de conglomerados es mostrada en la fotografía 8 B, se caracterizó de la siguiente manera: color rojo ladrillo, los granos poseen esfericidad igual, subredondeados a subangulares, relación grano a grano puntual e inmaduro texturalmente así como composicionalmente, estos componentes son: cuarzo, feldespato, fragmentos líticos de gran tamaño (granito 40%, feldespato 30%, caliza 15% y mica 5%, el resto la matriz fina la cual no se logró establecer a nivel de lupa la constitución del mismo).

Carece de fósiles, y como estructuras sedimentarias estratificación. En lo que corresponde a tamaño de granos, variaban desde 1 cm hasta 6 cm.

FOTOGRAFÍA 8
UNIDAD DE ROCAS SILICICLÁSTICOS: A) ARENISCAS
(COORDENADAS UTM: 0792963E/1643591N); B)
CONGLOMERADOS (COORDENADAS UTM:
0792933E/1643600N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

Con base al tipo de granulometría, la unidad da indicios de un depósito en ambiente continental, con la evidencia no se puede proponer un ambiente específico; las condiciones bajo las cuales se generó posiblemente fueron: una distancia media del área fuente, debido a que la esfericidad y redondez están en el orden de subredondeados y subangulares; su madurez composicional es muy pobre.

Los contactos entre la Unidad de Siliciclásticos y otras adyacentes, se ubicó en fallamiento inverso generado por la Unidad de Calizas, esta última es la unidad cabalgante, como se muestra en la fotografía 9. Con respecto a la Unidad de Peridotita Serpentinizada, no se obtuvo evidencia del tipo de movimiento debido a que la meteorización.

La Unidad de Siliciclásticos, puede asociarse a la Formación Subinal, cuyas características se citan como “una secuencia de capas rojas; limolitas, areniscas y conglomerados con pequeñas cantidades de caliza”²⁴, el espesor que se logra apreciar dentro de área de investigación es de 300 m aproximadamente.

²⁴ Edgar Rolando, Pérez Bol. *Léxico Estratigráfico del Bloque Chorti en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala, (Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 2 000): 53-55.

FOTOGRAFÍA 9
CONTACTO ENTRE UNIDAD DE CALIZA Y UNIDAD DE
SILICICLÁSTICOS (COORDENADAS UTM: 0792354E/1643988N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

4.1.5 Unidades Superficiales

En este grupo se incluyen las Unidades de Coluvión (Qc), Aluvión (Qa) y Suelo, se caracterizan por ser materiales rocosos desplazados, fragmentados y localizados en la parte superior de otras unidades de manera erosionada y meteorizada.

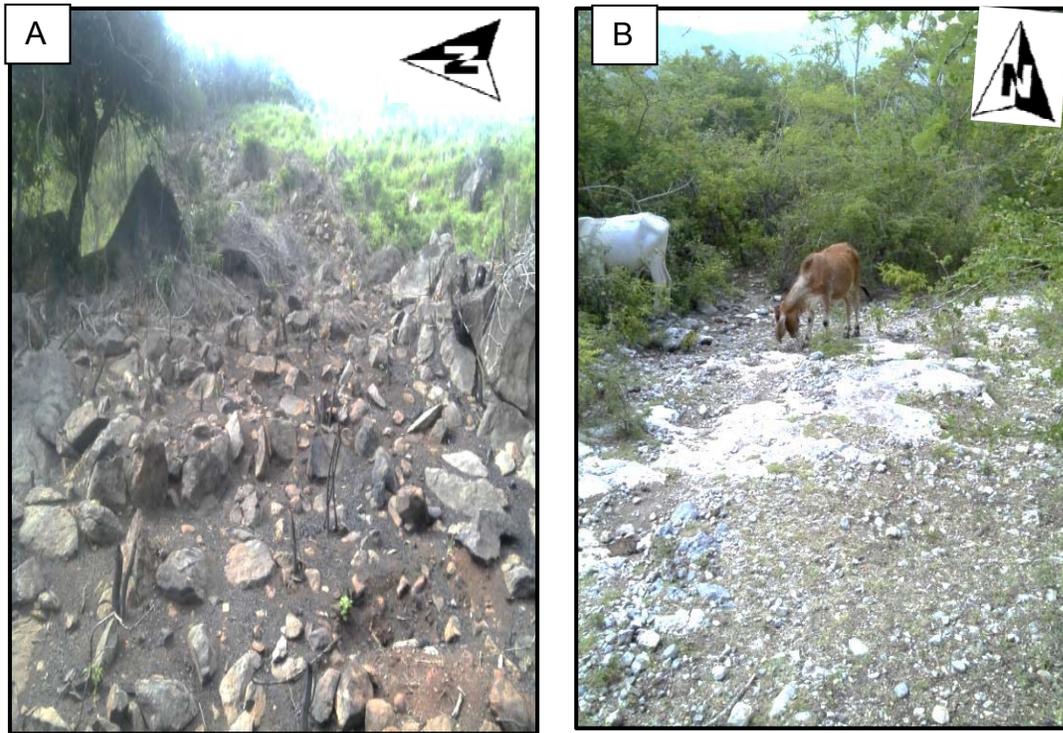
a. Unidad de Coluvión (Qc)

La Unidad se localizó en cercanías de la aldea Cieneguita en la carretera de terracería, hasta la aldea La

Laguna y en la vereda desde la aldea Cieneguita hasta la quebrada de San Antonio. El relieve sobre el que se ubicó esta unidad, va desde pendientes suaves hasta moderadamente escarpadas. Esta Unidad cubre un área de 500 m², está conformada por la subunidad de eclogita, como se observa en la fotografía 10 A y la Unidad de Caliza, localizados en pendientes moderadamente escarpadas.

Las características mineralógicas de esta Unidad fueron descritas anteriormente, en la sección de la subunidad de eclogita; también una estructura que se denominó como paleosuperficie y se describió como una costra de poco espesor (5 m aproximadamente), ubicada sobre la Unidad de Peridotita Serpentinizada, como se observa en la fotografía 10 B; las características texturales son similares a las de la Unidad de Caliza. El tipo de contactos con otras unidades, se infiere como discordantes.

FOTOGRAFÍA 10
UNIDAD DE COLUVIÓN: A) ECLOGITA (COORDENADAS UTM:
0790608E/1644338N); B) PALEOSUPERFICIE DE CALIZA
(COORDENADAS UTM: 0792182E/1644548N).



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

b. Unidad de Aluvión (Al)

Esta Unidad se localizó en una sección de la carretera de terracería desde la Finca Sabanetas hacia la aldea La Laguna y sobre todas las quebradas del área de estudio. El relieve de la superficie donde se ubicó esta unidad es suave. Las rocas que conforman la Unidad de Aluvión, está en función de las rocas localizadas en los alrededores, fueron identificados fragmentos de caliza, peridotita serpentinizada/serpentinita, eclogita, y siliciclásticos.

La granulometría de esta unidad va desde fragmentos líticos y minerales de 0.01 m hasta 2 m; con variedad tanto en esfericidad y redondez. El contacto de esta unidad es discordante, debido al flujo de agua que genera erosión sobre la superficie, en la que se ubica esta unidad.

4.2 Geología estructural

Los rasgos estructurales identificados en mayor cantidad pertenecen a dominio frágil, esto corresponde a la cercanía de una falla principal, se incluyen fallas y fracturas, rasgos comunes en todas las unidades de roca; así mismo, se midió estructuras de dominio dúctil en menor cantidad, estas fueron foliaciones.

4.2.1 Fallas

Se observaron fallas con evidencia de movimientos verticales, horizontales, sinestrales y dextrales, otras con más de una componente, cuyo recuento se da a continuación:

a. Fallas Normales

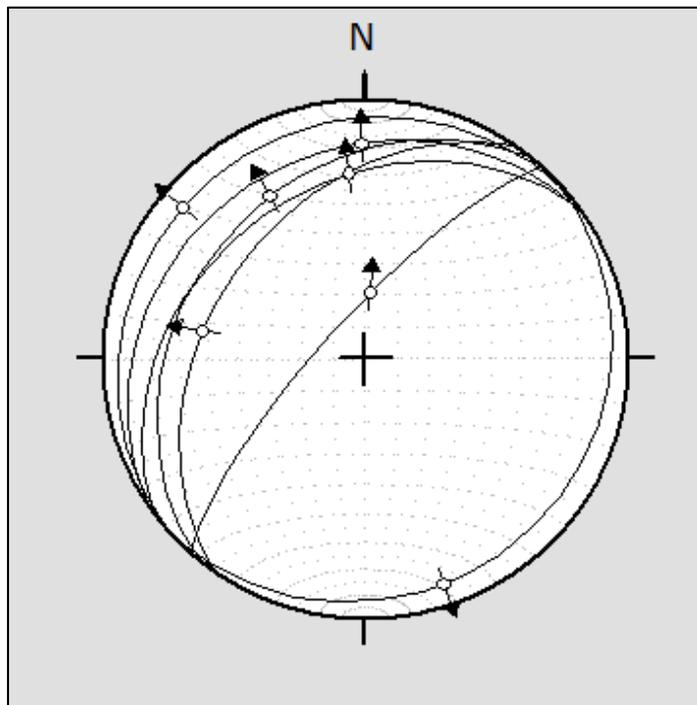
Esta serie de fallas se presentó en todas las unidades de roca, se caracterizó por poseer en su gran mayoría una tendencia *NW* y *SE*, con ángulos de cabeceo altos, del orden de los 59° los 80°, el recuento se detalla tanto en la tabla 2 como en la figura 6.

TABLA 2
DATOS DE FALLAS NORMALES

Orientación	Pitch	Componentes de la falla
30°/N309°	72° NW	Normal Sinestral
40°/N305°	70° SW	Normal Sinestral
10°/N136°	65° SE	Normal Dextral
21°/N326°	59° NW	Normal Dextral
42°/N235°	75° SW	Normal Sinestral
10°/N320°	80° SW	Normal
33°/N324°	63° NW	Normal Dextral
77°/N312°	74°NW	Normal Dextral

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

FIGURA 6
FALSILLAS DE FALLAS NORMALES



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

b. Fallas inversas

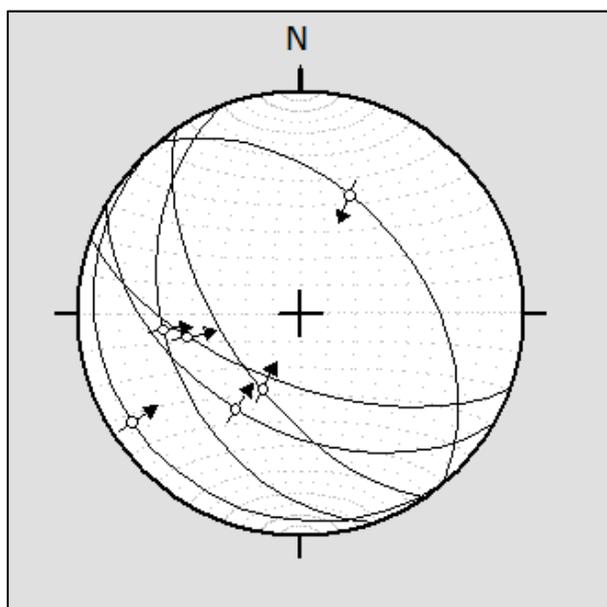
Esta estructura se caracterizó por estar orientado hacia *NE-SW*, con ángulos de cabeceo entre 55° y 87° , se presentó en todas las unidades de roca y se hace la referencia en la tabla 3 y figura 7.

TABLA 3
DATOS DE FALLAS INVERSAS

Orientación	Pitch	Componentes de la falla
$64^\circ/N200^\circ$	$55^\circ NW$	Inversa sinistral
$45^\circ/N050^\circ$	$70^\circ N$	Inversa sinistral
$47^\circ/N210^\circ$	$87^\circ NW$	Inversa
$62^\circ/N236^\circ$	$75^\circ SW$	Inversa Dextral
$11^\circ/N228^\circ$	$81^\circ NW$	Inversa
$39^\circ/N250^\circ$	$80^\circ NW$	Inversa

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

FIGURA 7
FALSILLA DE FALLAS INVERSAS



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

c. Fallas dextrales

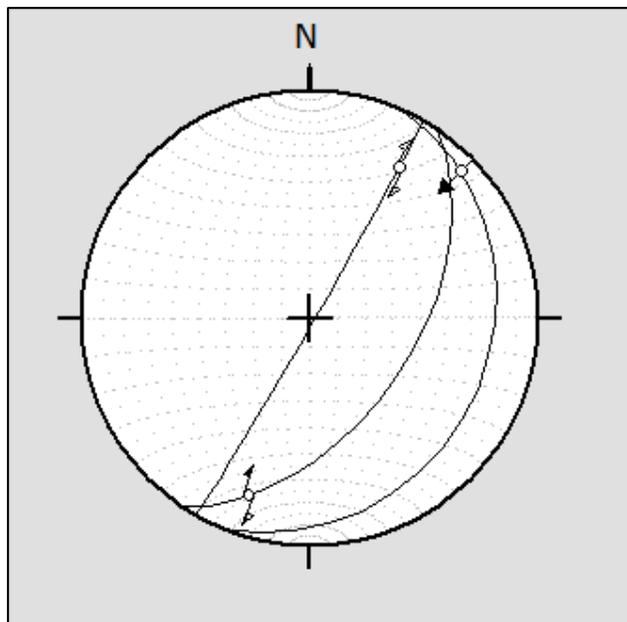
Este conjunto de fallas se caracterizó por tener la orientación SE con mayor inclinación hacia el E, su mayor presencia se dio en la unidad de peridotita serpentizada; y en la unidad de caliza; el cabeceo oscilo en un rango de 24° a 28° , se resumen estas estructuras en la tabla 4 y figura 8 .

TABLA 4
DATOS DE FALLAS DEXTRALES

Orientación	Pitch	Componentes de la falla
$88^\circ/N120^\circ$	24° N	Dextral normal
$52^\circ/N124^\circ$	24° S	Dextral normal
$21^\circ/N113^\circ$	24° N	Dextral normal

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

FIGURA 8
FALSILLA DE FALLAS DEXTRALES



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

d. Fallas sinestrales

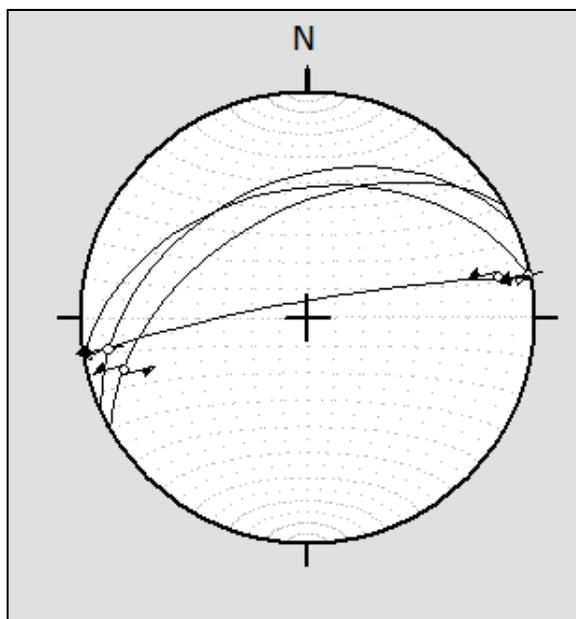
Esta estructura reflejo una tendencia *NW* con más inclinación hacia el N, el ángulo de cabeceo vario entre 2° a 25° y se observó en todas las unidades de roca, se da un recuento en la tabla 5 y figura 9.

TABLA 5
DATOS DE FALLAS SINISTRALES

Orientación	Pitch	Componentes de la falla
51°/N330°	22°S	Sinestral inversa
42°/N350°	02°N	Sinestral inversa
84°/N350°	15°N	Sinestral inversa
39°/N335°	20°S	Sinestral inversa

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

FIGURA 9
FALSILLA DE FALLAS SINISTRALES

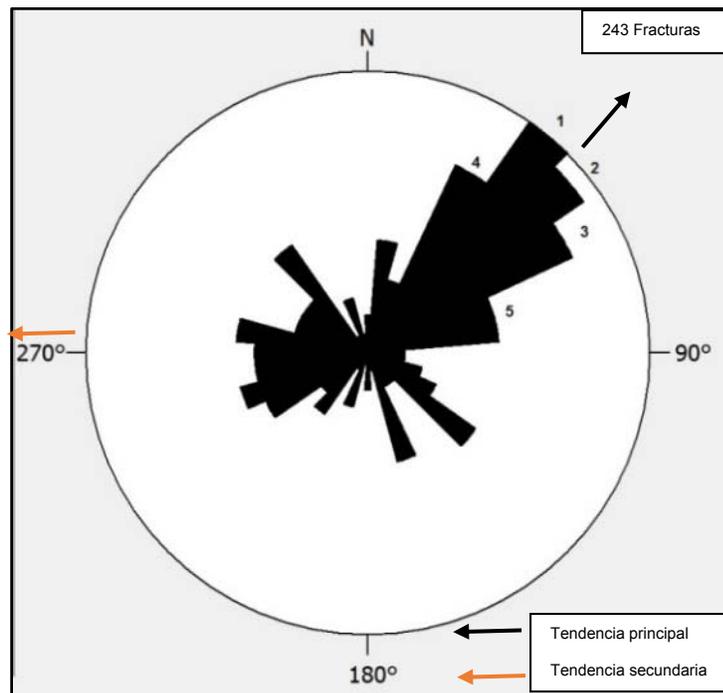


Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

e. Fracturas

Esta estructura se observó en todas las unidades de roca, con una inclinación hacia el *NE*, en un rango con una orientación $25^\circ/N040^\circ$ a $62^\circ/N070^\circ$, otra tendencia hacia el *W* y otros grupos con dirección al resto de cuadrantes, se tiene un recuento en la figura 10.

FIGURA 10
ROSETA DE FRACTURAS

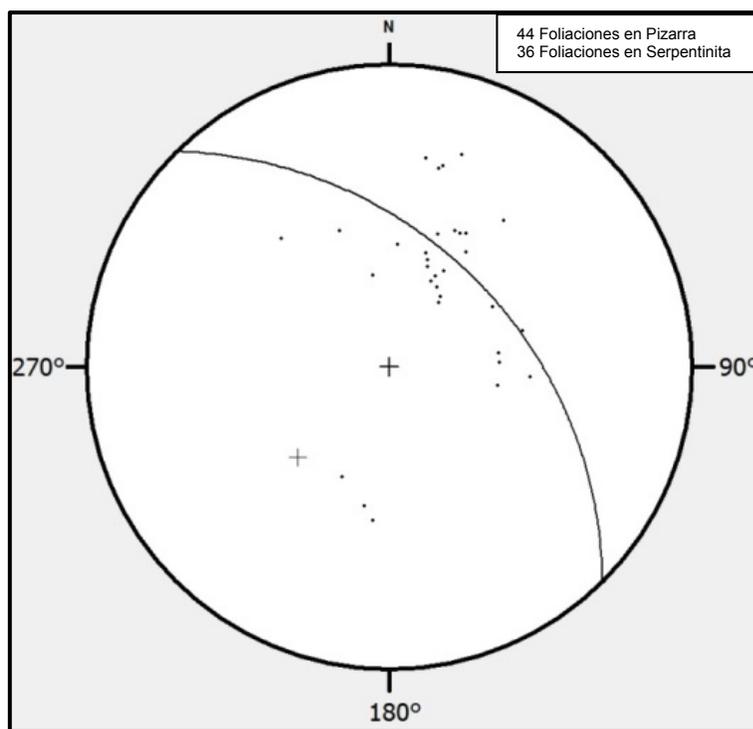


Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

f. Foliaciones

Esta estructura se observó en rocas como Pizarra y Serpentinita, ambas con una tendencia hacia el SW con inclinación hacia S, el rango de las orientaciones es de $39^\circ/\text{N}195^\circ$ a $45^\circ/\text{N}210^\circ$, expresado en la figura 11 con los polos de las foliaciones.

FIGURA 11
FOLIACIONES EN UNIDADES DE PIZARRA Y
SERPENTINITA

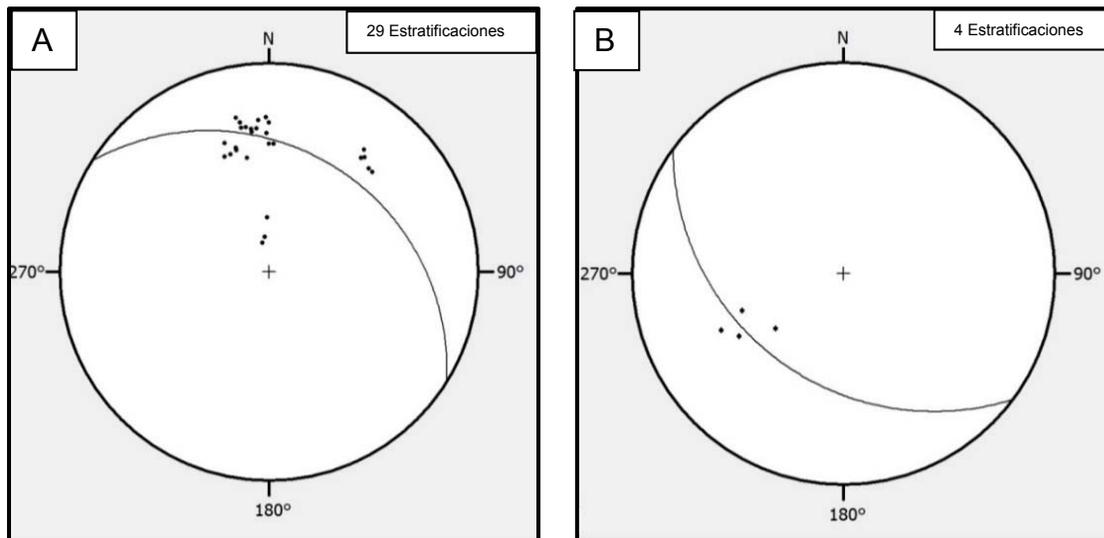


Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

g. Estratificación

Esta estructura se ubicó en las rocas sedimentarias, en la Unidad de Calizas posee una estratificación preferente hacia el N, inclinaciones hacia el W con un rango de $20^{\circ}/N240^{\circ}$ a $33^{\circ}/N255^{\circ}$ como se observa en la figura 12 A; la Unidad de Siliciclásticos posee una estratificación que con orientación preferencial entre un rango de $38^{\circ}/N231^{\circ}$ a $51^{\circ}/N250^{\circ}$ como se observa en la figura 12 B.

FIGURA 12
ESTRATIFICACIONES: A) UNIDAD DE CALIZA; B) UNIDAD DE SILICICLÁSTICOS



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

4.3 Geomorfología local

La geomorfología del área en estudio está dominada por dos tipos de unidades: de origen denudacional y agradacional, estas se caracterizan por

estar generadas de manera natural, desprendimiento y deposición de material rocoso.

4.3.1 Unidades de origen denudacional

Unidad integrada por geoformas como lomas, crestas, escarpes, surcos, regueros y un deslizamiento; se generan debido a la erosión diferencial y procesos gravitacionales.

a. Subunidad de lomas

Estructuras que se definen debido a su baja altura (25 m - 50 m) con una apariencia redondeada y representan estructuras con escasa presencia. Estas estructuras están localizadas en todas las Unidades de roca.

b. Subunidad de crestas

Esta estructura se localiza en la parte superior de las elevaciones topográficas y generalmente se caracterizan por representar parteaguas, como se muestra en la fotografía 11. La abundancia de esta estructura en el área de investigación es alta y es posible localizarla en todas las Unidades de roca.

FOTOGRAFÍA 11
UNIDAD DENUDACIONAL: CRESTAS
(COORDENADAS UTM:
0790486E/1642508N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

c. Subunidad escarpes

Esta estructura se presentó únicamente en la unidad de caliza, en cercanos a la aldea La Laguna como se observa en la fotografía 12 y El Aguacate, oscilan entre 15 m a 75 m de alto, con una extensión entre 15 m a 50 m.

FOTOGRAFÍA 12
ESCARPES EN CERRO EL ARCO
(COORDENADAS UTM:
0791708E/1643005N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

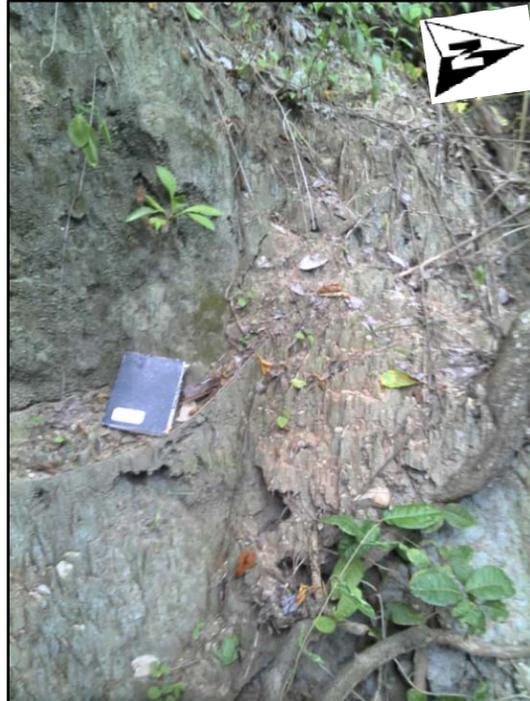
d. Subunidad de surcos

Esta subunidad se localizó en cercanías de quebradas con pendientes suaves, esto en el curso de la quebrada El Barro.

e. Subunidad de regueros

Esta estructura se localiza en cercanías de quebradas en la Unidad de Aluvión, se caracterizan por ser canales de erosión verticales en las paredes de la quebrada, como se muestra en la fotografía 13.

FOTOGRAFÍA 13
SUBUNIDAD REGUEROS
(COORDENADAS UTM:
0791387E/1644550N)

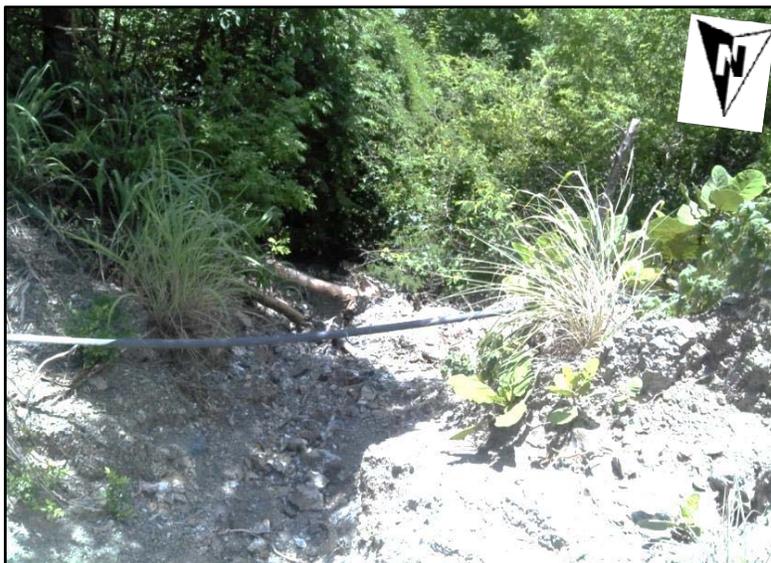


Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

f. Subunidad de deslizamiento

En esta subunidad se ubicó un deslizamiento clasificado como traslacional, como se puede observar en la fotografía 14 no es mayor a 8m², esto en la unidad de pizarra. El material desplazado constituido por fragmentos de roca, suelo de coloración café rojizo y materia orgánica de origen vegetal.

FOTOGRAFÍA 14
SUBUNIDAD DE DESLIZAMIENTO
(COORDENADAS UTM:
0790018E/1643560N)



Tomada por: Sergio Mendoza Villalobos. Año 2 014.

4.3.3 Unidades de origen agradacional

Esta Unidad se caracteriza por transportar y depositar material rocoso de granulometría media a alta, se incluye: coluvión y aluvión.

a. Subunidad de coluvión

Esta subunidad posee fragmentos de dimensiones que van desde 0.5 m a 4 m y son de roca denominada como eclogita, únicamente se localizó sobre la Unidad de Peridotita Serpentinizada.

b. Subunidad de aluvión

Esta subunidad está conformada en función de las rocas localizada en los alrededores de quebradas, fueron identificados fragmentos de caliza, peridotita serpentizada / serpentinita, eclogita y siliciclásticos. La granulometría de esta subunidad va desde fragmentos líticos y minerales de 0.01 m hasta 2 m; con variedad tanto en esfericidad y redondez.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1 Análisis y discusión litológica

La información recabada en campo y laboratorio, permitió el análisis e interpretación de los datos litológicos e identificar las unidades de roca y unidades superficiales coluviales y aluviales en los alrededores de las aldeas La Laguna, El Aguacate, Cieneguita.

Litoestratigráficamente se coloca a la Unidad de Peridotita Serpentinizada, como la más antigua; en sectores cercanos a otras unidades de roca presenta evidencias de metamorfismo clasificándose como serpentinita, dentro de esta unidad se adjunta una zona de cizalla con roca nombrada como eclogita. También, se identificó un fallamiento de tipo inverso con las Unidades de Pizarra (Kpi) y Caliza (Kclv) al determinarse estos últimos como elementos cabalgantes y no se logró establecer el contacto con la Unidad de Silisiclásticos (Ts).

La Unidad de Pizarra (Kpi) se categoriza como la segunda de mayor antigüedad; es cabalgada por a las Unidades de Peridotita Serpentinizada (Kps) y de Calizas (Kclv); la caracterización de esta unidad se resume como de color gris oscuro, foliado, con fracturamiento; mineralógicamente en muestra de mano se reconoce moscovita e inclusiones de calcita, no se realizó ningún tipo de análisis en laboratorio.

La Unidad de Calizas (Kclv) se propone en tercera posición de mayor antigüedad; cabalga al resto de unidades adyacentes, ubicándose todos los contactos referentes a esta unidad, en visita de campo. A esta unidad se le realizó análisis vía química y sección delgada, mostrando mineralizaciones de calcita en una matriz micrítica, no se observa contenido fósil.

La Unidad de Siliciclásticos (Ts) se clasifica como la cuarta de mayor antigüedad; incluye subunidades de areniscas y conglomerados, ambas poseen materiales líticos similares, a diferencia de clastos de caliza en los conglomerados; así mismo, carecen de fósiles. Se observó un contacto definido y otro inferido, con la Unidad de Calizas (Kclv) como fallamiento inverso y otro contacto discordante con la Unidad de Peridotita Serpentinizada (Kps) respectivamente.

Finalmente se incluyen las Unidades Superficiales: Coluvión (Qc), Aluvión (Qa) y los contactos son discordantes con el resto de unidades adyacentes.

5.2 Análisis y discusión estructural

La geología estructural del área en investigación, se caracteriza por poseer alta presencia de rasgos como fallas y fracturas, pertenecen a dominio frágil; esto se justifica debido a la cercanía de la traza principal de la falla del Motagua, la cinemática y dinámica comparten similitud.

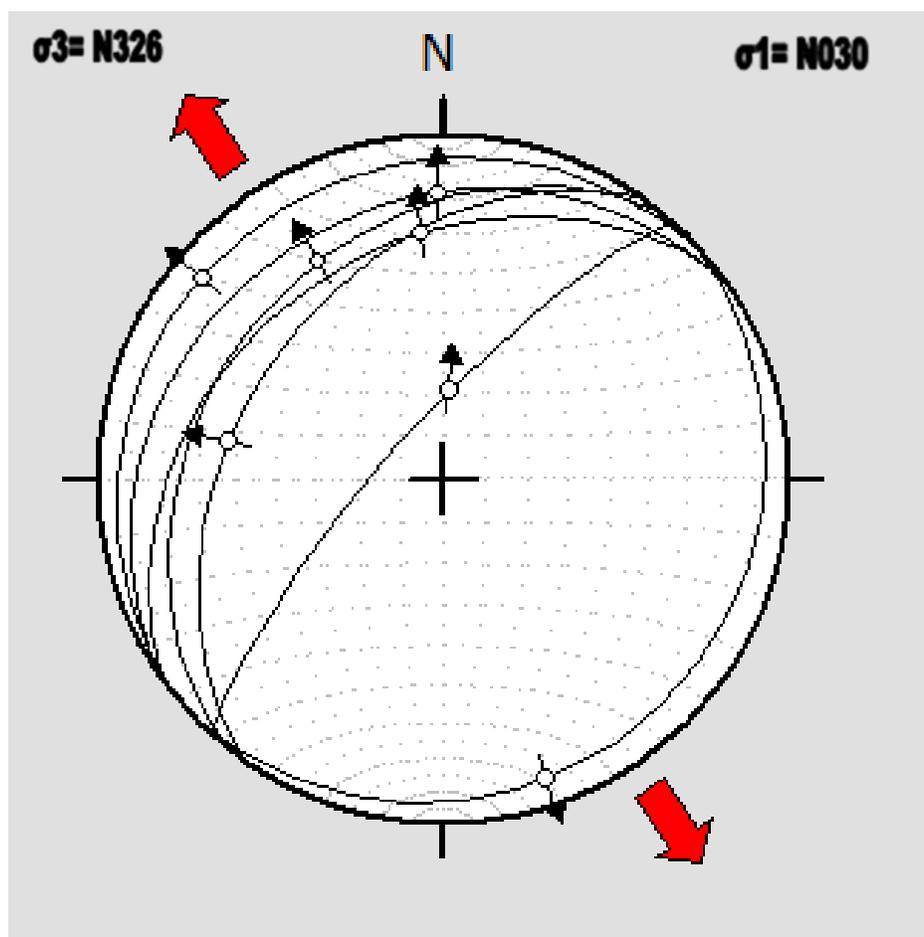
5.2.1 Fallas

El análisis de todos los sistemas de fallas, se realizó en varias familias, se clasificaron según su tipo de cinemática, se obtuvo la evidencia de un paleoesfuerzo en común, en todas las unidades de roca.

a. Fallas normales

Se observa en la figura 13, la dinámica de los esfuerzos principales, se logró establecer que poseen direcciones de $\sigma_1 = N030^\circ$ y $\sigma_3 = N326^\circ$.

FIGURA 13
ESTEREOGRAMA DE FALLAS NORMALES,
 σ_1 Y σ_3

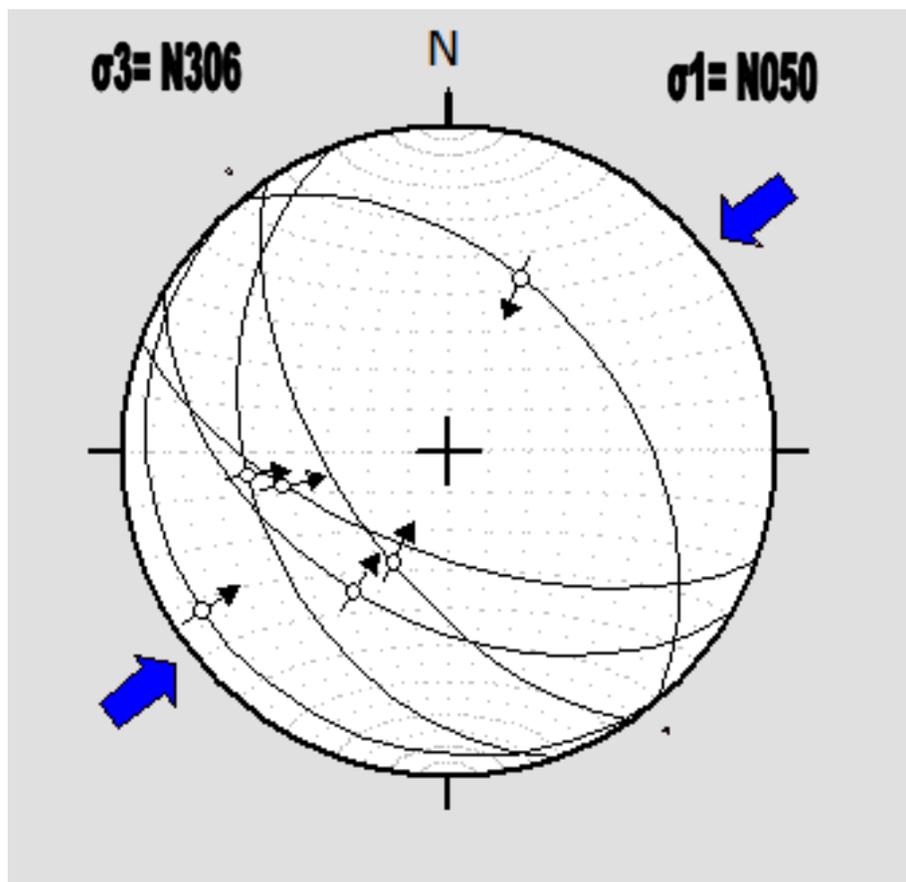


Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

b. Fallas inversas

El análisis de las fallas con cinemática inversa, mostro los esfuerzos dinámicos en las direcciones: $\sigma_1 = N050$ y $\sigma_3 = N306$, como se observa en la figura 14.

FIGURA 14
ESTEREOGRAMA DE FALLAS INVERSAS,
 σ_1 Y σ_3

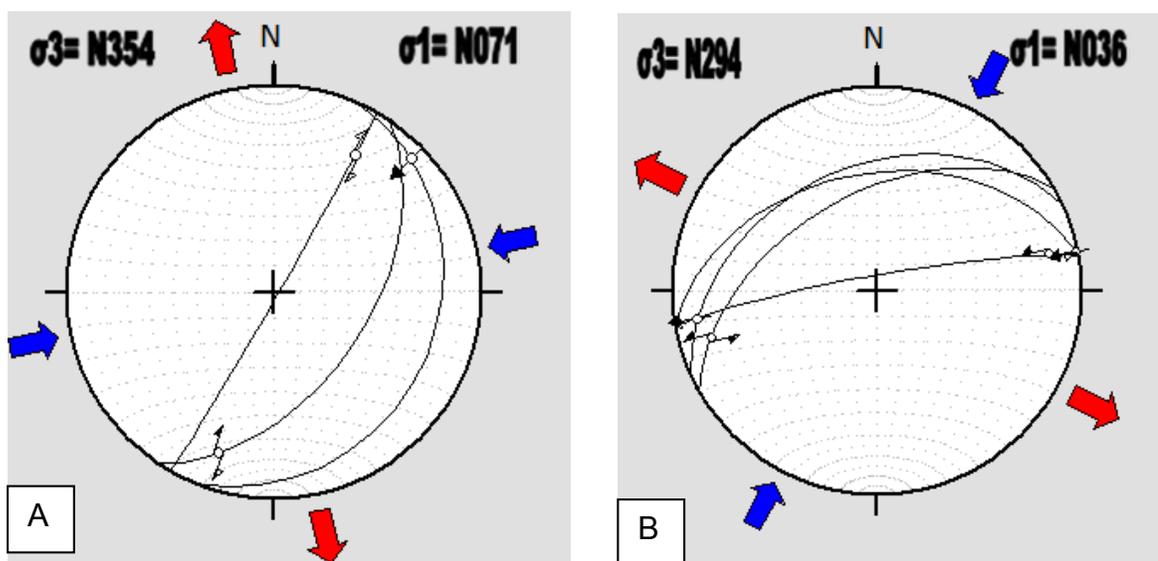


Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

c. Fallas dextrales y sinestrales

La dinámica de las fallas con cinemática de rumbo se caracterizó con las siguientes direcciones de esfuerzos: $\sigma_1 = N071$ y $\sigma_3 = N354$ para fallas dextrales y $\sigma_1 = N036$ y $\sigma_3 = N294$ para fallas sinestrales, se puede observar en figura 15 A y 15 B respectivamente.

FIGURA 15
ESTEREOGRAMA DE FALLAS DE RUMBO σ_1 Y σ_3 : A) FALLAS DEXTRALES; B) FALLAS SINISTRALES.



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

5.2.2 Modelos estructurales

El modelo estructural local se generó a través del análisis de la geométrico, cinemático y dinámico de las distintas fallas, para verificar su compatibilidad local y regional. Se analizó cada familia de fallas por individual, la tabla 6 hace un resumen de los datos obtenidos.

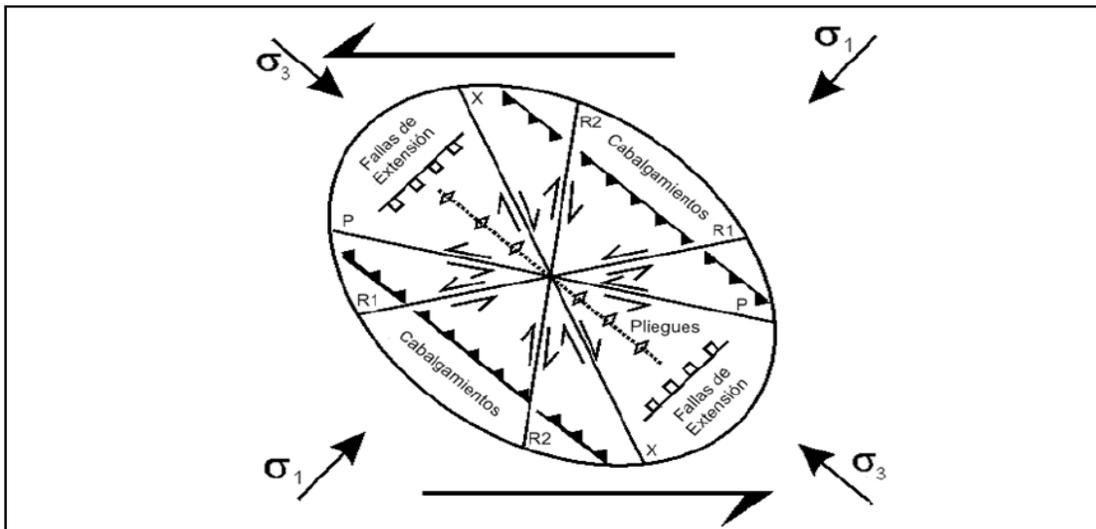
TABLA 6
MODELO DE ESFUERZOS INDIVIDUALES PARA LA
CONSTRUCCIÓN DE UN MODELO ESTRUCTURAL GENERAL

Estructura	Dirección de σ_1	Dirección de σ_3
Falla normal	N030°	N326°
Fallas inversa	N050°	N306°
Falla de rumbo dextral	N071°	N354°
Falla de rumbo sinistral	N036°	N294°

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

El análisis en conjunto de todas las estructuras, mostró compatibilidad entre las dinámicas que generaron cada una de estas estructuras y corresponden a una cinemática del tipo sinistral, con dirección de esfuerzos que se encuentran a 90° entre el sigma de compresión y el sigma de distención; se acopla al sistema sinistral de Falla del Motagua, como se muestra en la figura 16.

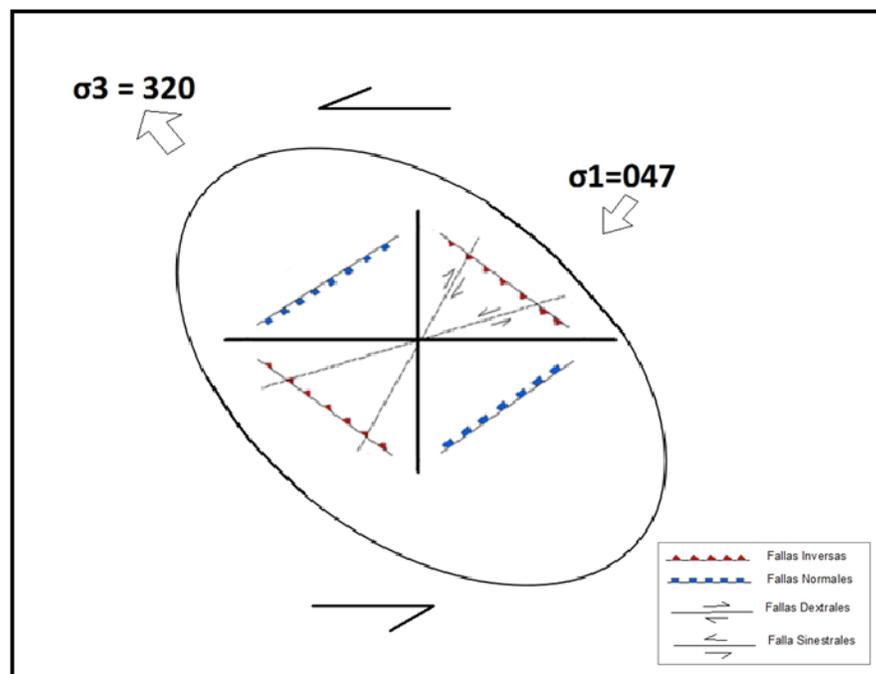
FIGURA 16
ELIPSE DE DEFORMACIÓN PARA UN MOVIMIENTO
SINISTRAL



Fuente: Modificado de C. W. Passchier & R.J. Trow,

En la figura 17 se observa el modelo estructural local con direcciones de dinámica $\sigma_1=N047^\circ$ y $\sigma_3=N320^\circ$, obtenidas a partir del análisis cinemático de las fallas medidas en el área de investigación.

FIGURA 17
MODELO ESTRUCTURAL LOCAL



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

5.3 Análisis y discusión química

En fase de laboratorio posterior a llevar a cabo las marchas analíticas, el análisis de roca caliza, se realizó mediante cálculos estequiométricos para conocer la cantidad de dolomita contenida en las muestras. Los porcentajes de los compuestos óxido de calcio (CaO) y óxido de magnesio (MgO), permitió establecer qué tipo de roca caliza.

Un análisis con esta metodología conlleva errores instrumentales, de método, debido a agentes externos, de observación y matemáticos; en función de esto se realiza el cálculo de error permisible para este análisis en particular.

La cristalería utilizada posee un error, el cual es una suma o resta de volumen y es considerado de fábrica, en la tabla 7 se resumen los instrumentos con su respectivo error en el desarrollo del análisis se considera como una suma y arrastre al resultado; otro aspecto a considerar son los materiales utilizados, ya que “depende del instrumento y se sabe que la exactitud del mismo dependerá de la persona que lo fabrique.”²⁵

TABLA 7
ERRORES DE CRISTALERÍA QUÍMICA

Material	Error± en porcentaje
Beaker	5 %
Erlenmayer	5 %
Pipeta	0.02 %
Bureta	0.001 %
Probeta	0.2 %

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

La suma del arrastre de los errores en cristalería, da un aproximado del 10%, por lo que el análisis puede tener ese margen de error.

5.3.1 Cálculos estequiométricos

Mediante las ecuaciones propuestas para el cálculo de mineral dolomita, existente en las muestras se llegó a los resultados mostrados en la tabla 8 :

²⁵ Amílcar Ricardo, Chavarría Izos. *Química general y analítica I*. Universidad de Panamá. (Panamá: Facultad de medicina, 2 011): s/p.

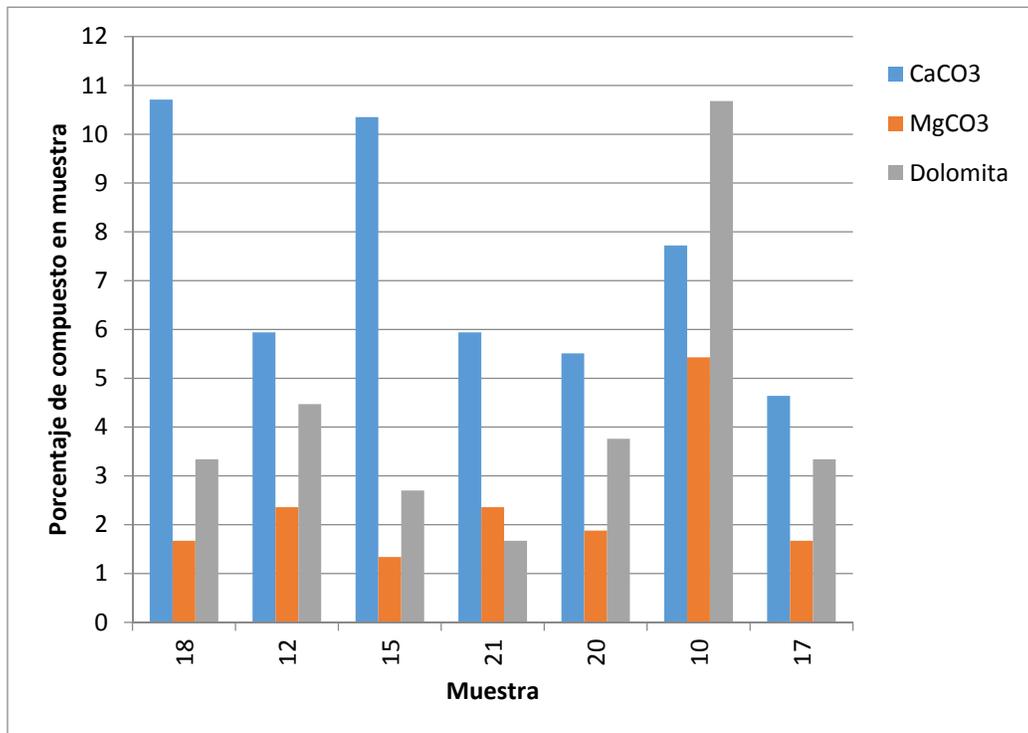
TABLA 8
PORCENTAJES DE CARBONATO DE CALCIO
(CaCO₃), CARBONATO DE MAGNESIO (MgCO₃) Y
DOLOMITA

Muestra Me_Vi18 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 10.71% • MgCO₃ : 1.67 • Dolomita: 3.34% 	Muestra Me_Vi12 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 5.94% • MgCO₃ : 2.36% • Dolomita: 4.72%
Muestra Me_Vi15 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 10.35% • MgCO₃ : 1.34% • Dolomita: 2.70% 	Muestra Me_Vi21 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 5.94% • MgCO₃ : 2.36 • Dolomita: 4.72%
Muestra Me_Vi20 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 5.51% • MgCO₃ : 1.88% • Dolomita: 3.76% 	Muestra Me_Vi17 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 4.64% • MgCO₃ : 1.67% • Dolomita: 3.34%
Muestra Me_Vi10 <ul style="list-style-type: none"> • CaCO₃ : 7.72% • MgCO₃ : 5.34% • Dolomita: 10.68% 	

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

En la gráfica 6 se resume los datos obtenidos en cálculos estequiométricos; las relaciones porcentuales entre los compuestos Carbonato de calcio (CaCO₃) y de magnesio (MgCO₃), permitió conocer el porcentaje de Dolomita contenido en las muestras analizadas.

GRÁFICA 6
PORCENTAJE DE CaCO_3 y MgCO_3 – DOLOMITA



Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

La relación porcentual entre los compuestos Carbonato de calcio (CaCO_3) y de magnesio (MgCO_3), permitió el porcentaje de dolomita y así nombrar según clasificación de rocas calizas a cada una de las muestras, como se aprecia en la tabla 9.

TABLA 9
RESULTADOS DE PORCENTAJE DE DOLOMITA EN
MUESTRAS ANALIZADAS Y TIPO DE ROCA

Muestra	% de Dolomía	Tipo de roca
MeVi_18	3.34	Caliza
MeVi_15	2.70	Caliza
MeVi_12	4.72	Caliza
MeVi_20	3.76	Caliza
MeVi_21	4.72	Caliza
MeVi_17	3.34	Caliza
MeVi_10	10.68	Caliza Dolomítica

Fuente: Investigación de campo. Año 2 014.

El modelo químico teórico con el que se contrastó el análisis, corresponde a la clasificación de “rocas carbonatadas en base a su contenido de dolomita”²⁶, citado en la tabla 10.

TABLA 10
ROCAS CARBONATADAS EN BASE A SU CONTENIDO DE
DOLOMITA

NOMBRE DE LA ROCA	PORCENTAJE DE DOLOMITA
Caliza	0 % a 10 %
Caliza Dolomítica	10 % a 50 %
Dolomía calcítica	50 % a 90 %
Dolomía	90 % a 100 %

Fuente: F.J. Pettijohn, *Rocas Sedimentarias*, Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1970.

²⁶ F.J. Pettijohn. *Rocas sedimentarias*. (Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires: 1 970): 55.

5.4 Análisis y discusión geomorfológica

La geomorfología de origen denudacional, es causada por la tectónica en cercanías del área en estudio, así como dentro de la misma. Generó las siguientes geoformas: lomas, colinas, crestas, escarpes, surcos, regueros y un deslizamiento.

Elementos geomorfológicos de tipo agradacional no se identificaron en cantidad, debido a las condiciones climáticas secas y temporadas de poca lluvia; la estructura que se incluye es coluvión y aluvión.

CONCLUSIONES

El grado de dolomitización en las rocas carbonatadas es bajo, la cantidad máxima 10.68% y la cantidad mínima 2.70%, se obtuvo mediante las relaciones porcentuales existentes de los compuestos carbonato de calcio (CaCO_3) y carbonato de magnesio (MgCO_3), a través de análisis químicos cualitativos y cuantitativos.

El muestreo selectivo se realizó en las unidades carbonatadas, siendo los criterios para la selección que las muestras no estuvieran meteorizadas y fueran in situ.

La caracterización química con base a las marchas analíticas llevadas a cabo en carbonatos, mostró la composición de las muestras analizadas. Se obtuvo la presencia del anión Carbonato (CO_3)⁻² y cationes Calcio (Ca^{+2}), Magnesio (Mg^{+2}), este compuesto y elementos representan la naturaleza de una roca carbonatada caliza, Hierro (Fe^{+3}) y Aluminio (Al^{+3}), estos elementos representan impurezas que se combinaron con la roca al momento de su formación.

Las unidades carbonatadas identificadas son calizas y calizas dolomíticas, con base a su contenido en mineral dolomita calculado, mediante estequiometría y comparación porcentual, con clasificación de rocas calizas.

RECOMENDACIONES

Realizar estudios económicos con base a los porcentajes de carbonato de calcio (CaCO_3) y carbonato de magnesio (MgCO_3), ya que el grado de dolomitización es bajo, aspecto ideal para utilizar estas rocas como materia prima para cemento.

Considerar el material denominado como paleosuperficie, que es de naturaleza carbonatada (Qc en el mapa geológico), en lo referente a espesor, ya que las características químicas de este sector son idóneas para su posible explotación.

No incluir dentro de los estudios de potencial económico, sectores que corresponden a áreas protegidas, para evitar inconvenientes de tipo legales con pobladores y empresas privadas.

BIBLIOGRAFÍA

- Chavarría Izos, Amílcar Ricardo. *Química general y analítica I*.
Universidad de Panamá. Panamá: Facultad de medicina, 2011.
- Chiquín Yoj, Mauricio (Comp.). *Geología cuadrángulo El Progreso*.
Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Norte-
Universidad de San Carlos de Guatemala, Cobán, Alta Verapaz
Guatemala: Dirección General de Investigación, 2003.
- . *Bloque Maya y Chortí*. Centro Universitario del Norte-Universidad
de San Carlos de Guatemala, Cobán, Alta Verapaz, Guatemala:
Carrera de Geología, 1990.
- Empresa propietaria de la red -EPR-. *Descripción del medio ambiente*.
<http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%2006a1.pdf> (12 de septiembre de 2014).
- . *Estudio de evaluación de impacto ambiental*. <http://www.eprsiepac.com/documentos/guatemala/Documento%20final%2006a1.pdf> (19 de septiembre de 2014).
- Hurlbut, Dana. *Manual de mineralogía*. España: Editorial Reverte, 1960.
- Mackenzie WS. y AE Adams. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. España: Masson, 1997.
- Martin Catarrala, María Luisa. *Separación e identificación cualitativa de iones y cationes*. Tesis Doctoral en Ciencias. Universidad de Alicante. España: Escuela de Estudios de Postgrado, 1982
- Moran Ical, Sergio David. Et. Al. *Mapeo Geológico de superficie del cuadrángulo Granados*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Centro Universitario del Norte, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 2001.
- Pérez Bol, Edgar Rolando. *Léxico Estratigráfico del Bloque Chorti en Guatemala*. Tesis Ingeniero Geólogo. Centro Universitario del Norte-Universidad de San Carlos de Guatemala, Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 2000.



Pettijohn, F.J. *Rocas Sedimentarias*. Argentina: Editorial Universitaria de Buenos Aires, 1970.

Relaciones estequiométricas y cálculos con estequiometría. <http://corinto.pucp.edu.pe/quimicageneral/contenido/42-relaciones-estequiometricas-y-calculos-con-estequiometria.html> (12 de enero de 2014).

Sala, María. *Geomorfología actual: guía conceptual, temática y bibliográfica*. <http://www.raco.cat/index.php/RevistaGeografia/article/viewFile/45984/56810> (21 de septiembre de 2014)

Santa Cruz Cú, Amalia. *Determinación del grado de dolomitización de la caliza del municipio de Santa Cruz Verapaz*. Carrera Técnico analista en recursos minerales. Centro Universitario del Norte- Universidad de San Carlos de Guatemala. Cobán, Alta Verapaz. Guatemala: Carrera de Geología, 1979.

Unidad docente e investigadora de la Facultad de Ciencias. *Clasificación de suelos FAO*. <http://edafologia.ugr.es/carto/tema02/faosoilt.htm> (19 septiembre de 2014).

Vogel, Arthur I. *Química analítica cuantitativa Volumen II*. Buenos Aires, Argentina: Editorial Kapelusz, 1969.



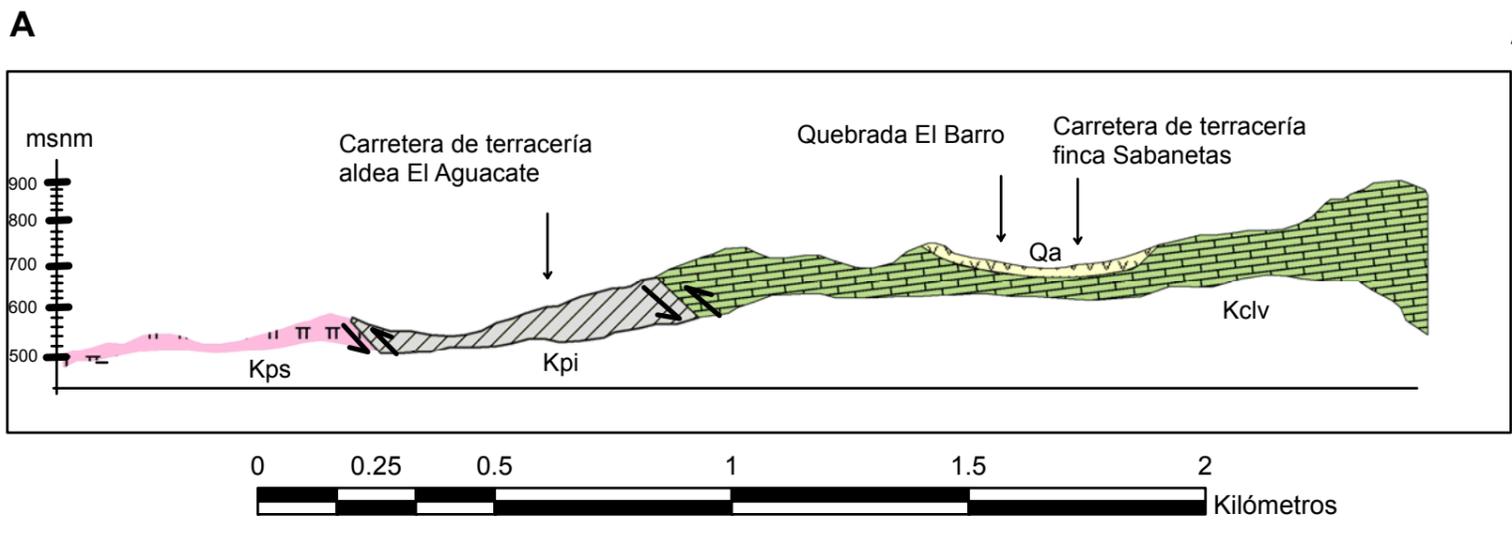
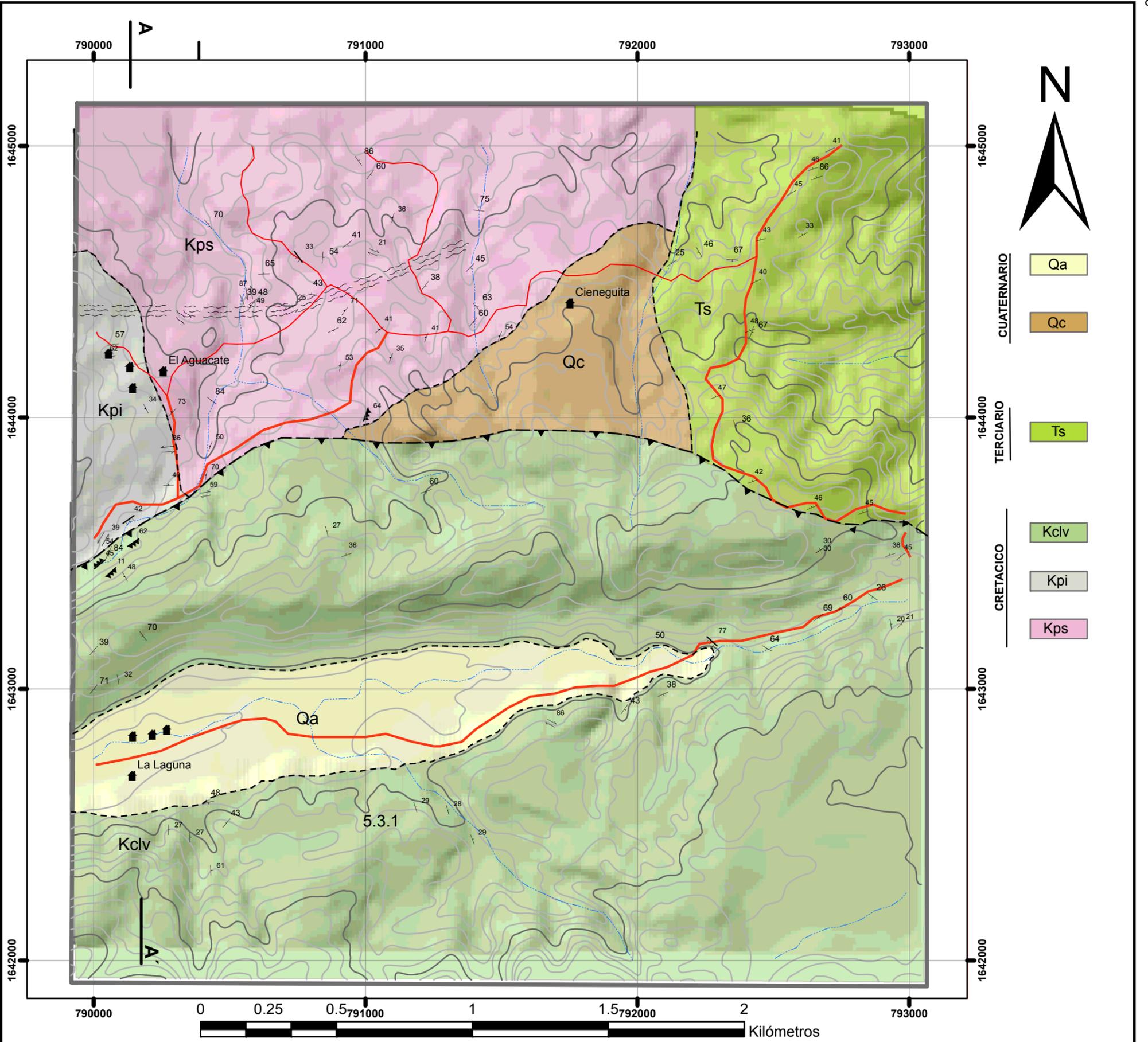
V.B.

Adán García Véliz

Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
BIBLIOTECARIO



ANEXOS

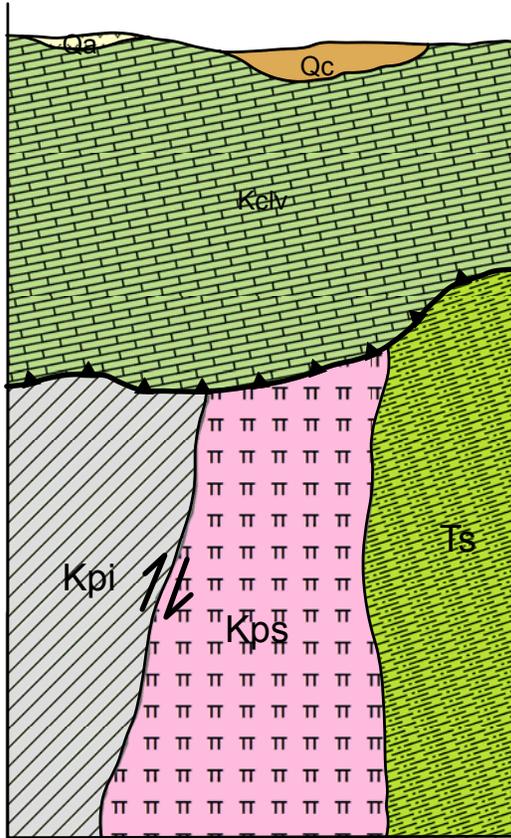


Cubulco 2061 II	Salamá 2161 III	San Jerónimo 2161 II
Granados 2060 I	El Chol 2160 IV	El Progreso 2160 I
San Juan Sacatepéquez 2060 I	San Pedro Ayampuc 2160 II	Sanarate 2160 II

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

Simbología Geológica		Simbología Topográfica	
┆ Fractura	┆ Falla normal	▲ Aldeas	— Vereda
┆ Foliación	┆ Zona de cizalla	— Quebradas	— Carretera de terracería
┆ Estratificación	┆ Contacto Inferido	□ Área de estudio	
┆ Falla sinistral			
┆ Falla dextral			
┆ Falla inversa			

		UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
		CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
		Análisis químico en rocas carbonatadas	
Contiene: MAPA Y PERFIL GEOLÓGICO			
Trabajo realizado por: Sergio Armando Mendoza Villalobos			
Escala Numérica 1: 15 000	Revisado por: Ing. Geol. Osmin Jared Vásquez Hernández	Referencia Espacial: WGS 84 Z 15	ANEXO 1



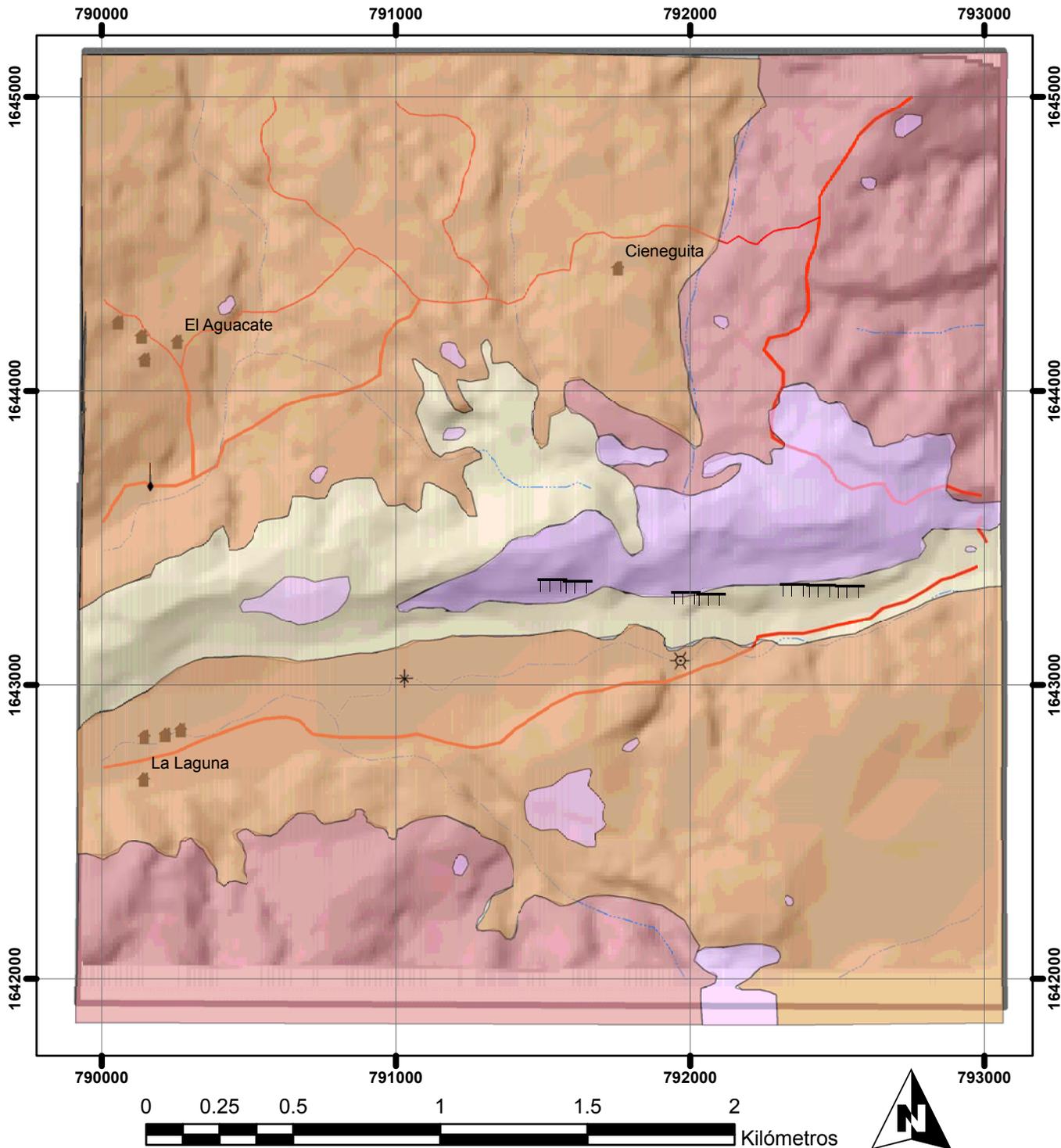
Unidades geológicas

- Aluvión
- Coluvión
- Siliciclásticas
- Caliza
- Pizarra
- Peridotita Serpentinizada

Simbología geológica

- Falla inversa
- Falla inversa

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
	ANÁLISIS QUÍMICO EN CARBONATOS	
Contiene: COLUMNA LITOESTRATIGRÁFICA		
Trabajo realizado por: SERGIO A. MENDOZA VILLALOBOS		
Escala numérica:	Revisado por: Osmín Vásquez Hernández	Referencia espacial:
ANEXO 2		



LEYENDA

Unidades de origen denudacional

- Crestas
- Pendiente suave
- Pendiente moderada
- Pendiente abrupta

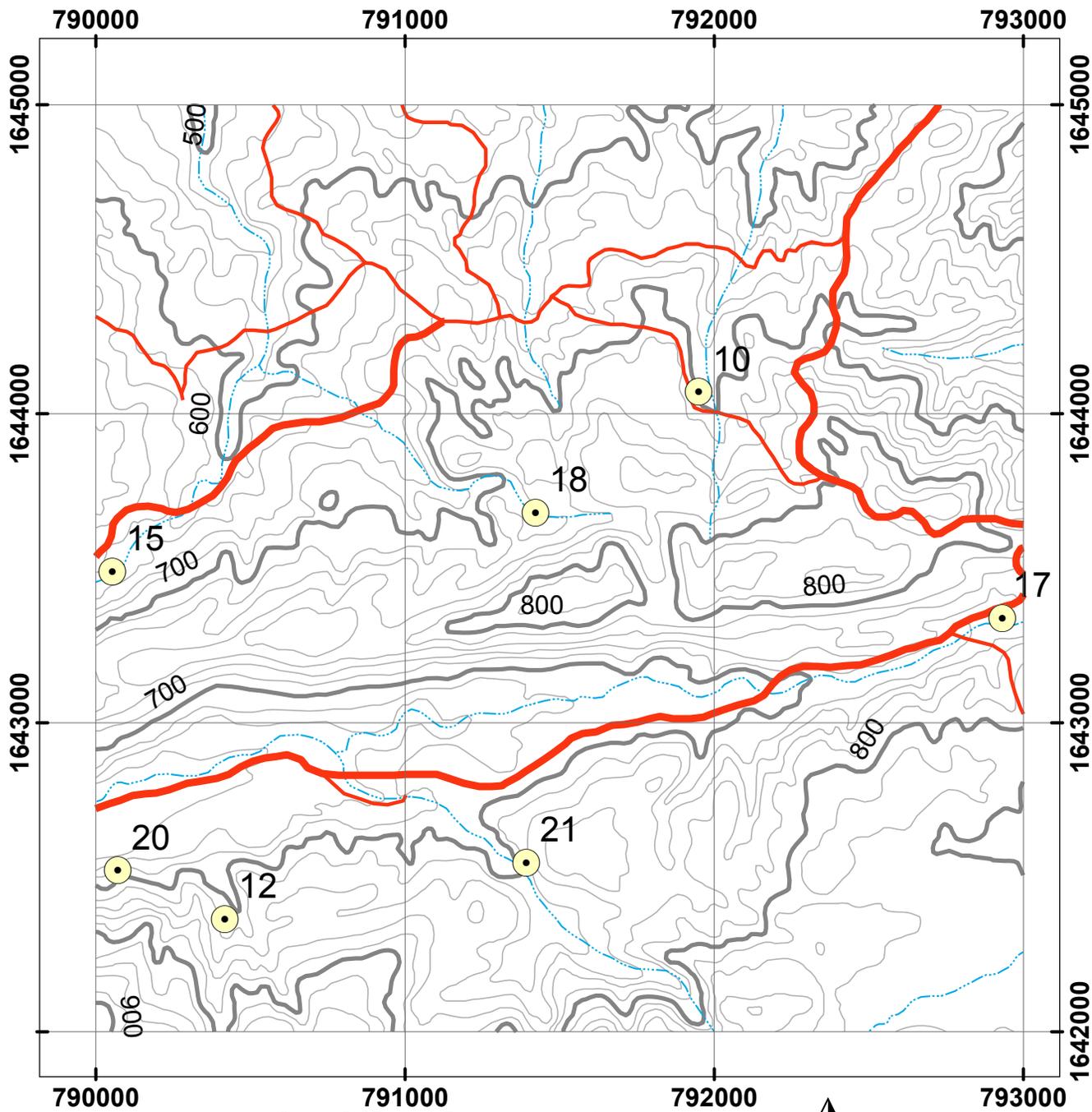
Geoforma

- TTT Escarpe
- ☼ Surco
- * Regueros
- ↓ Deslizamiento

Simbología Topográfica

- 🏠 Aldeas
- Vereda
- ⋯ Quebradas
- Carretera de terracería
- ▭ Área de estudio

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA	
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE	
	ANÁLISIS QUÍMICO EN CARBONATOS	
Contiene: MAPA GEOLÓGICO		
Trabajo realizado por: SERGIO A. MENDOZA VILLALOBOS		ANEXO 3
Escala numérica:	Revisado por:	
1: 20 000	Osmin Vásquez Hernández	
Referencia espacial:		WGS 84



1:20,000



LEYENDA

 Muestras

Simbología Topográfica

-  Veredas
-  Carretera de terracería
-  Quebradas
-  Curvas de nivel

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA		
	CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE		
	ANÁLISIS QUÍMICO EN CARBONATOS		
Contiene:		MAPA DE MUESTRAS	
Trabajo realizado por: SERGIO A. MENDOZA VILLALOBOS			
Escala numérica:	Revisado por:	Referencia espacial:	ANEXO 4
1: 20 000	Osmín Vázquez Hernández	WGS84	

ANEXO 5

Formato para la descripción de muestras

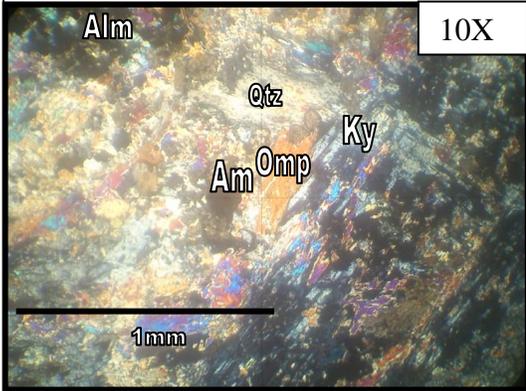
DATOS GENERALES			
No. MUESTRA: MeV _i _24		IDENTIFICACIÓN BASE DE DATOS (DATUM): PR-791-1643-24	
FECHA: 04/10/2014		PROYECTO: TFC	
UBICACIÓN: Sanarate, El Progreso	UTM_Este: 791020	UTM_Norte: 1643420	UTM_Zona: 15N
LOCALIDAD: El Aguacate			
HOJA TOPO/GEO.: 2160V	Nombre: El Chol	Serie: E75V	Escala: 1:50 000
ANÁLISIS Y MUESTREO: Sergio Armando Mendoza Villalobos			

TIPO DE ROCA : Metamorfica
UNIDAD LITODEMICA Y/O ESTRATIGRAFICA: Grupo El Tambor
CLASIFICACION UTILIZADA: Mineralógica y textural

DESCRIPCIÓN DE AFLORAMIENTO						
Tipo de exposición	Afloramiento Natural		Calicata		Corte de carretera	Otros
	In situ	Re-depositado	Código	Profundidad (m)		
		x				
VARIABILIDAD Y/O ARREGLO LITO-ESTRATIGRAFICO: Se localiza únicamente en forma de coluvión por lo que no es posible el realizar una descripción de geología estructural.						
CARACTERIZACION ESTRUCTURAL: B= Buzamiento, DB=Dirección de buzamiento		(B)	(DB – pitch)	OTRAS OBSERVACIONES: (sistemas y/o familias, J1...). (I= inversa, N= normal, R= rumbo (S: sinistral, D: dextral), ID: Inversa dextral, IS: Inversa dextral, ND: Normal dextral, NS: Normal sinistral)		
Estratificación (So)		-	-			
Foliación (S1, S2..etc):		-	-			
Lineaciones:		-	-			
Pliegues:		-	-			
Fallas: (orientación, pitch y tipo)		F1:	-	-	F2: -	
Diaclasas:		No persistente	Persistente	-	-	F3: -
J1		-	-	-	-	
J2		-	-	-	-	
J3		-	-	-	-	
J4		-	-	-	-	
Otras:						
						

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA							
GRADO DE METEORIZACION:	I	II	III	IV	V	VI	COLOR (Munsell): 3/6 2.5 YR Roca Fresca: - Roca alterada: Por meteorización
	x						
TIPO DE CLIVAJE (types of cleavage):	Espaciado (Spaced)					Continuo (Continuous)	
COMPOSICIÓN MINERALÓGICA							
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores		Vol. %	Accesorios	Vol. %	Otros
Granates	40	Anfibol		10			
		Fengita		5			
Onfacita	40	Cianita		3			
		Cuarzo		2			
TEXTURAS: Granoblástica inequigranular							
TIPO DE ALTERACION: Oxidación							
OTROS DATOS:							
							

Otras observaciones complementarias:

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICO						
COMPOSICION MINERAL						MINERALES OPACOS:
Componentes mayores	Vol. %	Componentes menores	Vol. %	Accesorios	Vol. %	
Granates	40	Anfibol	10			
		Fengita	5			
Onfacita	30	Cianita	3			
		Cuarzo	2			
DESCRIPCION CUALITATIVA (QUALITATIVE DESCRIPTION)				FORMA Y TAMAÑO DEL GRANO		
Microtextura: Granoblástica inequigranular Microtexturas de deformación: - - - Microestructuras: Tipo de Alteración: No presenta.				Mineral	Forma	Tamaño (µm)
				Granate	Euedral	0.004
				Onfacita	Subhedral	0.001
				Anfibol, fengita, cianita, cuarzo	Anhedral	>0.001
Geometría e indicadores cinemáticos:				Resultado cinemático:		
Ninguno				Ninguno		
Tipo de metamorfismo: Retrogrado				Grado de Metamorfismo: Alto		
Zona Metamórfica: Esquistos azules/Eclogitas				Roca original (protolito) Basalto/		
CLASIFICACION Y/O NOMBRE DE LA ROCA: Eclogita						
CONTEXTO DEL AFLORAMIENTO				MICROFOTOGRAFIA DE RASGOS TIPICOS EN SECCION DELGADA		
						
				Omp: Onfacita Alm: Almandino Qtz: Cuarzo Ky: Cianita Am: Anfibol		

Otras observaciones complementarias:

ANEXO 6

Análisis cuantitativo

Código de muestra	MeVi_18	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.20	2.00
SiO₂	0.41	4.10
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.46	4.60
CaO	0.60	6.00
MgO	0.08	0.80
CO₂	7.8	78.00
Impurezas	0.05	0.50
TOTAL ANALISIS	9.60	96.00
TOTAL MUESTRA	10.00	100
Error	-0.40	-4.00

Análisis cuantitativo

Código de muestra	MeVi_15	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.87	8.70
SiO₂	0.35	3.50
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.41	4.10
CaO	0.58	5.80
MgO	0.09	0.90
CO₂	7.10	71.00
Impurezas	0.04	0.40
TOTAL ANALISIS	9.44	94.40
TOTAL MUESTRA	10.00	100
Error	-0.56	-5.60

Análisis cuantitativo

Código de muestra	MeVi_12	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.12	7.27
SiO₂	0.34	2.8
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.43	2.2
CaO	0.67	3.33
MgO	0.07	1.13
CO₂	7.80	75.07
Impurezas	0.08	0.33
TOTAL ANALISIS	9.51	92.13
TOTAL MUESTRA	10.00	100
Error	-0.49	-4.9

Análisis cuantitativo

Código de muestra	MeVi_20	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.91	7.27
SiO₂	0.31	2.8
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.45	2.2
CaO	0.53	3.33
MgO	0.09	1.13
CO₂	7.30	75.07
Impurezas	0.05	0.33
TOTAL ANALISIS	9.64	92.13
TOTAL MUESTRA	10.00	100
Error	-0.36	-3.60

Análisis cuantitativo

Código de muestra	MeVi_21	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.72	7.27
SiO₂	0.28	2.8
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.22	2.2
CaO	0.33	3.33
MgO	0.11	1.13
CO₂	7.50	75.07
Impurezas	0.03	0.33
TOTAL ANALISIS	9.21	92.13
TOTAL MUESTRA	10.00	100
Error	-0.79	-7.90

Análisis cuantitativo

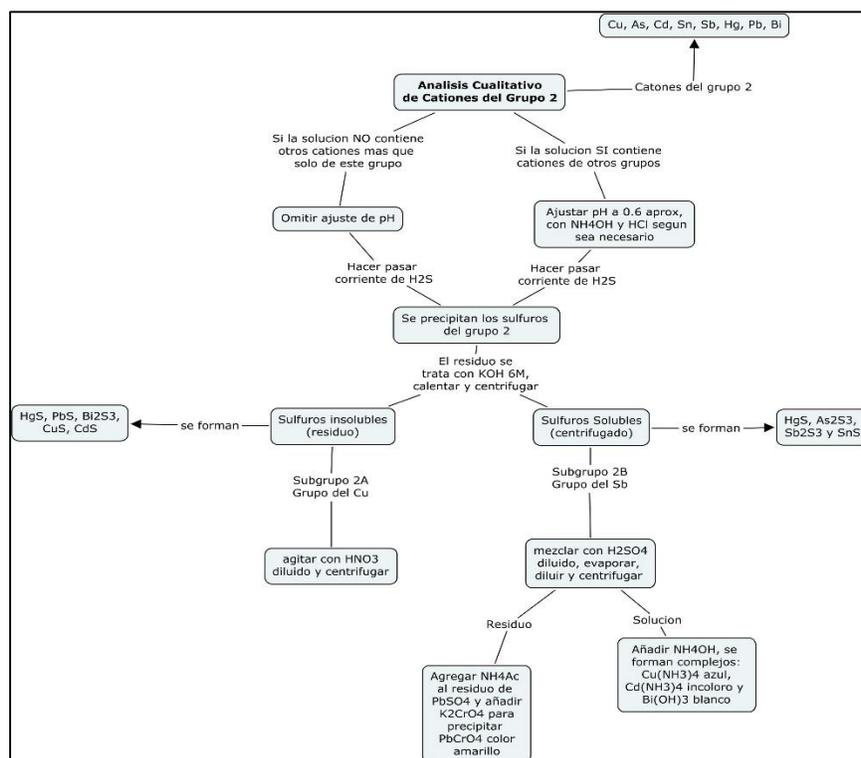
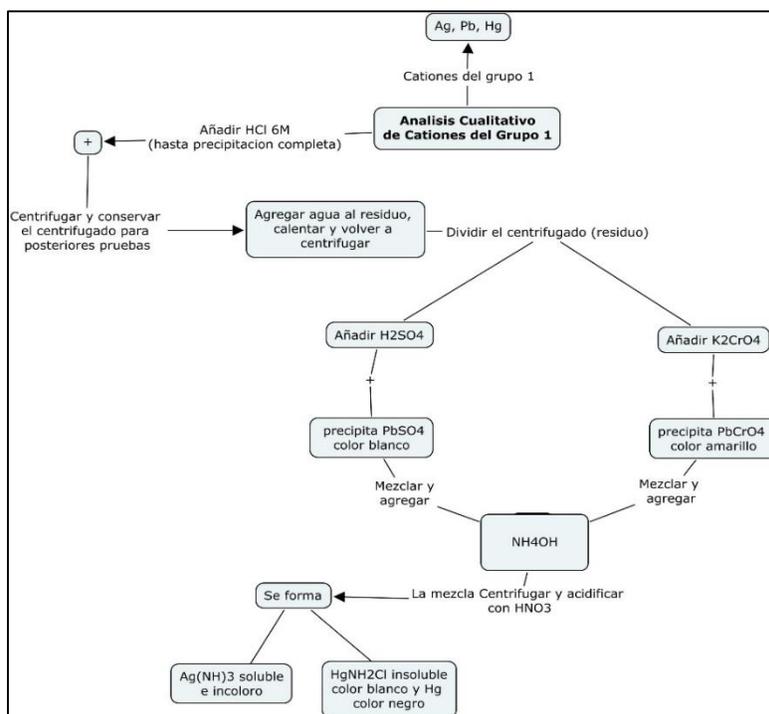
Código de muestra	MeVi_17	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.92	9.2
SiO₂	0.17	1.67
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.12	1.2
CaO	0.26	2.60
MgO	0.08	0.8
CO₂	7.82	78.2
Impurezas	0.02	0.27
TOTAL ANALISIS	9.40	94.00
TOTAL MUESTRA	10	100
Error	-0.60	-6.00

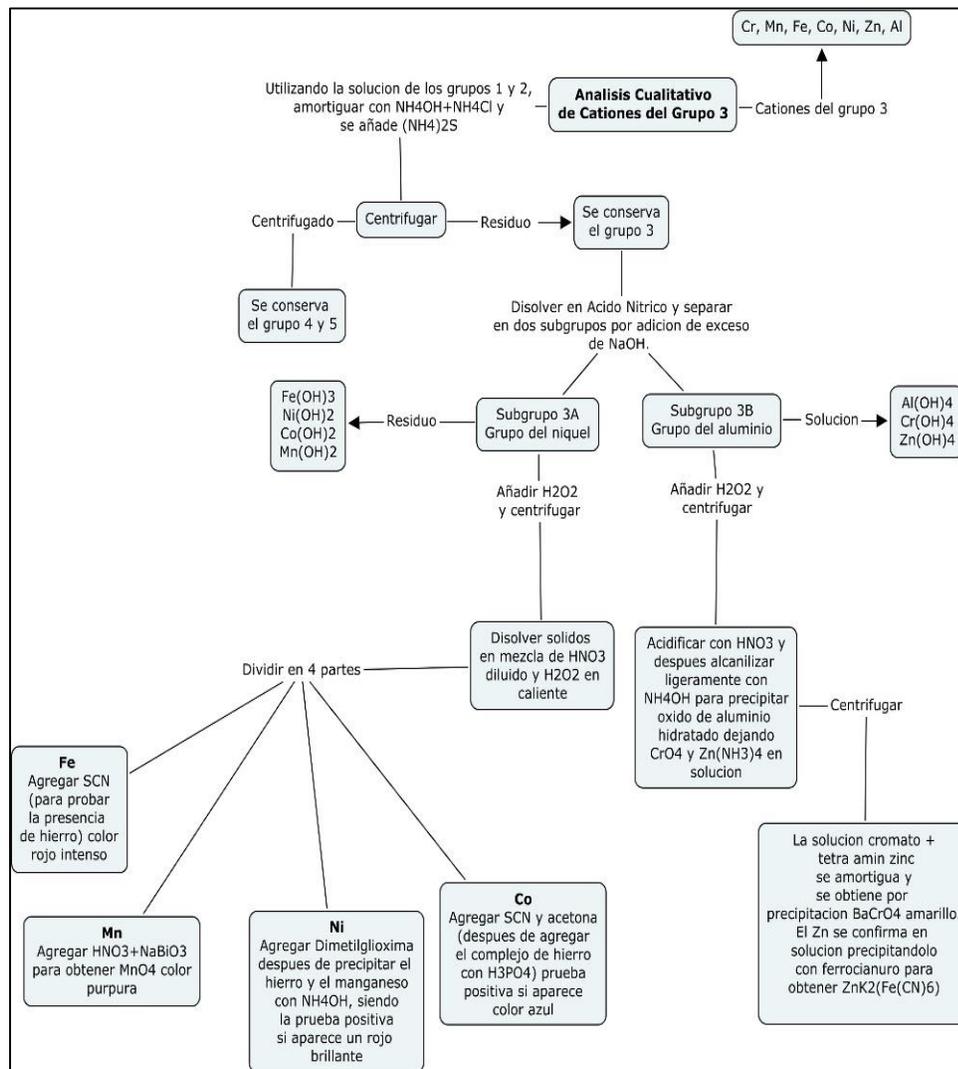
Análisis cuantitativo

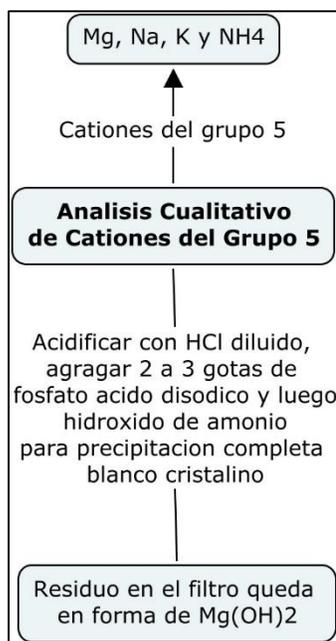
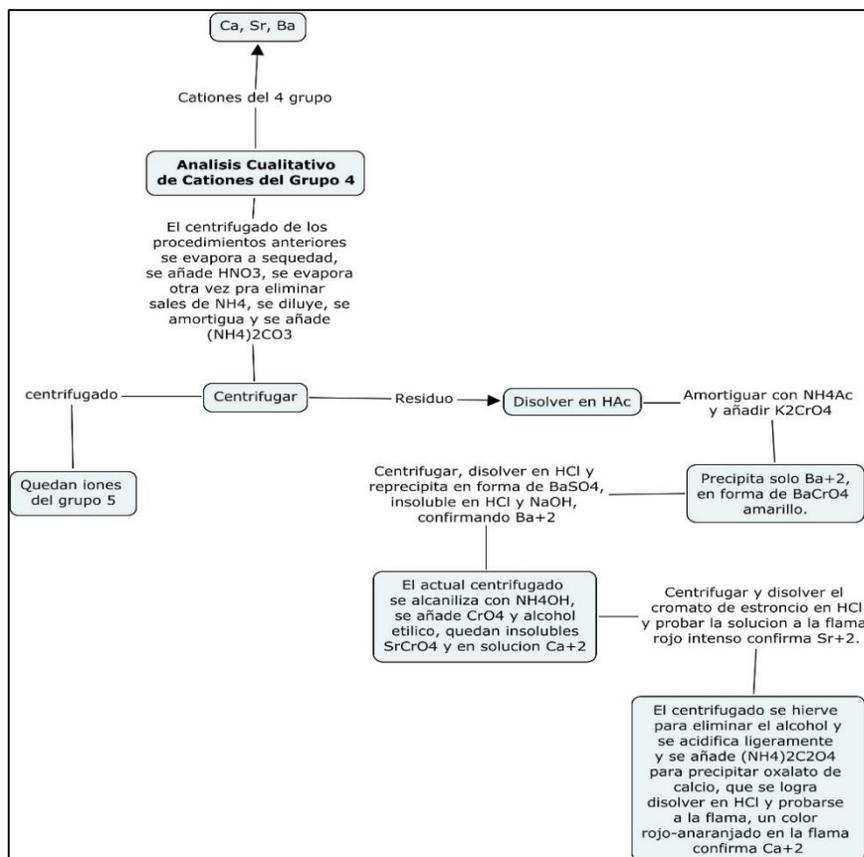
Código de muestra	MeVi_10	
Sustancia obtenida	Peso del residuo en grs.	Porcentaje
Perdida por calcinación	0.14	1.40
SiO₂	0.16	1.60
Fe₂O₃ + Al₂O₃	0.25	2.53
CaO	0.43	4.33
MgO	0.26	2.60
CO₂	7.9	79.00
Impurezas	0.1	1.00
Total análisis	9.24	92.47
Total muestra	10	10
Error	-0.76	-7.53

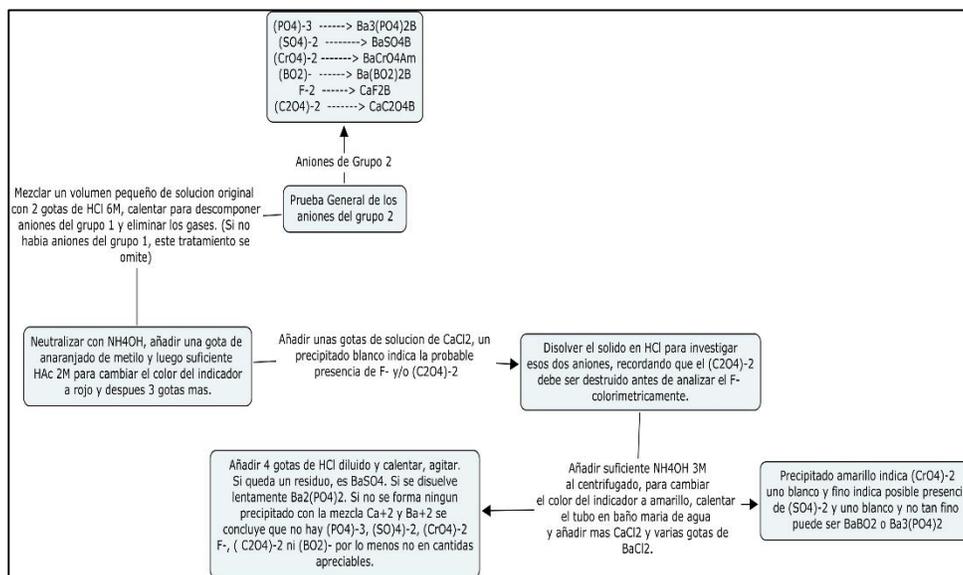
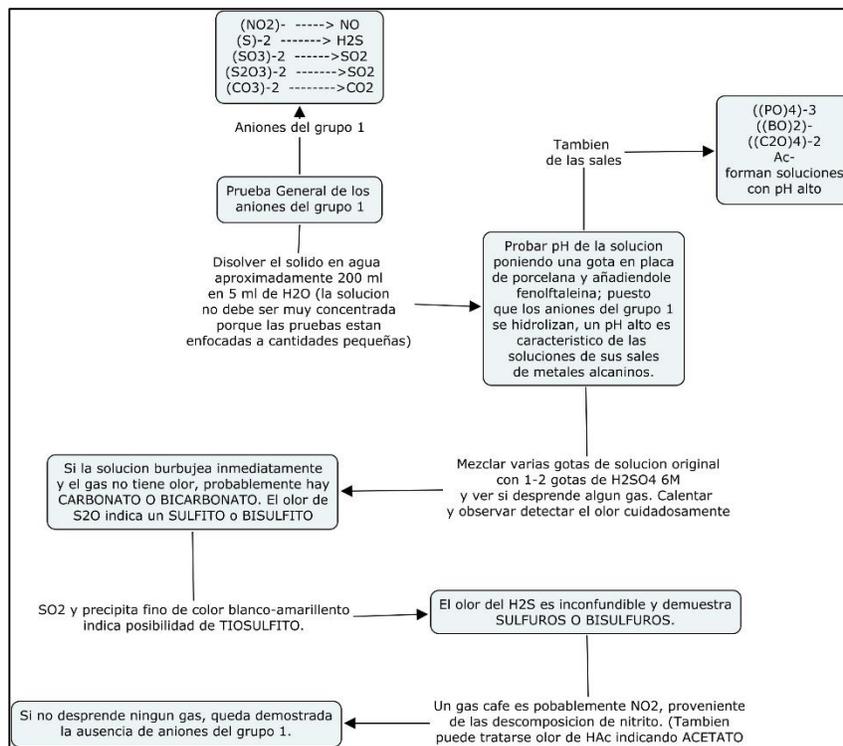
ANEXO 7

ANALISIS CUALITATIVO



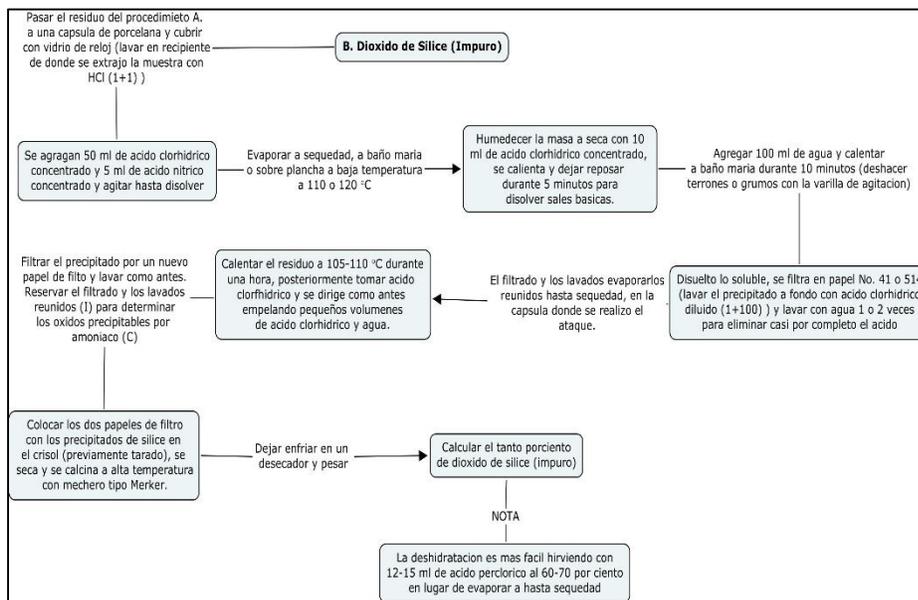
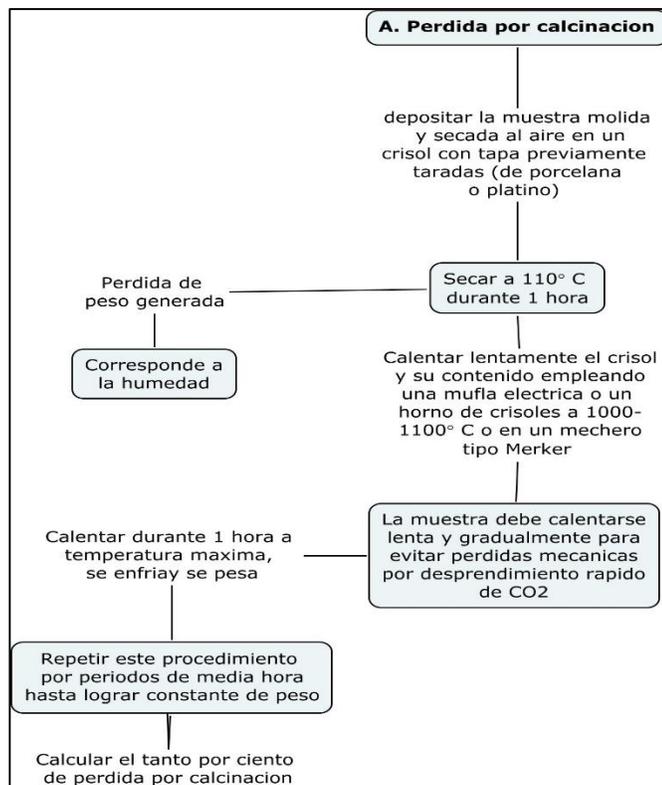


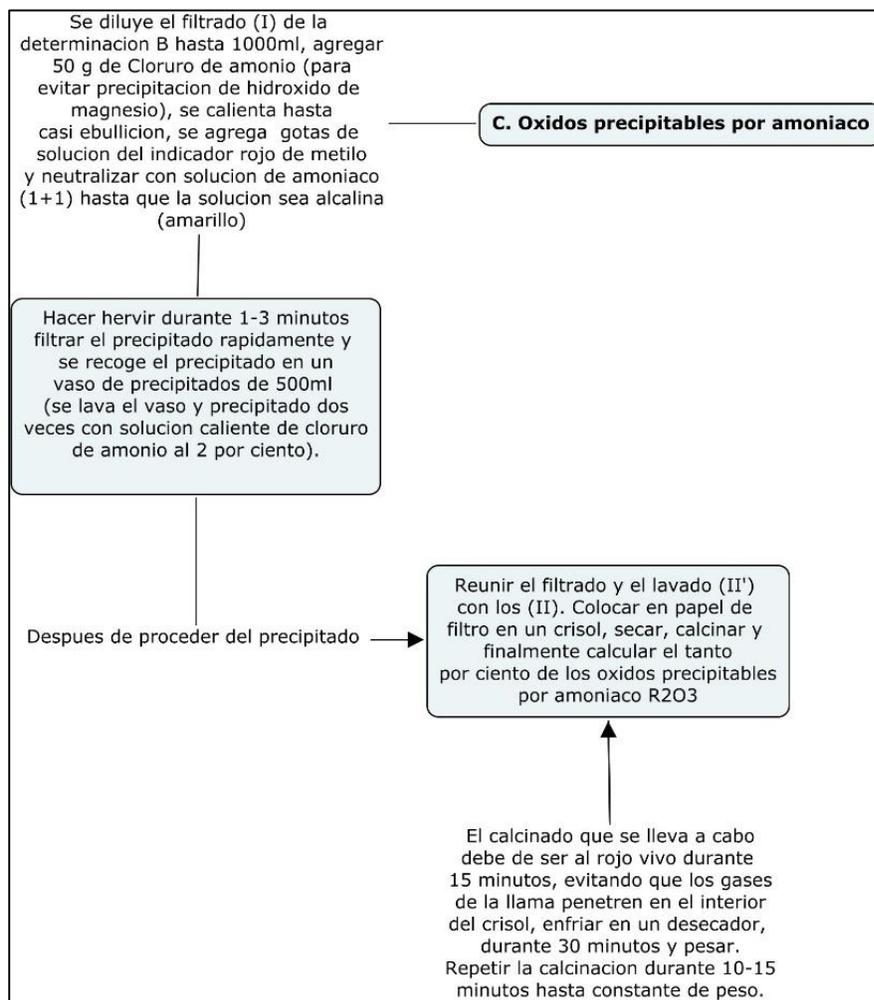


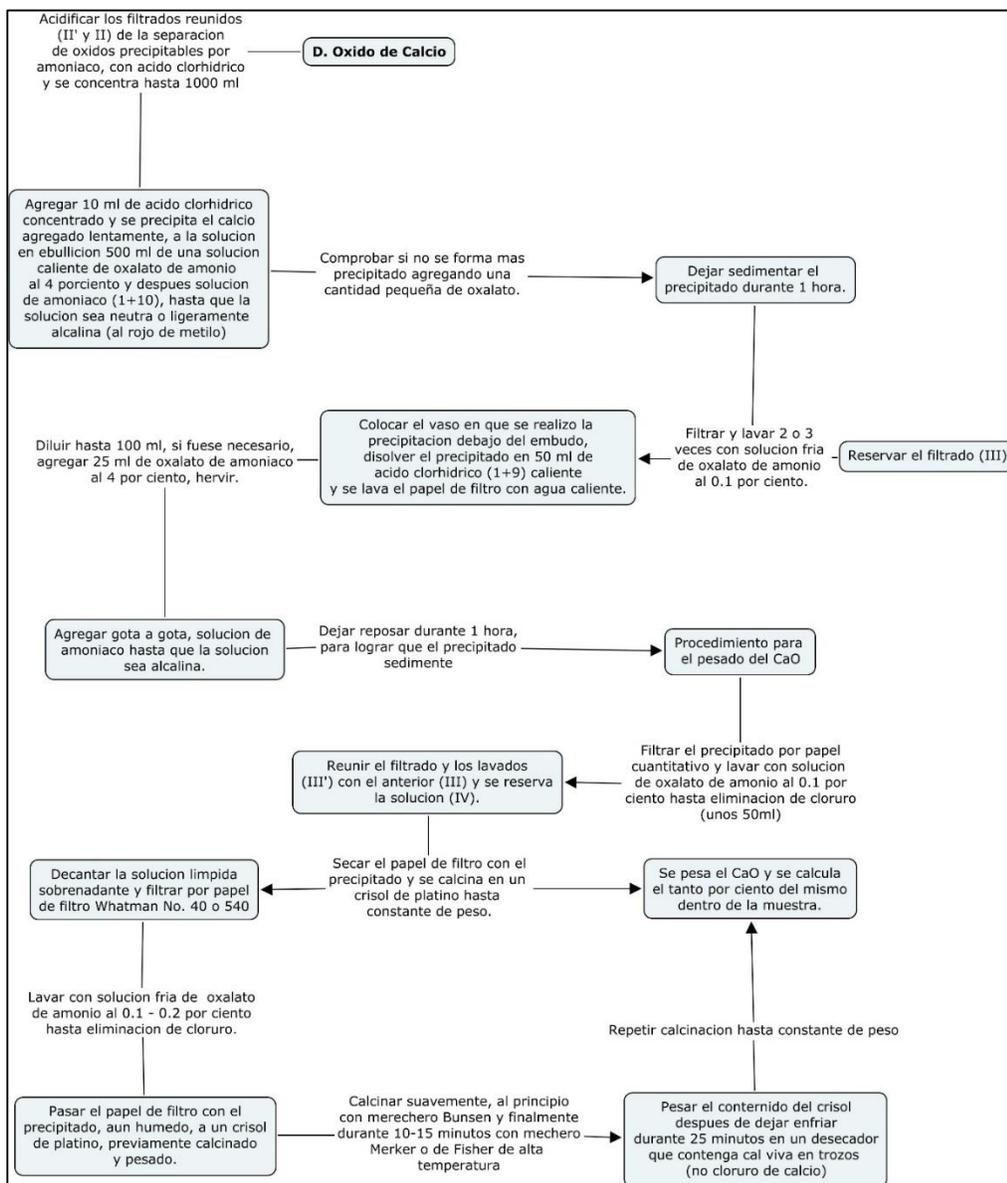


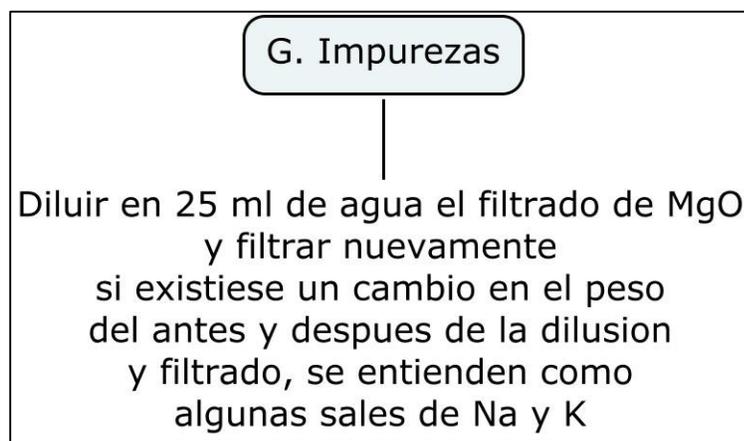
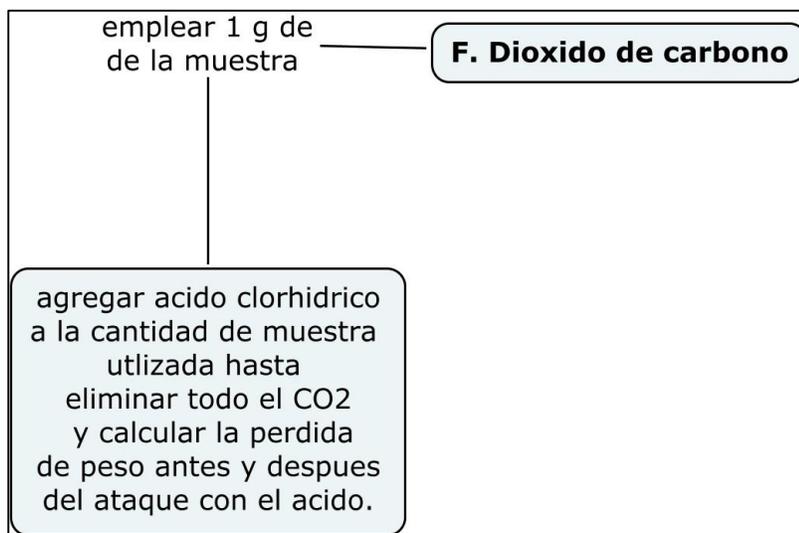
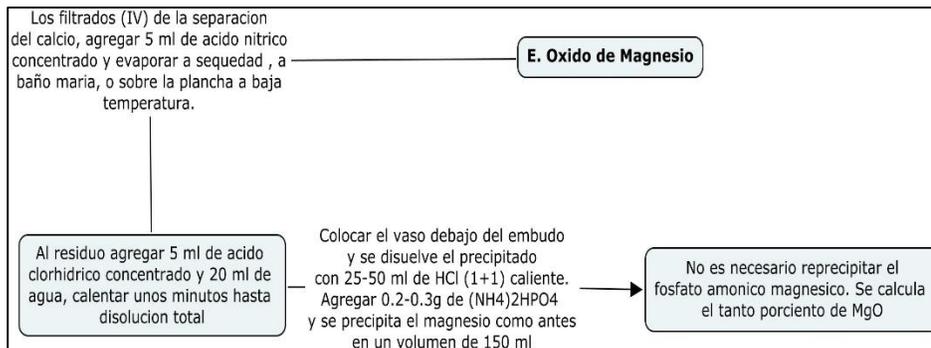
ANEXO 8

ANALISIS CUANTITATIVO











CUNOR | CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Universidad de San Carlos de Guatemala

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

GEOLOGÍA

Al trabajo titulado:

GEOLOGÍA EN BAJA VERAPAZ: DETERMINACIÓN DEL GRADO DE DOLOMITIZACIÓN EN ROCAS CARBONATADAS, EN UN ÁREA DE 9 Km² AL NW DEL MUNICIPIO DE SANARATE, DEPARTAMENTO DE EL PROGRESO

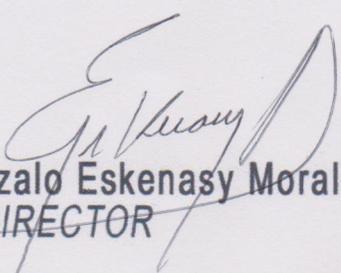
Presentado por el (la) estudiante:

SERGIO ARMANDO MENDOZA VILLALOBOS

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán Alta Verapaz 27 de Julio de 2016


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

