

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN



**ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS
CALCÁREAS DE LA FORMACIÓN COBÁN DENTRO DEL
CUADRÁNGULO COBÁN**

SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2017

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

TRABAJO DE GRADUACIÓN

ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS
CALCÁREAS DE LA FORMACIÓN COBÁN DENTRO DEL
CUADRÁNGULO COBÁN

PRESENTADO AL HONORABLE CONSEJO DIRECTIVO EL
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

POR

SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES
200441567

COMO REQUISITO PREVIO A OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO GEÓLOGO

COBÁN, ALTA VERAPAZ, ABRIL DE 2017

AUTORIDADES UNIVERSITARIAS

RECTOR MAGNÍFICO

Dr. Carlos Guillermo Alvarado Cerezo

CONSEJO DIRECTIVO

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

COORDINADOR ACADÉMICO

Ing. Ind. Francisco David Ruiz Herrera

COORDINADOR DE LA CARRERA

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

COMISIÓN DE TRABAJOS DE GRADUACIÓN

COORDINADOR:	Ing. Geól. Ricardo Enrique Milián de la Cruz
SECRETARIO:	Ing. Geól. Edwin Orlando Yash Asencio
VOCAL:	Inga. Geól. Silvia Friné Cortez Bendfeldt

REVISOR DE REDACCIÓN Y ESTILO

Ing. civil MSc Julio Enrique Reynosa Mejía

REVISOR DE TRABAJO DE GRADUACIÓN

Ing. Geól. Luis Alfonso Laj Hun

ASESOR

Ing. Geól. Sergio David Morán Ical

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



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

Código Postal 16001 – Cobán, Alta Verapaz

PBX: 79 566 600 Ext. 209

Guatemala, C. A.

c. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-273/2016
29 de septiembre de 2016

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **ASESORÍA** del informe final de Trabajo de Graduación del T.U. **GEOL. SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES**, carné n.º **200441567**, titulado: **“ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS CALCÁREAS DE LA FORMACIÓN COBÁN DENTRO DEL CUADRÁNGULO COBÁN”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'S. Morán Ica', written over a horizontal line.

Ing. Geól. Sergio David Morán Ica
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. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-100/2017
29 de marzo de 2017

Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio informo a ustedes que he procedido a la **REVISIÓN** del informe final de Trabajo de Graduación del T.U. **GEÓL. SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES**, carné n.º **200441567**, titulado: **“ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS CALCÁREAS DE LA FORMACIÓN COBÁN DENTRO DEL CUADRÁNGULO COBÁN”**, el cual considero llena los requisitos establecidos para su aprobación, por lo que someto a consideración de ustedes dicho informe.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Geól. Luis Alfonso Laj Hun
Docente Revisor
Carrera Geología
CUNOR - USAC



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. e.: geologiausac@gmail.com

Ref. 15-CG-123/2017
24 de abril de 2017

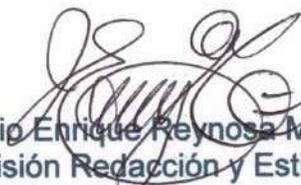
Señores
Comisión Trabajos de Graduación
Carrera Geología
CUNOR

Respetables Señores:

Por este medio remito el informe Final de Trabajo de Graduación a nivel de grado titulado: **“ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS CALCÁREAS DE LA FORMACIÓN COBÁN DENTRO DEL CUADRÁNGULO COBÁN,** realizado por el T.U. **GEÓL. SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES,** carné n.º **200441567,** el cual ya fue revisado por la **COMISIÓN DE REDACCIÓN Y ESTILO** de la Carrera de Geología, quienes consideramos llena los requisitos establecidos para su aprobación.

Atentamente

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”


Ing. Julio Enrique Reynosa Mejía
Comisión Redacción y Estilo
Carrera Geología, CUNOR



c.c. archivo

HONORABLE COMITÉ EXAMINADOR

En cumplimiento a lo establecido por los estatutos de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a consideración de ustedes el trabajo de graduación titulado: **ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS CALCÁREAS DE LA FORMACIÓN COBÁN DENTRO DEL CUADRÁNGULO COBÁN**, como requisito previo a optar al título profesional de Ingeniero Geólogo.



Sergio Alejandro Valdez Paredes
200441567

RESPONSABILIDAD

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

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

ACTO QUE DEDICO A:

Mi abuelita Hilda (+), que desde un inicio siempre estuvo al pendiente de cada paso y hoy comparto este logro con ella.

Mis padres, por su paciencia y estar al pendiente día con día en los avances y culminación de este trabajo de investigación.

AGRADECIMIENTOS A:

Dios, por cada instante de vida y porque todo lo que Él me permite a través de su gracia, es bueno.

Mis padres, Ricardo Arnoldo y Alma Rebeca; por todo el apoyo que me otorgaron.

Mi hermano, Ricardo Ardany; por su apoyo y cariño.

Mi esposa, Anny Kristel; por su dedicación invaluable, apoyo, paciencia y cariño.

La familia Molineros García, por su amistad y palabras de aliento.

Mi asesor, el ingeniero Sergio Morán, por su sincera amistad y por la incondicional ayuda en la elaboración de este trabajo de investigación.

Mis catedráticos, que conformaron parte de mi formación académica y me compartieron sus conocimientos, experiencias y amistad.

ÍNDICE GENERAL

LISTA DE ABREVIATURAS Y SIGLAS	v
RESUMEN	vii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO 1 MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del problema	3
1.2 Justificación	3
1.3 Hipótesis	4
1.3.1 Variables	4
1.4 Antecedentes	4
1.5 Objetivos	7
1.5.1 General	7
1.5.2 Específicos	7
1.6 Ubicación y extensión del área de estudio	8
1.7 Accesos	8
1.8 Marco geológico regional	10
1.8.1 Estratigrafía local	10
a. Formación Tactic	10
b. Formación Chóchal	11
c. Formación Todos Santos	11
d. Formación Cobán	13
e. Formación Campur	15
1.8.2 Geología estructural	15
1.9 Revisión de la literatura	16
1.9.1 Brechas y conglomerados calcáreos	16
1.9.2 Terminología	16
1.9.3 Tipos de brechas calcáreas	18

CAPÍTULO 2 METODOLOGÍA

2.1 Recopilación y análisis bibliográfico	21
2.2 Trabajo de campo	21
2.3 Trabajo de laboratorio	24
2.4 Trabajo de gabinete	26

CAPÍTULO 3 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Formación San Ricardo (JKsr)	28
3.1.1 Litología y distribución	30
3.1.2 Contactos y relaciones de campo	40
3.2 Formación Cobán	42
3.2.1 Miembro inferior (Kco1)	42
a. Brechas calcáreas nivel 1 (Bc1)	44
1) Relaciones de campo	45
2) Clastos	47
3) Matriz	51
b. Caliza con miliólidos	55
c. Brechas calcáreas nivel 2 (Bc2)	57
1) Relaciones de campo	58
2) Clastos	61
3) Matriz	63
d. Caliza y dolomía cristalina	68
3.2.2 Miembro superior (Kco2)	70
a. Brechas calcáreas nivel 3 (Bc3)	70
1) Relaciones de campo	71
2) Clastos	74
3) Matriz	84
3.3 Pseudobrechas	84
3.4 Brechas tectónicas	86
3.5 Discusión de resultados	88
CONCLUSIONES	95
RECOMENDACIONES	97
BIBLIOGRAFÍA	99
ANEXOS	103
1. Características sedimentológicas de las brechas sedimentarias del Cuadrángulo Cobán	105
2. Perfil geológico	107
3. Mapa de niveles de brechas calcáreas	109
4. Mapa geológico	111

ÍNDICE DE FIGURAS

1. Localización del área de investigación	9
2. Redondez y esfericidad de los clastos	25
3. Grados de selección de los clastos	26
4. Columna estratigráfica de la Formación San Ricardo, según Richards	29
5. Columna estratigráfica generalizada de la Formación San Ricardo	30
6. Posible ambiente de formación para las brechas calcáreas nivel 1	90

7.	Posible ambiente de formación para las brechas calcáreas nivel 2	91
8.	Columna estratigráfica generalizada del área de estudio	92
9.	Posible ambiente de formación para las brechas calcáreas nivel 3	94

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

1.	Lodolita, localidad de referencia	31
2.	Lodolita en la carretera rural de la comunidad Chilaxito	32
3.	Estrato del miembro medio de la Formación San Ricardo, localidad Chichén	33
4.	Estrato del miembro medio de la Formación San Ricardo, localidad Chijou	35
5.	Estrato del miembro medio de la Formación San Ricardo, localidad Holanda	36
6.	Estrato del miembro medio de la Formación San Ricardo, localidad Santa Elena	37
7.	Estrato del miembro medio de la Formación San Ricardo, localidad Chajaneb	39
8.	Pliegue de arrastre, Formación San Ricardo, aldea Cojilá	42
9.	Variación macroscópica de las brechas calcáreas nivel 1	50
10.	Variación microscópica de las brechas calcáreas nivel 1	52
11.	Afloramiento del miembro de caliza con miliólidos	56
12.	Detalle microscópico del miembro de caliza con miliólidos	57
13.	Intercalación de: el estrato de calizas con miliólidos y de las brechas calcáreas nivel 2, localidad de Saquijá	58
14.	Intercalación de las brechas calcáreas nivel 2 y el estrato de calizas y dolomías cristalinas	60
15.	Características macroscópicas de las brechas calcáreas nivel 2	62
16.	Detalle microscópico de las brechas calcáreas nivel 2	64
17.	Detalle macro y microscópico de las brechas calcáreas nivel 2	67
18.	Calizas con microfósiles de miliólidos	69
19.	Contacto discordante entre el miembro superior de la Formación Cobán y las brechas calcáreas del nivel 3	73
20.	Variación macroscópica de las brechas calcáreas nivel 3	75
21.	Clastos de las brechas calcáreas del miembro superior de la Formación Cobán	77
22.	Clastos de dolomitización y dedolomitización	83
23.	Pseudobrechas	85
24.	Brechas tectónicas	87

ÍNDICE DE TABLAS

1.	Coordenadas UTM del área de estudio	8
2.	Principales tipos de brechas calcáreas	19
3.	Criterios básicos para la descripción de brechas calcáreas	22

LISTADO DE ABREVIATURAS Y SIGLAS

~:	Aproximadamente
°:	Grados
Bc1:	Brechas calcáreas nivel 1
Bc2:	Brechas calcáreas nivel 2
Bc3:	Brechas calcáreas nivel 3
bi:	Foraminífero bentónico biserial
boul:	Bloque
Bs:	<i>Biloculina sp.</i>
ca:	Calcita
CA:	Ruta Centroamericana
Cam:	Calizas con miliólidos/Caliza y dolomía cristalina
clay:	Arcilla
cobb:	Canto rodado
ct:	Cortoides
dd:	Dedolomitización
de:	Doloesparita
Der:	Derecha
dl:	Dolomita
dm:	Dolomicrita
do:	Dolomitización
E:	Este
es:	Esparita
et. al.:	Y otros
fa:	Fragmentos de algas
fe:	Fragmentos de equinodermos
Fm:	Formación
fr:	Fragmentos de rudistas
grain:	<i>Grainstone</i>
gran:	Granular
int:	Intraclastos
IGN:	Instituto Geográfico Nacional
lzq:	Izquierda
Kco1:	miembro inferior de la Formación Cobán
Kco2:	miembro superior de la Formación Cobán
km:	kilómetro
m:	metro
Mc:	<i>Merlingina cretácea</i>
mc:	Micrita
ml:	Miliólidos

mm:	milímetro
mud:	<i>Mudstone</i>
msnm:	Metros sobre el nivel del mar
N:	Norte
NE:	Noreste
NW:	Noroeste
os:	Ostrácodos
ox:	Oxidación
pack:	<i>Packstone</i>
pebb:	Guijarros
pl:	Pellets
rud:	Rudstone
S:	Sur
SE:	Sureste
silt:	Limo
sp.:	Especie
SW:	Suroeste
un:	Fósiles uniseriales
UTM:	del inglés <i>Universal Transverse Mercator</i>
vc:	Muy grueso
vf:	Muy fino
Vp:	<i>Valvulammina picardi</i>
W:	Oeste
wacke:	<i>Wackestone</i>

RESUMEN

El área de estudio comprende 364 km² del cuadrángulo Cobán, el objetivo principal de la investigación fue la determinación de los niveles brechosos dentro de la Formación Cobán, lo cual permitió realizar una actualización a la hoja geológica de dicho cuadrángulo.

A través del mapeo geológico y el trabajo de laboratorio se encontraron tres niveles brechosos: dos de ellos han sido asignados al miembro inferior de la Formación Cobán y uno al miembro superior.

Las brechas calcáreas del nivel 1, posiblemente tuvieron su origen en una zona peritidal y marina somera; las cuales constituyen la base del miembro superior de la Formación Cobán. Son caóticas, pobremente seleccionadas, con clastos de estratos pertenecientes a la Formación San Ricardo.

Los clastos son muy angulares a subangulares y de baja esfericidad, corresponden a calcarenitas, dolomías oscuras, calizas grises, lutitas, chert y poros móldicos que indican la existencia de evaporitas que se han diluido; algunos de ellos presentan dolomitización y dedolomitización. La matriz es calcárea, ya sea de dolomicrita o doloesparita, muy pocas veces posee cemento.

Estas brechas poseen contactos discordantes y fallados con un nivel superior de caliza, que en algunas partes muestra frecuentes miliólidos y en otras partes es cristalina.

Sobre estas calizas, se encuentran las brechas calcáreas del nivel 2, las cuales poseen un orden granodecreciente, se encuentran moderadamente seleccionadas, son grano soportadas. Los clastos son carbonáticos, subangulares, subredondeados y algunas veces bien redondeados y de baja esfericidad. No poseen matriz y están cementadas por calcita sparry. Se encuentran en intercalaciones con calizas cristalinas.

El miembro superior de la Formación Cobán posee las brechas calcáreas del nivel 3, formadas posiblemente en un ambiente de antearrecife. Son caóticas, moderadamente seleccionadas, grano soportadas, con abundantes clastos fosilíferos, raramente dolomíticos o con dolomitización; son subangulosos, subredondeados y redondeados con baja esfericidad. La matriz corresponde a una textura mudstone con raros fósiles de *Merlingina cretácea*.

INTRODUCCIÓN

La presente investigación corresponde a un análisis estratigráfico de los niveles de brechas calcáreas de la Formación Cobán, la cual aporta una actualización de las unidades litológicas y datos estructurales de la Hoja Geológica 2162 III, correspondiente al cuadrángulo Cobán.

La información acerca de las brechas calcáreas de la Formación Cobán es escasa, Jack Walper y Sam Bonis hacen mención de la existencia de brechas calcáreas en el área de Cobán; Don Blount y Clyde Moore las describen en el cuadrángulo de Chiantla en la Formación Ixcoy. Sin embargo, ninguno de ellos hace referencia a los niveles estratigráficos a los que corresponden estas brechas dentro del cuadrángulo Cobán y en ello radica la importancia de los resultados de esta investigación.

La ubicación estratigráfica de los diferentes niveles brechosos es importante para la determinación de los eventos erosivos intraformacionales de la Formación Cobán. Para el área de estudio se han establecido tres niveles de brechas calcáreas, los cuales fueron identificados por medio de las características sedimentológicas observadas en un análisis macroscópico y microscópico de diversas muestras obtenidas durante el mapeo geológico.

Con base en estas características sedimentológicas se ha determinado que las brechas calcáreas del nivel 1 corresponden a la base del miembro inferior de la Formación Cobán; las brechas calcáreas del nivel 2 se distribuyen en intercalaciones con calizas cristalinas y calizas con miliólidos del miembro inferior,

y las brechas calcáreas del nivel 3 corresponden a clastos fosilíferos del miembro superior de la Formación Cobán.

CAPÍTULO 1

MARCO TEÓRICO

1.1 Planteamiento del problema

Con base en la falta de información sobre los tipos de brechas que se encuentran dentro de la Formación Cobán, se desea analizar e identificar los diferentes tipos de brechas que afloran dentro del cuadrángulo Cobán; así como establecer los procesos que les dieron formación y encontrar el nivel al que pertenecen. Por lo que se plantea lo siguiente:

¿A qué nivel estratigráfico pertenecen las brechas de la Formación Cobán, dentro del cuadrángulo Cobán?

1.2 Justificación

La investigación realizada es un nuevo aporte al conocimiento científico dentro del cuadrángulo geológico Cobán, ya que conlleva a la actualización de los datos litológicos y estructurales del mismo. No se conocen trabajos realizados con respecto a las diferentes brechas calcáreas que afloran en el área de investigación, como tampoco se conocen los niveles estratigráficos a los que corresponden dentro la Formación Cobán.

Los resultados de la investigación ayudan a resolver planteamientos sobre los diferentes eventos intraformacionales que la Formación Cobán ha sufrido dentro del cuadrángulo geológico homónimo.

1.3 Hipótesis

En la Formación Cobán, se ha reportado la existencia de brechas deposicionales, brechas no deposicionales y pseudobrechas. Entre las no deposicionales se encuentran las brechas de colapso de solución evaporítica, las brechas tectónicas y las brechas de caliche.

1.3.1 Variables

a. Dependiente

- 1) Clasificación de brechas

b. Independiente

- 1) Dinámica sedimentológica
- 2) Ambiente de depositación

1.4 Antecedentes

Jack Walper, al realizar la geología del área de Cobán – Purulhá, Alta Verapaz; reporta estratos cretácicos que consisten de delgadas secuencias de calizas, calizas dolomíticas y dolomitas, las cuales son intercaladas con estratos de brechas compuestas por dichos tipos de rocas.

Él propuso dos orígenes para las brechas. Uno es la fragmentación de un lodo en parte consolidado de calcita o dolomita en el fondo del mar, por las olas, movimientos tectónicos, o por algún otro agente, seguida por la recementación de los fragmentos en una matriz de color más claro. En

estos casos la cantidad de fragmentación y la aleatoriedad de la distribución de los fragmentos sería una función de la intensidad de la perturbación.¹

Samuel Bonis, en el año 1967 realizó estudios de reconocimiento geológico en el cinturón plegado del área de Alta Verapaz; él menciona que:

“Las brechas intraformacionales son comunes dentro de la Formación Cobán. La causa de estas es aún especulativa. Su ocurrencia extensa en lechos relativamente imperturbados descarta la actividad tectónica por fallas. Las brechas consisten en fragmentos de dolomita y caliza angulares, pobremente seleccionados, a veces superiores a 30 cm de longitud, en una matriz de dolomita de grano fino. Materiales líticos están ausentes. No existe ningún patrón capaz de mostrar la variación del tamaño o la distribución geográfica de la brecha. La fragmentación pudo haberse dado debido al oleaje en bancos de arrecifes; lo cual es una posible explicación. Considero esto, debido a la completa ausencia de una fauna que tienda a vivir en un ambiente así. *Slumpings* submarinos y deformaciones posiblemente asociadas con fallamientos principales, parecen ser una explicación más plausible”.²

Sin embargo, él no descarta la posibilidad que las brechas sean de origen de colapso y disolución evaporítica, debido a los espesores de evaporitas que se encuentra al norte, dentro de la Formación Cobán. Aun estando ausentes en el área de Cobán, él plantea una completa disolución y recomienda un estudio acerca de los niveles brechosos.

Don Blount y Clyde Moore, mencionan en su trabajo titulado *Depositional and Non Depositional Carbonate Breccias, Chiantla Quadrangule, Guatemala*, que, la mayoría de las brechas se producen dentro de una secuencia masiva de carbonatos de edad cretácica alrededor

¹ Jack L. Walper. *Geology of Cobán – Purulhá área, Alta Verapaz, Guatemala*. (Ciudad de Guatemala: Asociación Americana de geólogos petroleros, 1960), 1295-1296.

² Samuel B. Bonis. *Geologic reconnaissance of the Alta Verapaz fold belt, Guatemala*. (Estados Unidos de América: Universidad estatal de Louisiana, 1967), 86-87.

de 1 500 m de espesor. En dicha investigación los carbonatos están denominados informalmente como caliza Ixcoy, como la definió Termer (1932), pero en otras áreas, se ha subdividido la secuencia de carbonatos (en parte sobre la base de su microfauna) en una Formación Cobán inferior y una Formación Cobán Superior (Vinson, 1962).

La clasificación de las brechas calcáreas utilizada por Don Blount se basa en el origen de las brechas determinadas a partir de relaciones de campo, estratigrafía y análisis petrográfico. La composición genética de las brechas en el área de Chiantla es la siguiente:

1. Brechas deposicionales
2. Brechas no deposicionales
 - a. Brechas de colapso de solución evaporítica
 - b. Brechas tectónicas
 - c. Brechas de caliche
3. 'Pseudobrechas'³

La brecha intraformacional de la parte superior de la Formación Ixcoy, contiene clastos de calizas angulares a subangulares, gris oscuro a negros; contenidos en una matriz de lodo calcáreo amarillento. La estratificación es indistinta. La brecha y los conglomerados disminuyen hacia el techo y hay un aumento en el color gris claro, con intercalaciones de caliza arcillosa de color gris medio.

Al analizar el origen de las brechas, las cuales son distintivas de la sección Cretácica; Walper concluye que algunas son producto de una selectiva dolomitización y deben ser reconocidas como pseudobrechas.

³ Blount, Don y Clyde Moore. *Depositional and Non-Depositional Carbonate Breccias, Chiantla Quadrangle, Guatemala* (Estados Unidos de América: Geological Society of America, 1969), 430-431.

Mientras que otras son el resultado de la fragmentación de partes consolidadas de calizas *mudstone* y deben ser llamadas brechas intraformacionales.⁴

1.5 Objetivos

1.5.1 General

Analizar la estratigrafía de los estratos de brechas pertenecientes a la Formación Cobán, dentro del cuadrángulo Cobán a escala 1: 50 000.

1.5.2 Específicos

- a. Identificar las brechas tanto a nivel de afloramiento como a nivel microscópico para relacionarlas espacialmente dentro del cuadrángulo Cobán
- b. Elaborar una columna estratigráfica que muestre los niveles brechosos en relación a la Formación Cobán y a la Formación Campur
- c. Actualizar el mapa geológico del área de estudio, que muestre la relación espacial que existe entre la Formación Cobán y sus respectivas brechas

⁴ S. M. Millan. *Preliminary stratigraphic lexicon north and central Guatemala* (Newfoundland, Canada: St. Johns, 1979), 46-63.

1.6 Ubicación y extensión del área de ubicación

El área de investigación se encuentra ubicada en la hoja topográfica 2162 III, comprende los municipios de Cobán, San Pedro Carchá y San Juan Chamelco, todos en jurisdicción del departamento de Alta Verapaz. Abarca un total de 364 km², las coordenadas *UTM* del polígono se muestra en la tabla 1.

TABLA 1
COORDENADAS *UTM* DEL ÁREA DE ESTUDIO

VÉRTICE	X	Y
A	769000	1715000
B	795000	1715000
C	795000	1701000
D	769000	1701000

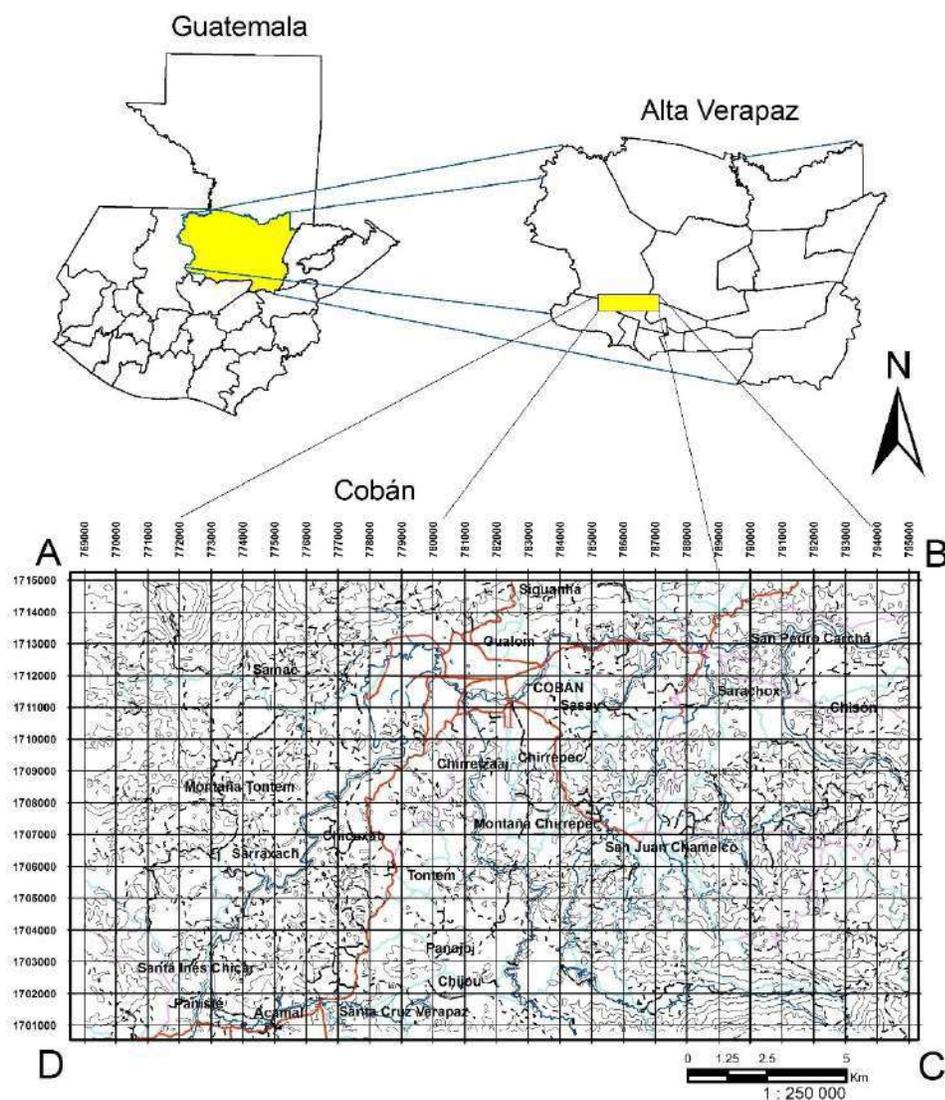
Fuente: Investigación de gabinete. 2014.

En la figura 1 se observa la localización regional y local del área de estudio.

1.7 Accesos

Para llegar al área de investigación desde la ciudad de Guatemala se debe conducir por la carretera CA-9N, se recorren 91,6 km hasta el cruce de El Rancho en el departamento de El Progreso donde se toma la carretera CA-14N para recorrer 131 km y llegar al municipio de Cobán, Alta Verapaz.

FIGURA 1 LOCALIZACIÓN DEL ÁREA DE INVESTIGACIÓN



Fuente: Investigación de gabinete. 2014.

Desde la ciudad de Cobán, se puede acceder al municipio de San Juan Chamelco que se encuentra a 8 km de distancia y el acceso es por una carretera pavimentada, la cual en su trayecto posee diferentes caminos de terracería, los cuales comunican con localidades de dicho municipio que forman parte del área de investigación.

Para el municipio de San Pedro Carchá, existe una distancia de 8 km de carretera pavimentada desde la cabecera departamental. Además, existe una carretera que comunica a los municipios de San Pedro Carchá y San Juan Chamelco, de la que se utilizaron carreteras de terracería, senderos y veredas como vías de acceso para la etapa de campo de esta investigación.

1.8 Marco geológico regional

1.8.1 Estratigrafía local

El cuadrángulo Cobán que incluye el área de estudio comprende formaciones geológicas sedimentarias de edades paleozoicas y mesozoicas. Las formaciones paleozoicas, específicamente de edad pérmica corresponde a la Formación Tactic y la Formación Chochal. Las formaciones mesozoicas incluyen la Formación Todos Santos, Formación Cobán y Formación Campur.

a. Formación Tactic

Pertenece al Grupo Santa Rosa y fue propuesta por Walper en el año 1960. Posee su localidad tipo en la Villa de Tactic, Alta Verapaz.

La formación consiste de lutita café a negra y lodolita con capas locales de cuarcita y dolomita. Localmente las lutitas son filíticas y donde la erosión ha cortado profundamente en la formación, afloran pizarras y metacuarcitas.

De acuerdo a Walper (1960),

“La parte inferior de la formación no es fosilífera y su edad es, por lo tanto, incierta. Fósiles en las capas de caliza de la parte superior de la formación indican una edad Pérmica”.⁵

b. Formación Chóchal

Litológicamente, la Formación Chóchal consiste en dolomita y caliza masiva, estratificadas, formadoras de escarpes, variando de gris-negro a amarillento - medio a gris oscuro en color. Ocurren zonas altamente fosilíferas con abundantes fusulínidos, corales, braquiópodos, gasterópodos, crinoides, esponjas, espinas equinoidales, briozoos y algas.

Intercaladas de lutitas están esparcidas a través de la sección y son más abundantes cerca de la base y cerca del contacto con el Miembro Tuilán, la unidad más superior de la Chóchal. Se sugiere un ambiente de depositación de aguas someras, arrecifales, para la caliza Chóchal.⁶

c. Formación Todos Santos

Definida por Sapper (1894), la localidad tipo de la formación se encuentra en la villa de Todos Santos en los Altos Cuchumatanes, Huehuetenango. Allí, la Formación Todos Santos consiste en arenisca conglomerática, limolita y lutita terrosa roja, con un cuerpo lenticular de estratos de caliza

⁵ Jack L. Walper. *Geology of Cobán – Purulhá área, Alta Verapaz, Guatemala*, 1287 - 1288

⁶ S. M. Millan and Associates. *Preliminary stratigraphic lexicon north and central Guatemala*, 5.

marina presente localmente en la parte superior de la secuencia.

La Formación Todos Santos varía en espesor desde unos pocos metros hasta unos 1 240 m cerca de la Ventosa cerca de la localidad tipo. Richards dividió la Formación Todos Santos en dos miembros: la unidad inferior de conglomerado y la unidad superior limosa y lutítica.

Debe también notarse que Richards separó una Formación superior, la San Ricardo, en la cual su miembro limolita-lutita gradúa transicional y conformablemente.

El miembro superior de la Formación Todos Santos (Formación San Ricardo de Richards) fue depositado en un ambiente marino marginal. Las lutitas, limolitas y areniscas fueron probablemente depositadas en una zona marina turbia, somera, de salinidad intermedia, mientras que las calizas representan una fase de agua más clara de deposición epinerfítica.

En el área de Los Cuchumatanes, la Formación San Ricardo consiste de lutita y limolita con menores interestratos de arenisca, los cuales hacen los 415 m superiores de la Formación Todos Santos. También incluye el Miembro Ventosa que consiste una caliza de 40 m de espesor, gris oscuro, densa, de estratificación laminar y no cuenta con fósiles estratigráficamente utilizables.⁷

⁷ S. M. Millan and Associates. *Preliminary stratigraphic lexicon north and central Guatemala*, 7.

En Ventosa, Huehuetenango, esta unidad consiste en lutita basal de casi 50 m en espesor, de colores rojo, café y verde. A esto sigue una caliza, llamada Miembro Ventosa que es de 40 m en espesor, gris oscuro, densa, sub-litográfica y de estratificación laminar. Arriba del carbonato, existen 240 m de limolitas café rojizo a pardo, argilítica y parcialmente arenosas, cubiertas por 20 m de arenisca gris, de grano medio a grueso; cuarcíticas, de estratificación laminar conteniendo clastos de *chert* del tamaño de guijas y gránulos. Más hacia el este, estas areniscas parecen ampliar su espesor y contienen clastos hasta del tamaño de guijarros. Este miembro clástico es llamado Arenisca Rosario.⁸

En la Sierra de Chiapas ha sido observada, consiste de alternancia de limolitas, dolomías, calizas dolomitizadas y areniscas de grano fino a medio. Page (1921), menciona que algunos estratos presentan ostrácodos, oolitos, pisolitos, algas calcáreas, briozoarios, moluscos, gasterópodos y foraminíferos bentónicos.⁹

d. Formación Cobán

Definida por Sapper (1899) y Vinson (1962), como una serie gruesa de dolomitas y calizas con evaporitas interestratificadas. Los suscritos estudiaron varias secciones de los afloramientos en Los Cuchumatanes del oeste de Guatemala, así como en las áreas de Cobán y Campur en la

⁸ S. M. Millan and Associates. *Preliminary stratigraphic lexicon north and central Guatemala*, 7.

⁹ Mandunjano, Jaime y Mario Vázquez. *Reseña bibliográfica y análisis estratigráfico de la Sierra de Chiapas* (México: Instituto Mexicano del Petróleo, 1996), 27.

parte central del país. Así se ha reconstruido la siguiente secuencia que puede ser mayor a 1 000 m de espesor.

Miembro dolomítico inferior: consiste en casi 500 m de dolomitas oscuras, algunas veces cristalinas, calizas dolomíticas con contenido de niveles de calizas con miliólidos, capas de brechas métricas y pluridecamétricas de origen evaporítico y ocasionalmente algunas listas de calizas chérticas. Se ha encontrado *Choffatella decipiens* en la base de esta formación en la parte norte de la Sierra de Cuchumatanes, asociada a una pieza de Orbitolina.

Miembro de caliza superior: es de aproximadamente 600 m de espesor, está compuesta de lodolita, *wackestone* o *packstone* con algunas listas de dolomitas y brechas, con elementos que pueden llegar a los 20 cm en tamaño. Litológicamente, los elementos de estas brechas son idénticos con la roca caja. En ambos casos, consisten en *wackestones* conteniendo miliólidos, ostrácodos, discórbidos y *Cuneolina* sp., *Nummoloculina heimi*, así como *Pseudorhapydionina chiapanensis*; fueron hallados hacia la base de esta unidad.

La parte superior de este miembro es una caliza de color claro y contiene piezas de rudistas y foraminíferos grandes (*Dicyclina schlumbergeri*, *Pseudorhapydionina* sp. y *Valvulammina picardi*).¹⁰

¹⁰ Erick Fourcade, et. al. *Dating of the Settling and Drowning of the Carbonate Platform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic (Guatemala)*. (Berlín, Alemania: Stuttgart, 1994), 37.

e. Formación Campur

Corresponde a una caliza gris pardo interestratificada con listas delgadas de lutita, limolita y brecha, conglomerado de caliza con contenido de rudistas y foraminíferos: *Stensionia sp.*, *Siderolitos*, *Valvulammina*, *Globotruncana calcarata* y *Globotruncana linneiana* (Vinson, 1962).¹¹

1.8.2 Geología estructural

El Bloque Maya que incluye al cuadrángulo Cobán, constituye el extremo meridional del continente norteamericano y se sitúa al norte del sistema de fallas transcurrentes sinistral de Polochic, Motagua y Jocotán – Chamelecón.¹²

La mayor falla en el área de Cobán - Purulhá es la zona de falla Tactic – Polochic. Esta es una parte de una extensa zona de falla que puede ser trazada por toda Guatemala desde la frontera con México hasta la Costa Caribe, donde aparece alineada con la falla septentrional de la fosa del Caimán. La traza de la falla es muy recta, lo que indica un plano muy vertical o muy escarpado.¹³

¹¹ Erick Fourcade, et. al. *Dating of the Settling and Drowning of the Carbonate Platform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic (Guatemala)*, 38.

¹² Francois Michaud et al., *El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya (Guatemala)*, (Gran Bretaña: Pergamon Press Ltd., 1992), 229.

¹³ Jack L. Walper. *Geology of Cobán – Purulhá área, Alta Verapaz, Guatemala*, 1313.

1.9 Revisión de la literatura

En la investigación se utilizaron diferentes términos que poseen un concepto teórico, los cuales se describen a continuación en base a conceptos ya utilizado por Erick Flügel:

1.9.1 Brechas y conglomerados calcáreos

Las brechas y conglomerados calcáreos son rocas sedimentarias caracterizadas por fragmentos de caliza o dolomita contenidos en una matriz y/o cemento consistente de grano fino. Las brechas son caracterizadas por abundantes clastos angulares (usualmente 50 %), los conglomerados se caracterizan por clastos redondeados, por lo regular del tamaño de las gravas.

El estudio de las brechas y conglomerados requiere de la integración de observaciones de campo y datos de laboratorio. El análisis de microfacies provee un poderoso medio que ayuda a descifrar la proveniencia de los clastos y a entender la relación que existen entre los controles deposicionales y tectónicos sobre los sedimentos reciclados.¹⁴

1.9.2 Terminología

Una variedad de términos es aplicada a las rocas compuestas por clastos de carbonato. La mayoría de los términos reconoce a las rocas para ser interpretadas genéticamente; como por ejemplo las brechas que relatan los eventos sísmicos o las brechas de impacto, causadas por meteoritos.

¹⁴ Erick Flügel. *Microfacies of carbonate rocks* (Alemania: Springer, 2004), 228.

Otros términos se centran en las dimensiones de los clastos, que varían ampliamente:

a. Microbrechas

Contienen clastos carbonatados de milímetros y centímetros de tamaño, se describen a menudo en el marco de las clasificaciones de las calizas al utilizar los términos intra o litoclasto, e indicar rangos de tamaño mediante el uso de términos como: 'calcirudita', 'rudstone' o 'floatstone'. El límite entre una caliza litoclástica y una brecha es artificial, algunos autores proponen un límite de unos 2 mm. Algunas microbrechas son extremadamente diversas con respecto a los tipos de microfacies de los clastos carbonatados.

b. Megabrechas

Son brechas matriz soportadas, gruesas, que contienen bloques angulares individuales de hasta 1 m o más de 100 m de tamaño. Las brechas resultan de los procesos sedimentarios y tectónicos, se desarrollan cuesta abajo por grandes ejes relacionados con el desplazamiento gravitatorio.

c. Brechas intraformacionales

Se forman por procesos sinsedimentarios y consiste de clastos que se cree, se han formado dentro de la cuenca de sedimentación. Los clastos se originan por un retrabajamiento y redeposición penecontemporáneo bastante cerca del sitio de formación.¹⁵

¹⁵Erick Flügel. *Microfacies of carbonate rocks*, 229.

1.9.3 Tipos de brechas calcáreas: origen, clasificación y criterio

Las brechas calcáreas son de diferente origen. La clasificación es esencialmente genética y difiere conceptualmente de las calizas. Los sistemas de clasificación son basados o bien sobre los criterios descriptivos o inferidos a partir de procesos de brechamiento.

El siguiente resumen de los tipos de brechas comunes se basa en las sugerencias de: Norton (1971), Blount y Moore (1969), Keith y Friedman (1977) y Richter y Füchtbauer (1981). Las principales categorías genéticas, incluyen: brechas deposicionales, no deposicionales, tectónicas y diagenéticas; todos éstos tipos de brecha incluyen los conglomerados, difieren en su composición y en el papel de los procesos de transporte.

La tabla 2 resume las características de los diferentes tipos de brechas, ya que muchas son producto de múltiples procesos, los límites de algunas categorías son de transición. La formación de las fisuras que llenan las brechas, por ejemplo, dependen de un marco tectónico, pero las composiciones de las brechas se controlan deposicionalmente.

TABLA 2
PRINCIPALES TIPOS DE BRECHAS CALCÁREAS

Brechas deposicionales: resultan de la deposición del material calcáreo erosionado.	Brecha de flujo de masa: procede del transporte descendente de aguas poco profundas y sedimentos re-inclinados que se mueven por la fuerza de gravedad. Incluye la brecha formada por grandes caídas y deslizamientos, flujos de escombros y corrientes de turbidez.
	Brecha de desprendimientos submarinos: brecha de flujo de masa, formada por la acumulación de fragmentos de roca gruesos y angulares derivados de la caída de un escarpe de acantilado o pendiente rocosa.
	Brecha peritidal y marina somera: formada por la deposición sinsedimentaria de la erosión peritidal, submarial somera, así como de carbonatos subaéreos, a menudo relacionados con eventos de tormenta. La deposición toma lugar en el escenario inter y supratidal, y en la playa.
	Brecha de antearrecife: depositada en la vertiente del mar de arrecifes de alta energía. Consiste de material erosionado de los corales y restos de organismos que viven en el arrecife o en la ladera sumergida.
Brechas no deposicionales	Brechas de caliche: formada por el brechamiento <i>in situ</i> en los climas áridos y semiáridos, controladas por la formación de suelo y conectadas con una extensa meteorización, erosión, disolución y contracción.
	Brechas de colapso o de disolución evaporítica: formada por el colapso de los estratos subsecuentes a la remoción del material soluble dentro de algunos estratos (ej. evaporitas).
Brechas tectónicas	Brechas de fisuras rellenas: formadas dentro de diques submarinos o rellenos de fisuras subaéreas y grietas de karst.
	Brechas internas: formada por la ruptura y la fracturación de carbonatos cerca de la superficie de deposición. Estas brechas son producto de la dilatación de las calizas ligeramente litificadas causada por tectonismo. (ej. Fracturaciones hidráulicas, terremotos). Las brechas internas ocurren en plataformas y pendientes carbonáticas, las cuales fueron brechadas poco después de la deposición y antes de la última litificación.
	Brecha de cizalla: causada por una frágil deformación asociada con un empuje y un deslizamiento.
Brechas diagenéticas	Pseudobrechas: calizas moteadas y dolomías con textura de brecha causada por la recristalización y cementación desigual, posiblemente controlada por la distribución de componentes orgánicos.
	Stylobrecha: brecha en la que los fragmentos están limitados por estilolitos. Causados por la fracturación de rocas carbonáticas, acompañadas por la disolución de presión entre los fragmentos de roca.

Fuente: Microfacies of carbonate rocks, Erick Flügel. 2014.

CAPÍTULO 2

METODOLOGÍA

La metodología se divide en cuatro etapas de trabajo: recopilación de información bibliográfica, trabajo de campo, trabajo de laboratorio y el trabajo de gabinete.

2.1 Recopilación y análisis bibliográfico

Esta etapa consistió en recabar toda la información acerca de los trabajos realizados con anterioridad por otros autores, relacionados al tema de investigación, esta búsqueda conforma los antecedentes, la ubicación del área de estudio por medio de la hoja topográfica 2162 III, la cual ayudó a determinar los accesos y poblados cercanos al área de investigación.

2.2 Trabajo de campo

Consistió en realizar diferentes recorridos al área de investigación, previa una etapa de reconocimiento. Después de ello se continuó con el mapeo geológico superficial, el cual se realizó a escala 1: 50 000, donde se hizo énfasis únicamente a las brechas calcáreas.

Se evaluaron aspectos que conforman la dinámica sedimentológica tales como: la textura, matriz, clastos y contenido fosilífero de la roca. Según estas características sedimentológicas se extrajeron las muestras de mano y se trató de identificar el tipo de brechas, a nivel macroscópico.

Los criterios básicos pertinentes para el análisis de las microfacies de brechas calcáreas, incluyen aspectos como: las relaciones de campo, clastos, matriz y fósiles. La tabla 3, resume como se deben evaluar las brechas calcáreas en el campo, además de los criterios básicos de análisis.

TABLA 3
CRITERIOS BÁSICOS PARA LA DESCRIPCIÓN DE LAS
BRECHAS CALCÁREAS

Relaciones de campo	<p>Geometría, espesor y extensión lateral: la geometría como extensión local o regional de los cuerpos de brecha es crucial para el entendimiento de la génesis de la misma. Brechas marinas poco profundas y conglomerados carbonáticos son caracterizados por: capas individuales por lo general de unos decímetros de espesor, capas discontinuas que se presentan como lentes de unos cuantos metros a una extensión lateral de muchas decenas de kilómetros. Las brechas de flujo pueden extenderse lateralmente varios centenares de metros a decenas de kilómetros.</p> <p>Estratificación, gradación y estructuras sedimentarias: las brechas pueden ser estratificadas o masivas. La estratificación debe ser descrita en términos de distinción, dimensión y estructuras sedimentarias.</p> <p>Límites y relaciones con rocas adyacentes: La interpretación genética de las brechas necesita datos concernientes de los límites de la base y el techo y de las relaciones con las rocas adyacentes y subyacentes. Los contactos inferiores pueden ser erosivos y agudos, graduales o pasar dentro de las fracturas y fisuras. Las brechas que se forman por deslizamiento y caída a menudo exhiben múltiples fases de brechamiento y gradación inversa de los clastos.</p> <p>Diferencias en el color de los clastos y la matriz: El color de los clastos y de la matriz de grano fino es importante en el reconocimiento del origen del material dentro o fuera de la cuenca.</p>
Clastos	<p>Composición litológica: Ésta se diferencia en cuanto a (a) homogeneidad o diferencias en la litología (brechas monomícticas o polimícticas, brechas carbonáticas puras, brechas litológicas mixtas) y (b) la proporción cuantitativa de las diferentes litologías. Generalmente la litología se describe en el campo, pero debe ser evaluada en las secciones delgadas. El análisis composicional de los clastos proporciona información clave sobre (a) si la fuente es dentro o fuera de la cuenca, (b) los controles ambientales en el área de proveniencia, (c) múltiple redeposición, (d) formación deposicional o no deposicional de las brechas y (e) los sitios de formación de la brecha (terrestre, margen marino o marino).</p> <p>Fábrica: Es caracterizada por ser matriz soportada o clasto soportada. La brecha matriz soportada exhibe clastos que flotan dentro de una matriz de grano fino. Una brecha clasto soportada consiste de clastos soportándose el uno con el otro. Esta diferencia se asemeja a la distinción entre <i>mudstone</i> y <i>grainstone</i> utilizados para caracterizar estructuras deposicionales de las calizas (Dunham, 1962), pero no debe ser considerado estrictamente genético ya que las fábricas matriz y grano soportadas son causadas por los procesos deposicionales al igual que procesos no deposicionales.</p> <p>Tamaño y clasificación: El tamaño de los clastos es altamente variable. Los clastos pueden ir desde el tamaño de una arenita hasta el tamaño de una roca.</p> <p>Forma de los clastos carbonatados: Puede variar desde marcadamente angular a más o menos redondeada, la forma puede ser isométrica, laminar o tabular. Muchos guijarros de conglomerados exhiben incrustaciones biogénicas que indican interrupciones y descansos durante los procesos de transporte.</p>

	<p>Redondez: Por definición los clastos de la brecha son angulares, pero las brechas calcáreas muestran todas las transiciones posibles, desde los predominantemente angulares a varios clastos redondeados; los cuales se determinan con la ayuda de tablas de comparación que consideran la redondez y la forma o como el porcentaje de clastos con al menos un borde redondeado. La redondez puede incrementarse con el transporte o por el múltiple retrabajamiento de estratos de brecha. La redondez de un fragmento de roca calcárea no es necesariamente producto de una abrasión durante el transporte, ya que también puede ser causado por una disolución parcial o por procesos de reemplazamiento después de la deposición. En adición, las incrustaciones orgánicas pueden modificar la forma de los clastos y transformar los fragmentos angulares en bordes redondeados.</p> <p>Orientación: Puede estar ausente o paralela a la estratificación o esfuerzo, y crece o decrece paralela a la dirección de transporte. La orientación de las brechas calcáreas marinas someras a veces es causada por la compactación. La deposición controlada por la corriente se manifiesta por la imbricación de clastos y el relleno parcial de espacios entre los clastos con arena después de la deposición; sin embargo, debe tomarse en cuenta que la pseudo-imbricación también se produce en la estratificación cruzada a gran escala.</p> <p>Fracturación o vetas de los clastos: Ocurren antes, durante o después de brechamiento. Las fracturas y las vetas dentro de los clastos de muchas brechas de flujos de masa y de arrecifes son anteriores a la fracturación y veteado, mientras que la fracturación durante el brechamiento es común en las brechas de caliche y de disolución. Las brechas internas y brechas de cizalla presentan generaciones superpuestas y abundantes de fracturas y vetas post-brechamiento. Las brechas internas a menudo muestran fracturas rellenas de calcita. Las microfracturas deben ser descritas por su abundancia, orientación, tamaño y relleno.</p> <p>Límites clasto/matriz: La mayoría de los límites son marcados, excepto en las pseudobrechas diagenéticas y las brechas de disolución evaporítica o de colapso, que pueden exponer márgenes de reemplazo irregulares.</p> <p>Microfacies: El muestreo para los estudios de microfacies de los clastos debe considerar el tamaño, la redondez y la forma, el empaquetamiento de los clastos, así como las notables estructuras sedimentarias. Los clastos calcáreos de las brechas y los conglomerados son clasificados de acuerdo a la textura deposicional, composición y contenido fosilífero. La frecuencia y el tamaño de los clastos dan alguna indicación de la proximidad o distanciamiento del área de origen. Una comparación de los tipos de microfacies estándar de los clastos de la brecha, con los modelos regionales pueden proporcionar pistas de la zona de procedencia.</p>
Matriz	<p>Abundancia de la matriz y proporción clasto/matriz: La matriz puede ser abundante, escasa, incluso puede faltar debido a la disolución diagenética.</p> <p>Composición de la matriz: La matriz de las brechas calcáreas consiste de sedimentos o de detritus de roca formado por la destrucción y desgaste de la roca. Los criterios descriptivos para la matriz sedimentaria son color, mineralogía, uniformidad, textura y pequeñas estructuras sedimentarias a escala. La matriz de grano fino es representada por (a) sedimentos depositados entre clastos coetáneamente con la deposición de los clastos (b) relleno de sedimentos después de la deposición de los clastos (c) la matriz residual de estratos que se han visto afectados por la disolución o (d) detritus erosivos finos que constan de los residuos de la roca. El objetivo principal del estudio de la composición de la matriz es averiguar si los clastos y la matriz son diferentes en relación con el ambiente y el momento de la formación de la brecha.</p>
Fósiles	<p>Los fósiles que ocurren dentro de la matriz y en los clastos son los principales criterios de: (a) la reconstrucción de ambientes y modelos de facies en las zonas de origen de las brechas y los conglomerados (b) evaluación de la edad y el momento de la formación de las brechas y conglomerados.</p>

Fuente: Microfacies of carbonate rocks, Erick Flügel. 2014.

2.3 Trabajo de laboratorio

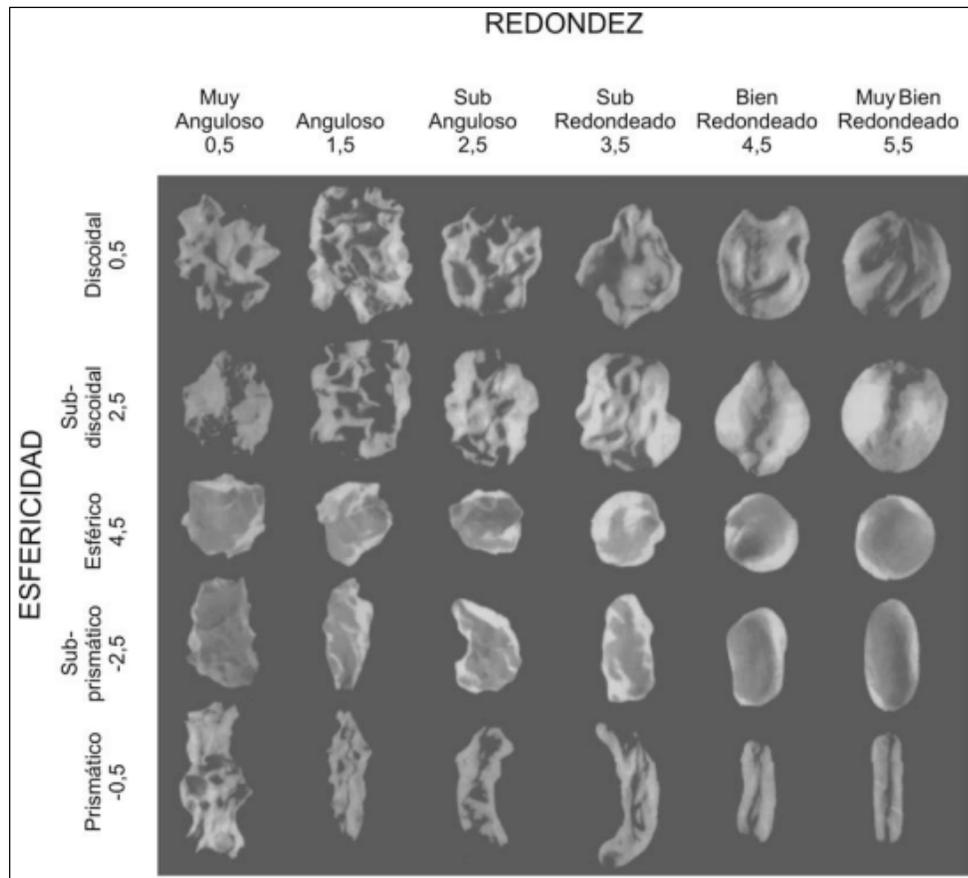
Se realizó un análisis macroscópico de las muestras obtenidas en la etapa anterior. El análisis microscópico se realizó a través de secciones delgadas. Se evaluaron aspectos como: textura, matriz, clastos y contenido fosilífero (dichos aspectos ya fueron incluidos en la tabla 3), para el análisis de los clastos se utilizó un criterio morfométrico, la metodología consiste en lo siguiente:

La forma de las partículas de sedimento puede proporcionar información sobre el tipo y la duración de transporte. Esto es, en particular para clastos y granos de arena silíceo. Las partículas se pueden describir por la forma, redondez y textura superficial. La forma general de la partícula se define generalmente por el alargamiento, angulosidad, esfericidad o redondez.

Los dos últimos aspectos, son los más utilizados y se definen de la siguiente manera; esfericidad: la aproximación de la forma a una esfera; redondez: un cambio en la forma, con aumento de la pérdida de las esquinas agudas y los bordes de la partícula.¹⁶ Dichos aspectos se evalúan en base a la figura 2.

¹⁶Erick Flügel. *Microfacies analysis of limestones*. 208-209.

FIGURA 2
REDONDEZ Y ESFERICIDAD DE LOS CLASTOS



Fuente: Powers, 1982. 2014.

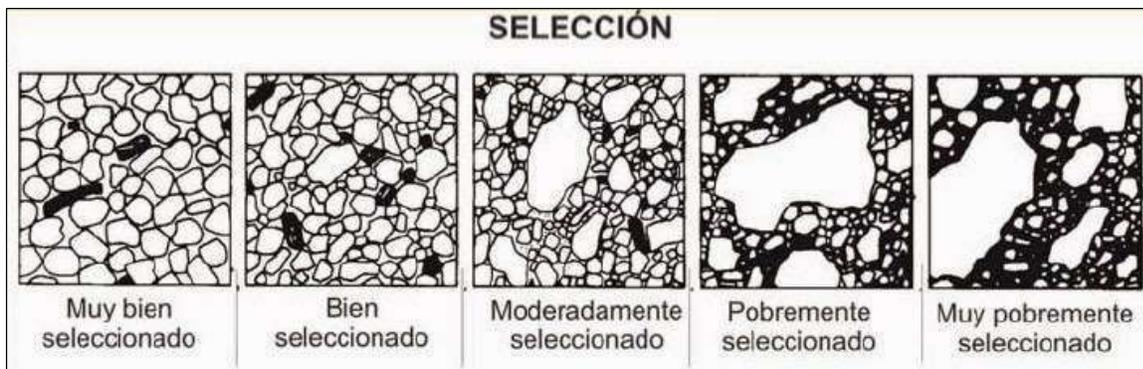
El aspecto de la selección de los granos es una propiedad que describe la variabilidad del tamaño de los clastos. Aquellas rocas que muestran solo una clase granulométrica bien definida, si el tamaño de todas las partículas es similar, se dicen bien seleccionadas. Por oposición, aquellas en que sus constituyentes presentan una gran diversidad de tamaños se denominan mal seleccionadas.¹⁷ La figura 3 muestra los grados de selección de los clastos.

¹⁷Erick Flügel. *Microfacies analysis of limestones*, 208-209.

2.4 Trabajo de gabinete

En él se analizó e interpretó la información recabada en el campo y en el laboratorio. En esta fase se realizaron los mapas geológicos que muestran la relación espacial y lateral de los niveles brechosos de la Formación Cobán.

FIGURA 3
GRADOS DE SELECCIÓN DE LOS CLASTOS



Fuente: Compton, 1962. 2014.

CAPÍTULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

La hoja geológica 2162 III G se ha utilizado como mapa base para establecer de mejor manera los contactos geológicos entre las formaciones de dicho cuadrángulo. Durante la etapa de trabajo de campo se observó la estratigrafía del área de estudio, la cual se encuentra comprendida por formaciones geológicas de edades: pérmica, jurásica y cretácica e incluyen depósitos cuaternarios.

El basamento pertenece a las formaciones pérmicas Tactic y Chochal, las cuales se encuentran al sur del área de estudio y corresponden a calizas, dolomías y algunas lutitas. Se ha considerado la primera caracterización de la Formación San Ricardo, para el cuadrángulo Cobán; esto para las lodolitas, calizas y limolitas que afloran en diferentes localidades de la parte central hacia el sur del cuadrángulo.

Dicha formación se observó a través de su miembro inferior y medio. El miembro inferior se encuentra representado por lodolitas; el miembro medio está representado de la base al techo por calizas intercaladas con lutitas verdes, calcarenitas con bivalvos, tempestitas con fragmentos de bivalvos, calizas intercaladas con lutitas y calizas con oolitos.

Se encontraron brechas calcáreas sinsedimentarias, las cuales tienen su aporte de lo que Richards (1963) denomina la Formación San Ricardo. Esto fue determinado con base en las relaciones estratigráficas y las características de los estratos calcáreos que, en muchas descripciones realizadas por éste autor,

coinciden con lo observado en la parte sur del área de estudio. Estas brechas corresponden a un primer nivel encontrado en el área de estudio y actúan como base del miembro inferior de la Formación Cobán.

La Formación Cobán también posee una nueva relación espacial en el mapa geológico que en este trabajo se presenta. Se propone que el miembro inferior se encuentra conformado por intercalaciones de brechas sinsedimentarias y calizas con raras dolomías. El miembro superior está comprendido por calizas bastante fosilíferas divididas por un estrato de brechas sinsedimentarias con clastos y matriz fosilíferos. Las características de las tres formaciones geológicas son descritas con mayor detalle a continuación.

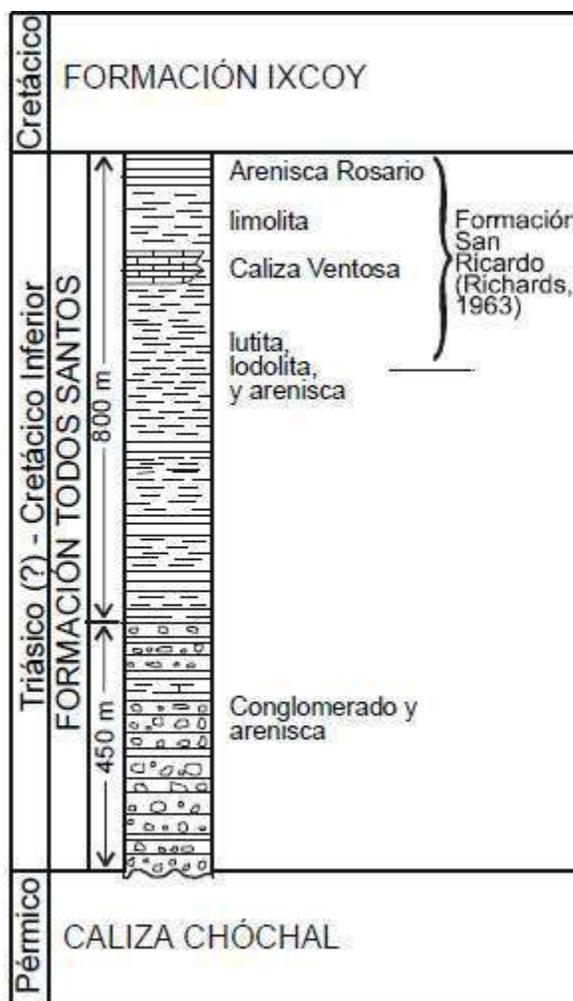
3.1. Formación San Ricardo (JKsr)

Según Richards (1963) el nombre San Ricardo, es propuesto para clastos marinos y carbonatos que corresponden a la parte superior de la Formación Todos Santos. En la sección tipo del área de Chiapas, la Formación San Ricardo fue dividida en tres unidades: una inferior de lutita, una media de caliza y una superior de arenisca, tal como se muestra en la figura 4.

Richards menciona que la lutita es parda a verde y gris con intercalaciones de lodolita parda clara, dura, laminar a bandeada. La Unidad de Caliza referido por el mismo autor como La Ventosa o Palo Grande tiene un espesor cercano a los 110 m, es pardo claro a gris, denso, bioclástico, argílico de estratificación bandeada a lajosa con intercalaciones de marga blanca y suave. Page (1921) menciona que algunos estratos poseen ostrácodos, oolitos y foraminíferos bentónicos. En la figura 4 se observa un estrato de limolita antes de llegar a la arenisca Rosario.

Por último, la arenisca de grano medio a grueso, de pobre clasificación y clastos de cuarzo de tamaño granular. Según Richards, la edad de esta formación y de acuerdo a su contenido fosilífero, puede asignarse al Jurásico tardío - Cretácico temprano, específicamente desde el Kimmeridgiense-Valanginiense.

FIGURA 4
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA DE LA FORMACIÓN SAN RICARDO, SEGÚN RICHARDS



Fuente: Léxico Estratigráfico Bloque Maya. Año 2016.

3.1.1 Litología y distribución

En el año de 1967, Samuel B. Bonis estudió el área del cuadrángulo Cobán para el que mantuvo el nombre de Formación Todos Santos a toda la sección completa aflorante dentro del cuadrángulo Cobán.

Sin embargo, se considera que en el cuadrángulo la Formación San Ricardo puede observarse a través de dos de sus miembros: el inferior y el medio, tal como se puede observar en la figura 5, que muestra una columna estratigráfica generalizada de dichos miembros para el área de estudio. Estos miembros se restringen a la porción sur con una tendencia *NE - SW*.

FIGURA 5
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZADA DE LA FORMACIÓN SAN RICARDO

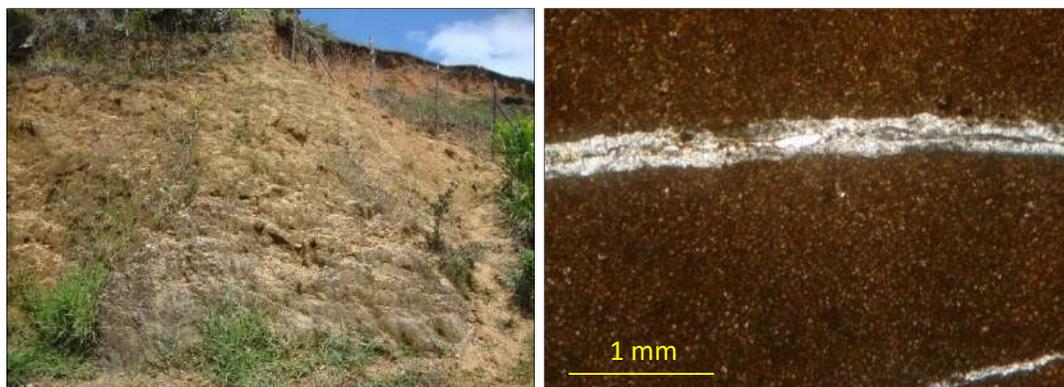
ESPESOR (m)	LITOLOGÍA	CALIZAS		ESTRUCTURAS	FÓSILES	OBSERVACIONES
		LODO	ARENA GRAVA			
125						Calizas con oolitos Calizas intercaladas con lutitas Tempestitas con bivalvos Calcarenitas con bivalvos Calizas intercaladas con lutitas verdes Lodolitas
						Miembro medio Miembro inferior

Fuente: Trabajo de campo y gabinete. Año 2016.

El miembro inferior encontrado consiste de una secuencia de ~ 18 m de lodolitas en la base, las cuales pueden ubicarse en las coordenadas: 786166E, 1704253N, en un camino rural que conduce del municipio de San Juan Chamelco hacia la aldea Chimox.

La roca es de color naranja, parda, su composición es de lodo calcáreo, con textura tipo *mudstone*, con vetas de calcita, (fotografía 1), sin restos biológicos, la única estructura que se le observa en el campo es la estratificación; esta localidad puede ser tomada como sección de referencia, la cual se encuentra orientada hacia el 18/N005.

FOTOGRAFÍA 1 LODOLITA, LOCALIDAD DE REFERENCIA



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

En la localidad comunidad Chilaxito (fotografía 2), en las coordenadas: 784531E, 1703084N, también aflora este miembro de lodolita. Estructuralmente está en uno de los flancos subhorizontales de un pliegue volcado; algunos estratos se encuentran con una inclinación subhorizontal.

FOTOGRAFÍA 2

LODOLITA EN LA CARRETERA DE LA COMUNIDAD CHILAXITO



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

El miembro medio de la Formación San Ricardo; o lo que Richards denomina Caliza La Ventosa, dentro del área de estudio puede ser observada en cinco localidades. Sobre esta secuencia es posible que exista un conjunto de estratos laminados de aproximadamente 5 m de espesor de limolitas color naranja, con pequeños fragmentos de cuarzo y micas; localizadas en las coordenadas: 771952E, 1700866N. Las localidades del miembro medio son:

a. Localidad Chichén

Puede ser observada en la carretera que conduce del municipio de Santa Cruz Verapaz hacia el municipio de San Juan Chamelco, en las coordenadas 783314E, 1702213N. Se pueden observar ~ 25 m de calizas negras cristalinas con intercalaciones de calcilutitas verdes a gris que se encuentran plegadas, buzando hacia el suroeste; (fotografía 3, A). Esta secuencia puede ser considerada como otra sección de

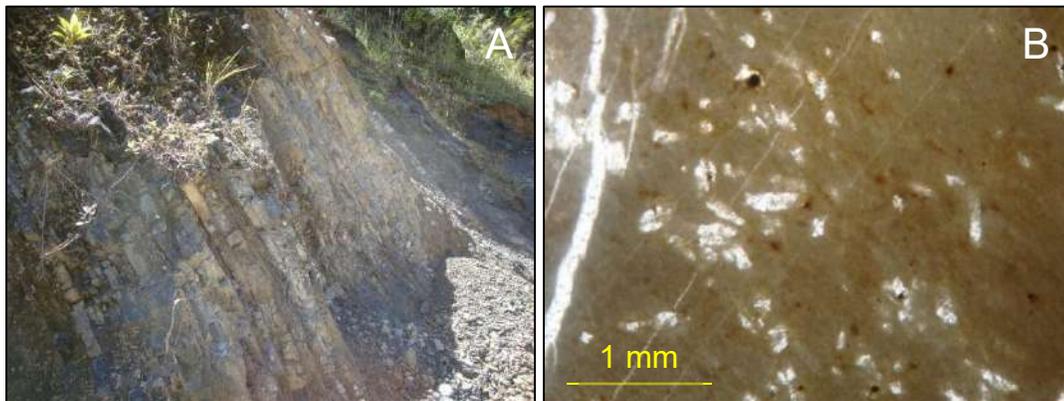
referencia; las calizas son de color oscuro, cristalinas y las lutitas de color café a gris con espesores de 3 cm o más.

A partir de esta localidad hasta llegar al entronque que conduce hacia la aldea San Pablo Xucaneb, es posible observar la secuencia de calizas intercaladas con lutitas, las cuales parecen formar parte de un pliegue volcado, cuyo flanco posee un buzamiento de 25°.

Sobre estas se encuentran ~ 10 m de calcarenitas bioclásticas, de color negro, con frecuentes restos de bivalvos y otros microfósiles no identificados ya que parecen estar sustituidos por calcita (fotografía 3, C y 3, D)

FOTOGRAFÍA 3 ESTRATO DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN SAN RICARDO, LOCALIDAD CHICHÉN

A. Base de la Formación San Ricardo, intercalaciones de calcilutitas y calizas; B. Micrografía de las calcilutitas *wackestone* de posibles microfósiles sustituidos; C. y D. Fósiles de conchas de bivalvos en calcarenitas.





Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

b. Localidad Chijou

Puede observarse en una cantera ubicada en la aldea Chijou, Santa Cruz Verapaz, en las coordenadas: 780425E, 1702900N. En esta localidad se pueden observar ~ 10 m de espesor del mismo estrato de calcarenitas de la localidad anterior, posiblemente en este estrato también se encuentren asociados escasos rudistas y restos de bivalvos (fotografía 4), así como también microfósiles sustituidos por calcita.

Estratos de margas de color blanco y de ~ 10 cm de espesor se encuentran intercaladas con este miembro, sobre una ladera abrupta.

FOTOGRAFÍA 4 ESTRATO DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN SAN RICARDO, LOCALIDAD CHIJOU

Fósiles de conchas de bivalvos en calcarenitas.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

c. Localidad Holanda

Esta localidad hace referencia a un afloramiento que se ubica en las coordenadas: 777760E, 1702726N, en la cual se observa ~ 5 m de caliza arenosa que incluye fósiles de rudistas de la familia Antilocrapinidae (fotografía 5), los cuales corresponden a un ambiente de alta energía. Esta localidad posiblemente esté relacionada con el horizonte de calcarenitas con bivalvos de la localidad Chichén.

Sobre este estrato fosilífero, se encuentran ~ 20 m de calizas cristalinas oscuras, las cuales, parecen estar relacionadas con la base del afloramiento que se encuentra en la localidad María Auxiliadora, que se describe a continuación.

FOTOGRAFÍA 5
ESTRATO DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN SAN
RICARDO, LOCALIDAD HOLANDA



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

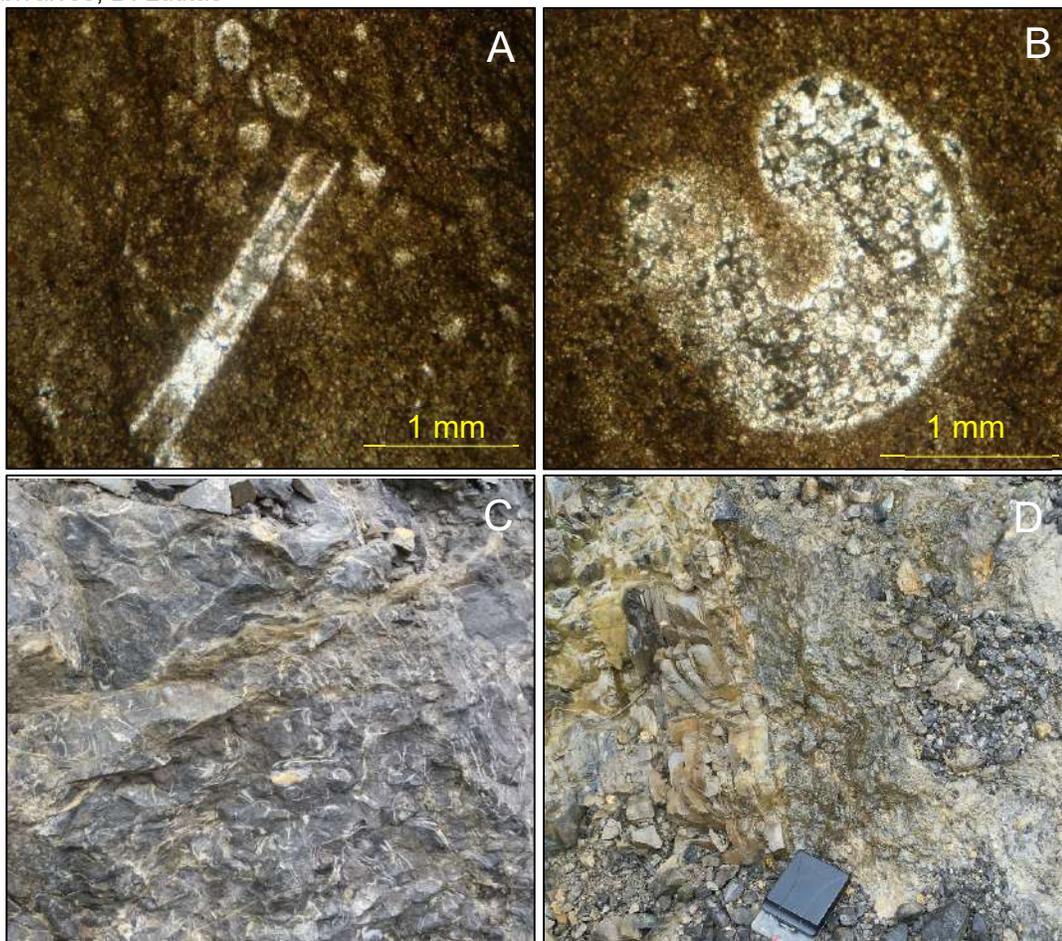
d. Localidad Santa Elena

La sección de referencia se encuentra en una cantera ubicada en las coordenadas: 778331E, 1702982N, cerca de la finca María Auxiliadora. En la base del afloramiento se encuentran unas calizas levemente silicificadas, sobre ellas se hayan ~ 2 m de espesor de un estrato de tempestitas (fotografía 6), predominantemente bioclásticas de textura *packstone* con abundantes fragmentos de bivalvos en una calcarenita de color oscuro, por lo que se supone, la tormenta pudo haber sido proximal.

Sobre estas tempestitas se encuentran calizas intercaladas con delgadas capas de lutitas. Las calizas poseen en algunas partes, fósiles sustituidos (fotografía 6). En el techo de este afloramiento se encuentran varios estratos que contienen abundantes ooides que corresponden al mismo nivel que se describe a continuación en la localidad Chajaneb.

FOTOGRAFÍA 6 ESTRATO DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN SAN RICARDO, LOCALIDAD SANTA ELENA

A. *Wackestone* con posible fragmento de rudista y otros microfósiles sustituidos por esparita; B. Posible resto de coral sustituido en su totalidad; C. Tempestitas, *packstone* con abundantes restos de bivalvos; D. Lutitas



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

e. Localidad Chajaneb

Asociado al estrato de tempestitas de la localidad Santa Elena, se encontró un pequeño estrato de calizas que presentan estructuras de laminación cruzada y brechamiento debido a la acción del oleaje. Posiblemente correspondan a las brechas calcáreas nivel 1 que se encuentra en el camino rural que conduce del municipio de San Juan Chamelco hacia la aldea Chamil en jurisdicción del mismo municipio, en las coordenadas 793300E, 1706420N. Se muestran en la fotografía 7, A.

Estratigráficamente, sobre estas últimas calizas, se encuentran ~ 25 m de calizas intercaladas con lutitas (fotografía 7, B), poseen también niveles de máxima transgresión con sedimentos oscuros.

Las calizas corresponden a una textura tipo *wackestone* con fósiles sustituidos en su mayoría, se observaron trazas de posibles *Aulotortus sp.* (fotografía 7, C y 7, D), los estratos de caliza poseen ~ 2 cm de espesor y las lutitas de 30 cm o más. Se observan en la carretera que conduce hacia la aldea Chamil desde San Juan Chamelco, específicamente en las coordenadas: 791720E, 1706720N.

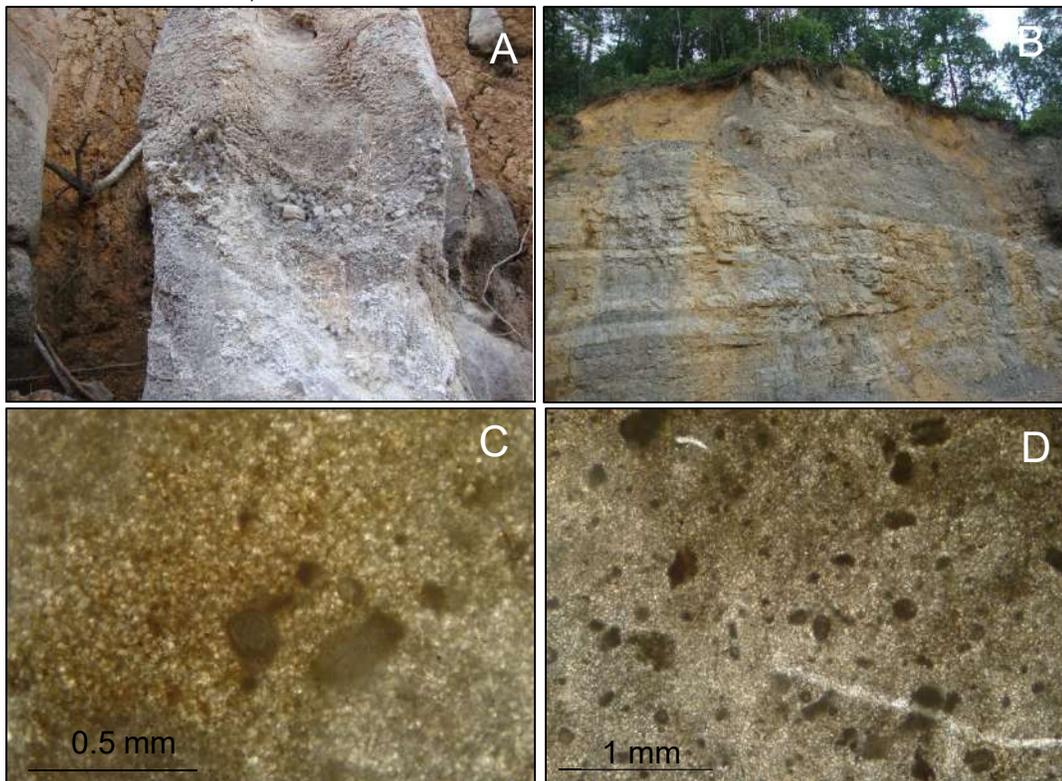
En el techo de este miembro existen ~ 10 m de calizas con ooides, la roca posee textura tipo *grainstone* con una tendencia hacia el sureste; los ooides tienen una estructura concéntrica y radial poco desarrollada sobre cemento de esparita; en la fotografía 7, G se muestran algunos ooides con

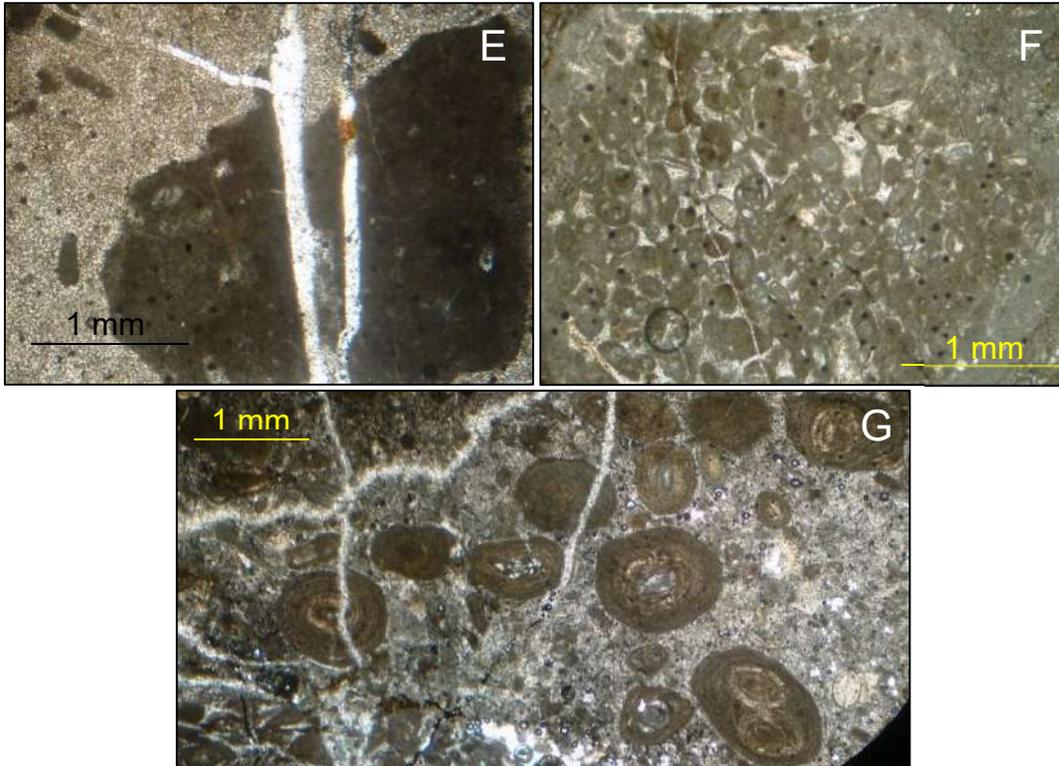
núcleo pequeño y envoltura oolítica gruesa y otros con un núcleo de gran tamaño y una envoltura oolítica delgada.

La sección de referencia se encuentra en la aldea Chajaneb, de San Juan Chamelco en las coordenadas: 791050E, 1707000N. También se observaron en la localidad María Auxiliadora.

FOTOGRAFÍA 7 ESTRATOS DEL MIEMBRO MEDIO DE LA FORMACIÓN SAN RICARDO, LOCALIDAD CHAJANEB

A. Estrato con laminaciones cruzadas; B. Afloramiento de calizas con lutitas intercaladas; C. Trazas de posible *Aulotortus* sp.; D. *Wackestone* con fósiles sustituidos; E. Intraclasto *mudstone* con trazas de miliólidos; F. Grainstone de abundantes peloides, escasos miliólidos y raros foraminíferos biseriados; G. Ooides





Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3.1.2 Contactos y relaciones de campo

En el área de estudio, la Formación San Ricardo posee contactos fallados y cubiertos con la Formación Todos Santos, Formación Chochal y la Formación Tactic al sur del cuadrángulo.

En el campo es muy difícil observar las relaciones estratigráficas de esta formación, por tratarse de áreas muy falladas, además en los lugares donde se marcan dichos contactos también existe una gran cubierta de depósitos pomáceos. Probablemente dichos cambios litológicos puedan ser vistos y analizados de mejor manera en la parte sur, cerca de la montaña Xucaneb.

Muy cercano a una sección de las calizas con ooides pertenecientes a la Formación San Ricardo, ubicadas en la aldea Chajaneb de San Juan Chamelco se puede encontrar, en la aldea

Cojilá (789790E, 1706900N), un pliegue de arrastre con el eje orientado hacia el este, (fotografía 8), los estratos poseen un espesor de aproximadamente 2 cm y corresponden a calizas de color oscuro, similares a las calizas que afloran en la localidad Chichén.

Se deduce que la Formación San Ricardo subyace al miembro inferior de la Formación Cobán, a través de una discontinuidad revelada por un gran proceso erosivo que deja como resultado las brechas calcáreas sinsedimentarias que corresponden a su vez a la base del miembro inferior de la Formación Cobán. Esta relación puede observarse en el área que ocupa la aldea Santa Elena del municipio de Santa Cruz Verapaz.

En el área cercana a la aldea Chajaneb, se observó una secuencia muy similar a la de la localidad Santa Elena, existe una zona de falla que no permite observar algún contacto directo con el miembro inferior de la Formación Cobán. El resto de posibles contactos entre ambas unidades se encuentra cubierto por suelo y/o vegetación.

FOTOGRAFÍA 8 PLIEGUE DE ARRASTRE, ALDEA COJILÁ



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3.2. Formación Cobán

La Formación Cobán es la principal unidad litológica aflorante en el cuadrángulo Cobán, ocupa más del 60 % del área de estudio; en dicho cuadrángulo se observa el miembro inferior y superior de la formación. Los contactos entre ambos miembros son discordantes, fallados o cubiertos. También se encuentran en contacto por medio de estratos de brechas sinsedimentarias que se describen más adelante.

3.2.1 Miembro inferior (Kco1)

El miembro inferior de la Formación Cobán, se cita en el mapa geológico como Kco1 y se observó en el área de estudio a través de estratos con espesores métricos y continuos de brechas calcáreas sinsedimentarias; las cuales a su vez se encontraron muchas veces

intercaladas con estratos de calizas cristalinas y pocas veces fosilíferas.

Por esta razón se dividió en una secuencia de estratos que en la base incluyen un cuerpo de brechas calcáreas que tienen su origen en los estratos de la Formación San Ricardo, sobreyaciendo a éstas se encuentra una caliza cristalina, de grano fino, color oscuro, a veces posee un olor fétido y en algunas partes presenta escasos miliólidos. Suprayaciendo se encuentra otro cuerpo de brechas calcáreas que tiene su posible origen en los estratos anteriormente mencionados, además, es posible que algunos de sus clastos correspondan a estratos ya erosionados de dolomías oscuras.

Blount & Moore, han descrito las brechas para el cuadrángulo de Chiantla, en la análoga Formación Ixcoy; ellos han determinado un origen de colapso – disolución evaporítica para estos estratos brechosos. Sin embargo, en el área de estudio no se encontraron evidencias suficientes, como la presencia de yeso o anhídrita cercanos a los afloramientos de las brechas; por lo que dicha denominación no se utilizó en este estudio. Además, en él se interpreta la posición estratigráfica de la secuencia, con el fin de determinar el número de niveles brechosos dentro de la Formación Cobán, ya sea en su miembro inferior y/o superior.

A partir de las observaciones de campo y de la búsqueda de la continuidad de los niveles de brechas en el área de estudio, se determinaron dos conjuntos de estratos diferentes en composición, dinámica y posición estratigráfica. Estos miembros han sido asignados exclusivamente al miembro inferior de la Formación Cobán.

En el mapa geológico (anexo 3) se muestran las relaciones espaciales de la Formación Cobán, el miembro inferior se delimita a la parte central del cuadrángulo. La primera edición del mapa geológico impreso por el IGN en el año 1976, solo presentaba una secuencia de dolomía y caliza brechosa para este miembro; pero en el mapa aquí generado, se proponen unas subdivisiones más específicas que incluyen los estratos brechosos y su posición estratigráfica dentro del miembro inferior.

La secuencia del miembro inferior de la Formación Cobán (Kco1) desde la base hacía el techo; del sur hacía al norte del área y con tendencia en su mayor parte *E-W*, se observó con el siguiente orden estratigráfico:

- Brechas calcáreas nivel 1 (Bc1)
- Calizas con miliólidos (Cam)
- Brechas calcáreas nivel 2 (Bc2)
- Caliza y dolomía cristalina (Cam)

Estas subdivisiones se realizaron en base a observaciones de campo, al análisis macroscópico y microscópico de las brechas sinsedimentarias; lo cual muestra una dinámica diferente en la formación de los dos niveles de brechas calcáreas; las cuales son descritas con mayor detalle a continuación.

a. Brechas calcáreas nivel 1 (Bc1)

De acuerdo a lo que menciona Samuel Bonis el origen de las brechas presentes en el miembro inferior de la Formación Cobán puede deberse a ataques de olas a los bancos de arrecifes, sin embargo, él menciona también que

hacen falta evidencias de una fauna de dicho ambiente que indiquen que claramente fueron formadas a partir de dicho proceso.¹⁸

En el presente estudio se está más de acuerdo con la opinión de Jack Walper, quien define el origen de las brechas en la fragmentación de lodo de calcita o dolomita ya sea por la acción erosiva de las olas, movimientos tectónicos o por otro agente; seguido de la recemetación de los clastos dentro de una matriz más clara.¹⁹

1) Relaciones de campo

Las brechas calcáreas del nivel 1 se encuentran restringidas a la base de la Formación Cobán Inferior; sobreyacen discordantemente a la Formación San Ricardo. La fuente para la formación de estas brechas se encuentra en algunos de los estratos anteriormente descritos para la Formación San Ricardo, así como también en estratos que posiblemente se erosionaron por completo o se diluyeron, tal es el caso de las evaporitas.

En el mapa geológico observa que poseen una geometría irregular, aunque en algunas partes parecen estar dispuestas en franjas con tendencia *NE - SW*, con un espesor aproximado de 70 m.

¹⁸Samuel B. Bonis. *Geologic reconnaissance of the Alta Verapaz fold belt, Guatemala*, 87.

¹⁹Jack L. Walper. *Geology of Cobán – Purulhá área, Alta Verapaz, Guatemala*, 1295.

Las brechas poseen cambios laterales, en cuanto a la composición, distribución y selección de los clastos; incluso de la matriz. Es posible que también posea límites laterales, ya que, en el área de estudio existen localidades que no muestran la misma relación estratigráfica entre la Formación San Ricardo y el miembro inferior de la Formación Cobán; lo cual también puede deberse a episodios de erosión que probablemente hayan borrado este estrato de brechas.

Son de estructura masiva, tienen cierta gradación granodecreciente hacia el interior de la plataforma, es decir, hacia el norte del área de estudio. No se observaron estructuras primarias, solamente incluyen una pseudoestratificación, la cual posee una tendencia hacia el *NW*.

Poseen contactos discordantes y a veces fallados tanto con la subyacente Formación San Ricardo como con la sobreyacente Formación Cobán Inferior; lo cual supondría una secuencia cronoestratigráfica. Tal como se mencionó anteriormente, en algunas localidades, las brechas pudieron haber sido borradas totalmente por erosión o bien tener límites laterales; aunque es más factible la primera aproximación, ya que tienen contactos discordantes directamente con el miembro superior de la Formación Cobán y con otro nivel superior de brechas, totalmente distintas.

Estas brechas calcáreas se observaron en varias localidades; como en los alrededores de la aldea Santa

Elena de Santa Cruz Verapaz, donde se ubica la localidad de referencia, en las coordenadas: 778600E, 1703600N.

También se observaron en distintas localidades de San Juan Chamelco: Seoguis, Papá, San Marcos-Cojilá; en el municipio de Cobán: Zapata-Tontem, finca Saquimax; en el municipio de Santa Cruz Verapaz: Saquijá Cruz, Chitul, y Chijou-Panajoj y en el municipio de San Cristóbal Verapaz, en la finca San Lorenzo Chicar, principalmente.

Estas brechas consisten generalmente de clastos angulares, de color marrón y gris oscuro con una matriz calcárea de grano fino, dentro del mismo nivel de brechas se tienen variaciones laterales; algunas brechas presentan una matriz carbonática más arcillosa y otras poseen un cierto porcentaje de posible yeso.

2) Clastos

En general, los clastos de las brechas son consolidados, con baja esfericidad, angulosos de colores que varían entre el café y gris. Macroscópicamente se observó que los clastos son en su mayoría de composición polimíctica y en menor porcentaje monomíctica.

Los clastos identificados corresponden a abundantes dolomías, escasas calcarenitas, calizas cristalinas y margas, raras lutitas y pocos clastos de *chert* color rojo y negro. Además, existe una variación dentro de

estas brechas en las que pareciera que poseían clastos de evaporitas y estas se han diluido, dejaron solamente como el esqueleto del clasto y crearon lo que se conoce como porosidad móldica.

Microscópicamente los clastos poseen una composición de calcita y dolomita, algunos de ellos sufren dolomitización y dedolomitización; características esenciales de este tipo de brechas, que pudieron haberse formado en el momento de la diagénesis o recementación.

Ciertos clastos poseen fracturamiento y muestran un desplazamiento de milímetros posiblemente por la presencia de flujos; otros son cortados por venas rellenas de dolomita o calcita espática.

Se observaron etapas de dedolomitización en los clastos, algunos de ellos aún conservan la forma de cristales anhedrales de dolomita y a los que es posible notar que parecen flotar en la matriz, pues se encuentran dispersos en ella. En otros clastos es posible que el reemplazo por dolomita o por calcita haya sido tan rápido que solamente dejaron el borde del clasto, más no de los cristales.

El tamaño de los clastos es variable, se encuentran entre la clasificación de arenas a limos. Raramente se encuentran clastos de 15 cm de longitud; los más abundantes son los clastos de 1 cm o menos, con una media de 0,5 cm. El límite entre los clastos y la matriz se

encuentra en algunas brechas representado por picos estilolíticos.

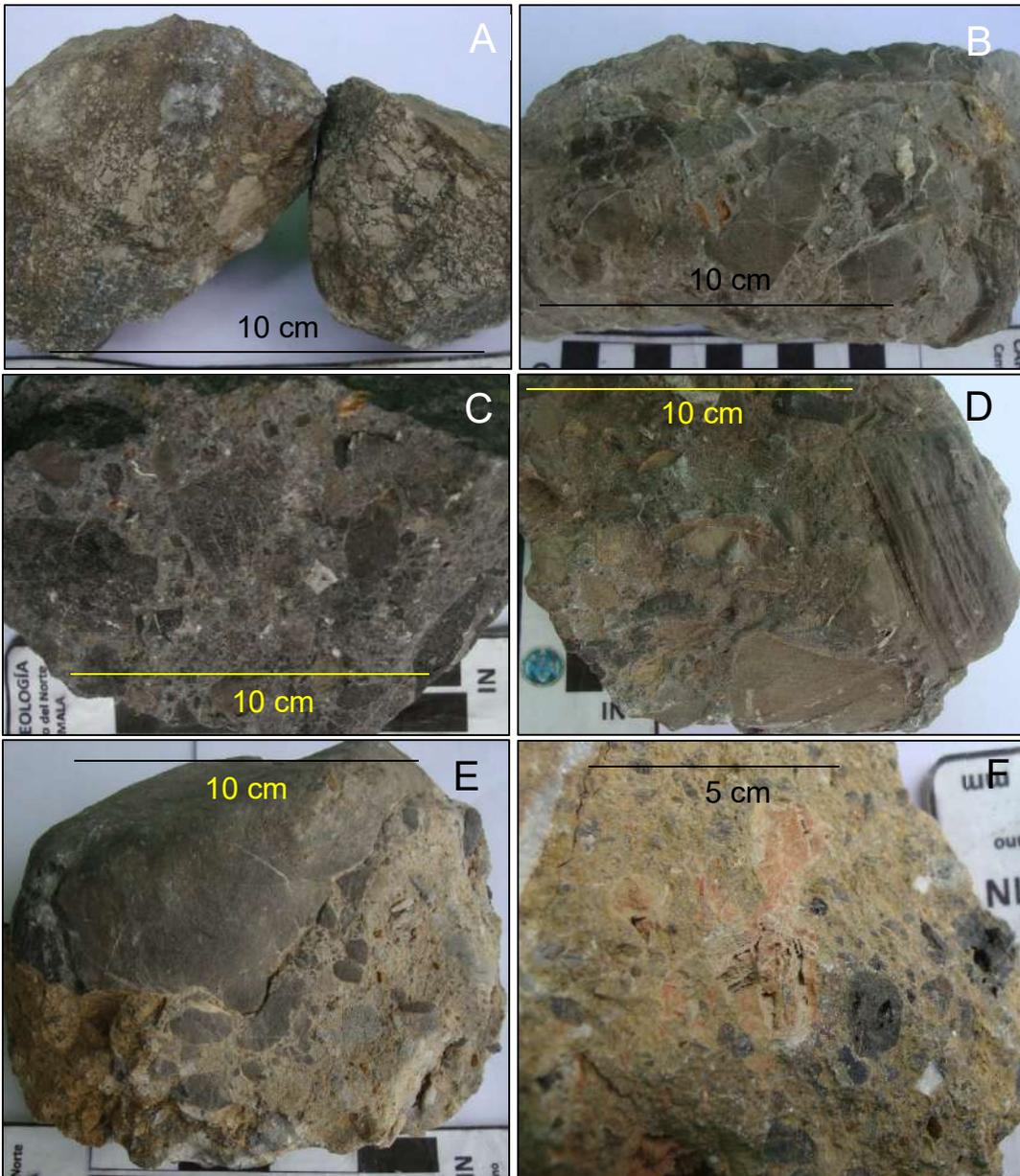
Las brechas muestran un transporte corto, se encuentran cerca de los estratos que aportan los clastos; son muy caóticos, pobremente seleccionados y sin una orientación preferente. Walper (1967) menciona que, la cantidad de fragmentación y la aleatoriedad de la distribución de los clastos sería una función de la intensidad de la perturbación. Así, en este caso se observó una intensa perturbación en la formación de las brechas.

En el campo también se observó la porosidad móldica que pertenece a los espacios vacíos que dejaron los clastos de evaporitas, correspondientes a estratos que probablemente ya se diluyeron y por ello no se observaron en el trabajo de campo (fotografía 9).

La fábrica o arreglo de las brechas en su mayoría es clasto soportada, aunque también se encontró matriz soportada, en la siguiente fotografía se puede observar la variación macroscópica de las brechas; la misma puede deberse a cambios laterales dentro del mismo nivel de brechas.

FOTOGRAFÍA 9 VARIACIÓN MACROSCÓPICA DE LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 1

A. Clasto soportada, con clastos de posibles calcilitas; B. Matriz soportada, los clastos son de dolomías, presentan desplazamiento por flujos, cortados por venas de calcita y dolomita; C. Matriz soportada con clastos de dolomía (clastos oscuros) y posible dolomita (clastos claros); D. Clasto soportada, los clastos son de calcarenitas y margas; E. Clasto soportada, la matriz es de color amarilla y posiblemente contiene pequeños porcentajes de yeso; F. Matriz soportada con porosidad móldica; G. Clasto soportada, los clastos más grandes corresponden a calcarenitas que posiblemente pertenezcan al nivel de calizas bioclásticas de la Formación San Ricardo, se observan otros clastos de dolomías, atravesados por venas de calcita; H. Brecha con porosidad móldica.





Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3) Matriz

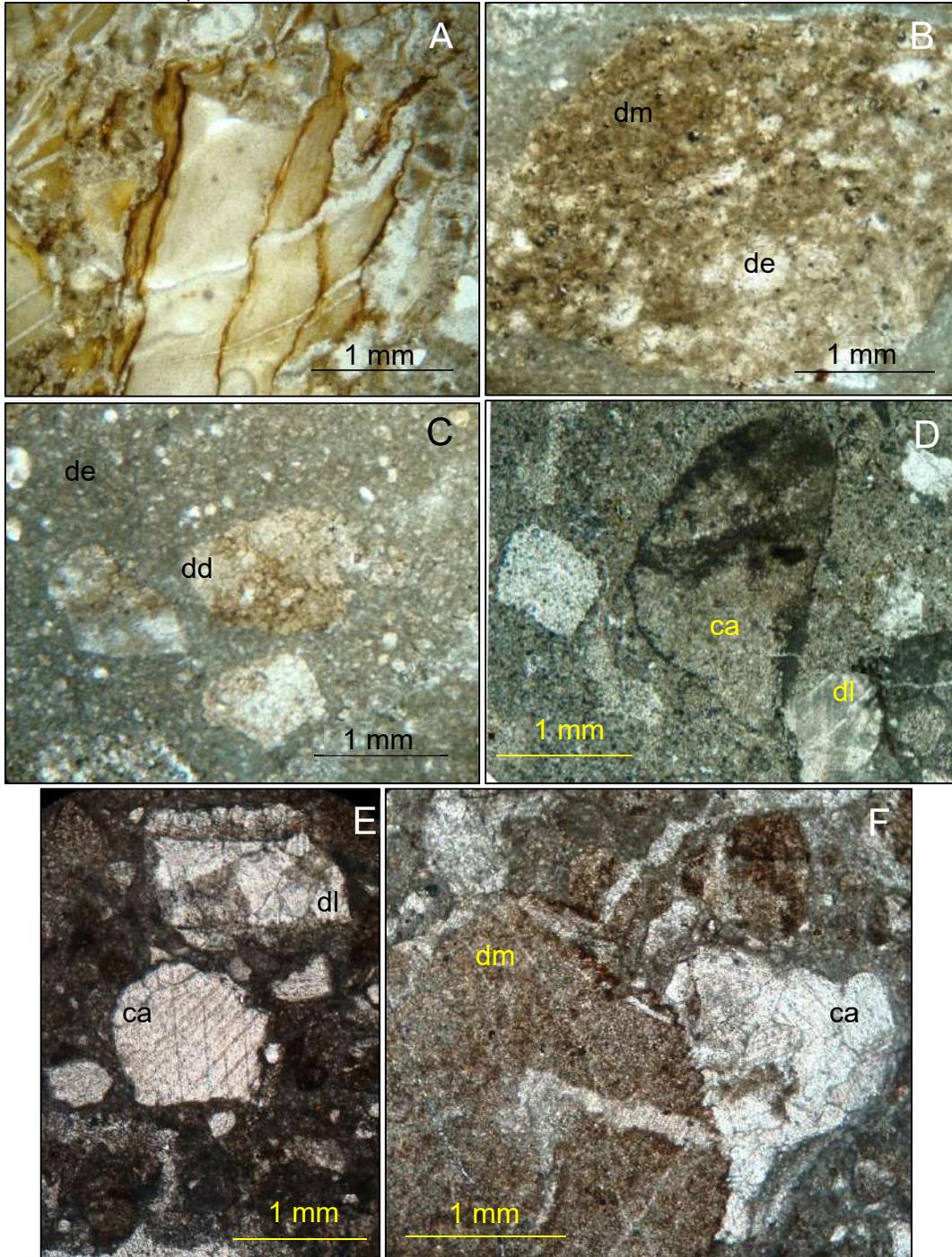
La matriz que contiene a los clastos de estas brechas es calcárea. En su mayoría es de color gris claro, en algunas partes es de color negro y muy raras veces de color amarillo. Esta variación puede estar relacionada también a cambios laterales o posiblemente a la influencia de la actividad tectónica a través de fallamiento local.

En algunas muestras la matriz es de dolomicrita o doloesparita, muy pocas presentan matriz de calcita espática. En la mayor parte de la matriz, se pudo observar que la calcita comienza a reemplazar a la dolomita, y deja así evidencia de un proceso de dedolomitización.

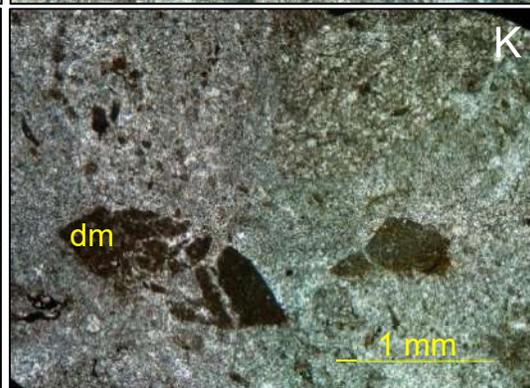
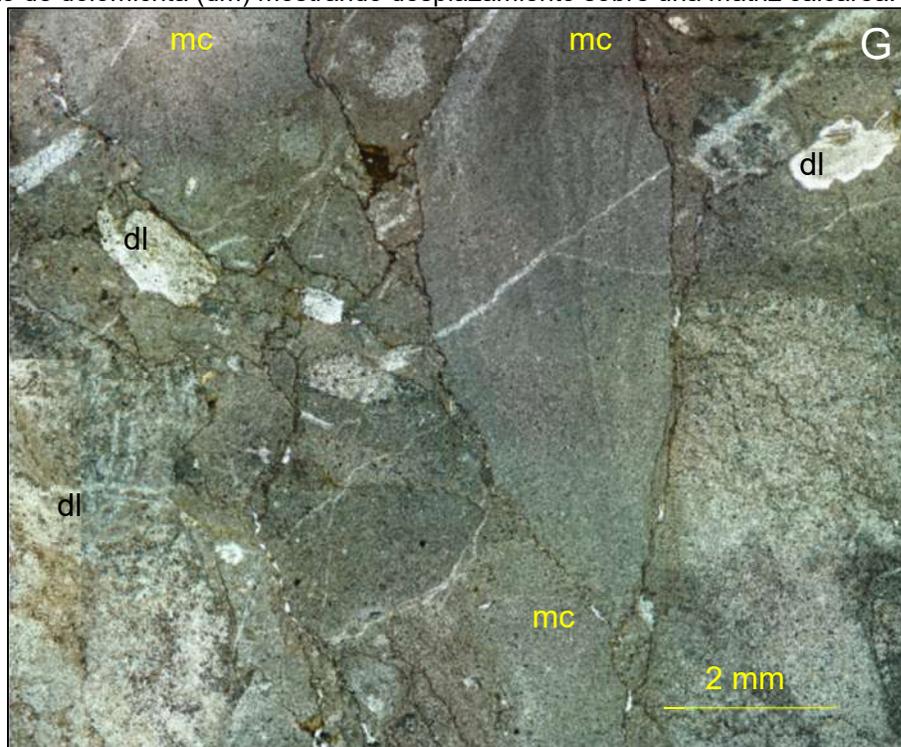
En la siguiente fotografía 10 se observa la variación microscópica de este nivel de brechas. Se muestra la variedad de clastos y de matriz que poseen y caracterizan a estas brechas.

FOTOGRAFÍA 10 VARIACIÓN MICROSCÓPICA DE LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 1

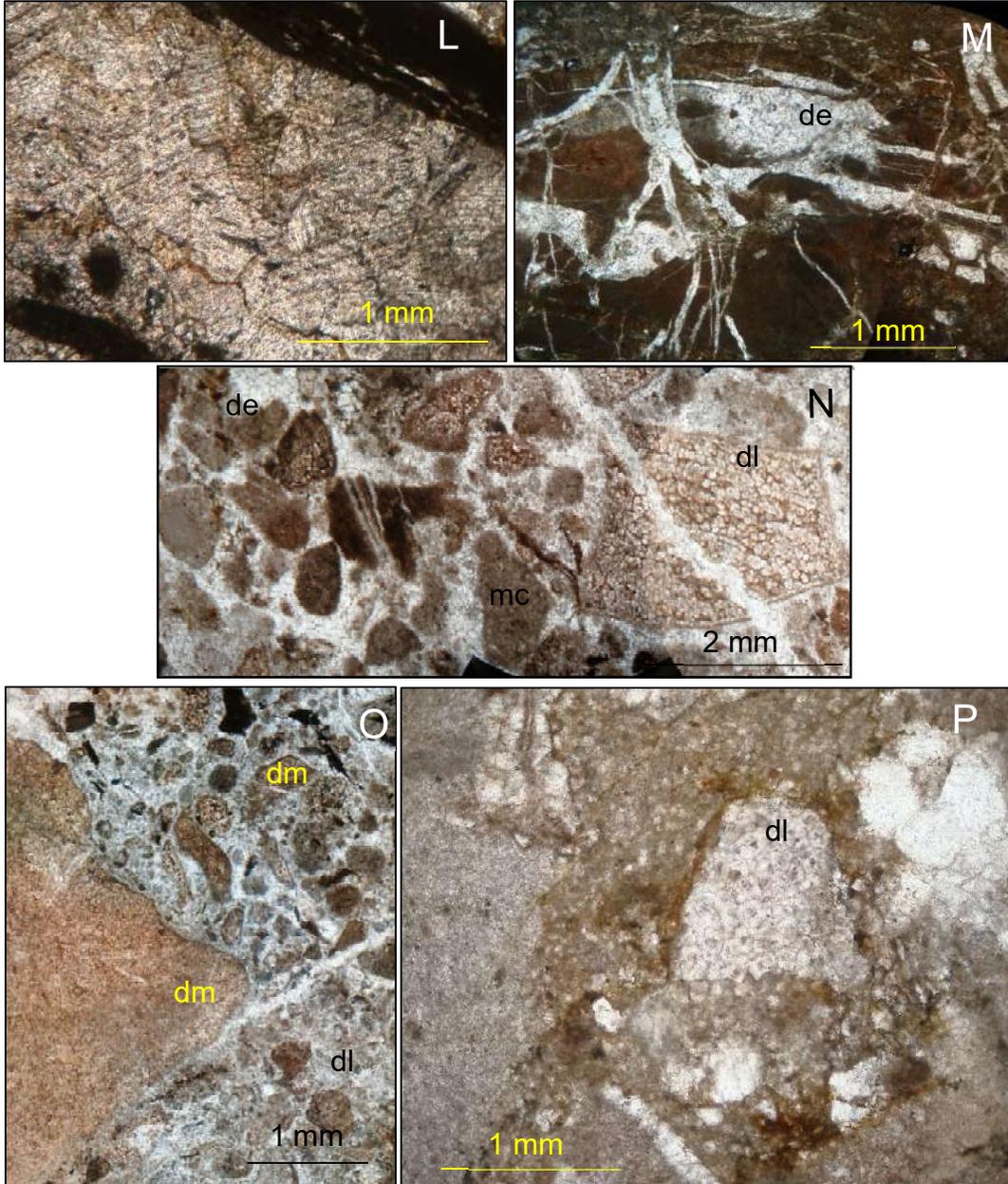
A. Clasto de calcilitita con desplazamientos; B. Reemplazamiento de doloesparita (de) por dolomicrita (dm); C. Clastos con dedolomitización (dd) en una matriz de doloesparita (de); D. Reemplazamiento de posibles clastos de evaporitas por calcita (ca) y dolomita (dl), dejando solamente los bordes, matriz calcárea; E. Clastos de calcita (ca) y dolomita (dl) sobre una matriz de dolomicrita; F. Contacto suturado entre un clasto de calcita (ca) y de dolomicrita (dm); sobre una matriz de doloesparita.



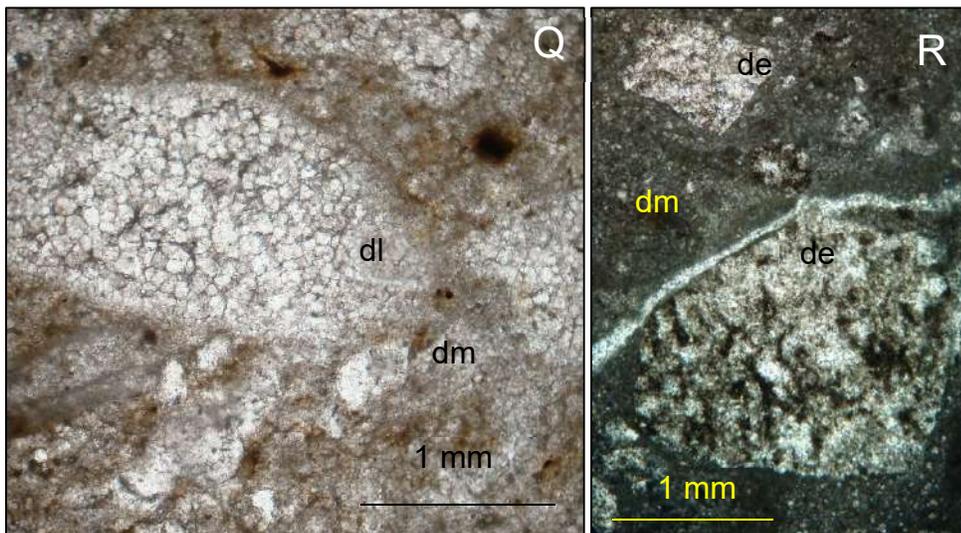
G. Reemplazamiento en clastos de posibles evaporitas por micrita (mc) y dolomita (dl), la matriz posee cierto porcentaje de yeso; H. Clastos de dolomicrita (dm) y micrita (mc), este último posee picos estilolíticos, sobre una matriz calcárea; I. Cristales individuales de dolomita sufriendo dedolomitización (dd); J. Dos clastos de doloesparita (de) sobre una matriz de dolomicrita (dm); K. Fragmento de dolomicrita (dm) mostrando desplazamiento sobre una matriz calcárea.



L. Matriz de calcita espática en una de las brechas; M. Clasto de lodo calcáreo que se muestra segmentado por abundantes venas de doloesparita (de); N. Clasto de dolomita (dl) café, fragmentado por una vena de dolomita blanca, el resto de los clastos parecen ser de micrita (mc) sobre una matriz de doloesparita (de); O. Brecha clasto soportada, los fragmentos corresponden a dolomicritas (dm) de color café sobre una matriz de dolomita (dl); P. Clasto de dolomita (dl) sufriendo una dedolomitización en el centro de los cristales, lo que los hace parecer zonados.



Q. Clasto de una dolomita (dl) con cristales subhedrales sobre una matriz dolomicroítica (dm); R. Clastos de doloesparita (de) sufriendo dedolomitización sobre una matriz de dolomicrita (dm);



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

b. Caliza con miliólidos (Cam)

Sobre las brechas calcáreas del nivel 1 (Bc1), se encuentra un conjunto de estratos de calizas grises que contienen miliólidos; el contacto con el miembro subyacente de brechas es discordante o cubierto y a veces fallado. Se considera que a profundidad el contacto puede ser erosivo, donde la caliza se encuentra cubriendo el techo discontinuo de las brechas calcáreas del nivel 1 (Bc1). La roca posee como estructura primaria la estratificación, la que tiene una orientación 12/N330.

Las localidades de referencia de este conjunto de estratos se observó en un sendero de la finca Saquimax ubicada en la aldea Tontem de Cobán, Alta Verapaz. Se observó también en la aldea Chioyá de San Juan Chamelco (fotografía 11).

Otras localidades dónde se observó este miembro es frente a la Escuela Rural Mixta de la aldea Tontem, en la comunidad Sacanaix, en la finca Canaan; en la salida del municipio de San Juan Chamelco al municipio de San Pedro Carchá; en la aldea Chaimal y en la aldea Campát.

FOTOGRAFÍA 11

AFLORAMIENTO DEL ESTRATO DE CALIZA CON MILIÓLIDOS

Sección de referencia del miembro de caliza con miliólidos, en las coordenadas: 787258E, 1708200N, con orientación 12/N330.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

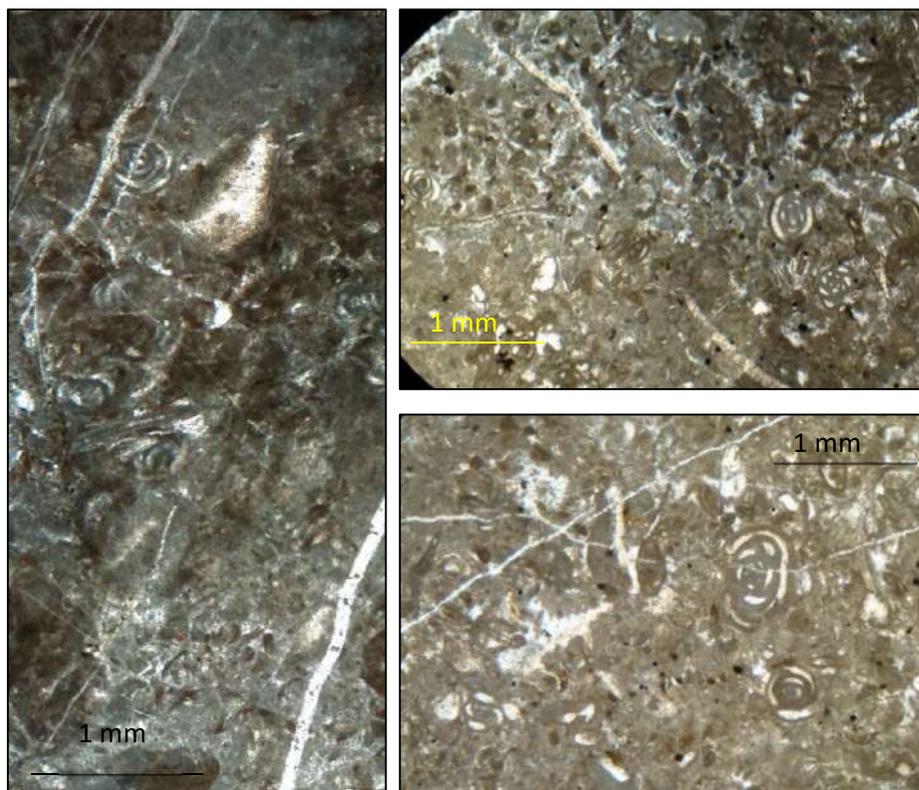
Sin embargo, no en todo este miembro se observó la caliza fosilífera, el nombre ha sido asignado únicamente para fines prácticos en la redacción y diferenciación con otros niveles sobreyacentes; ya que también es cristalina sobre todo en la parte inferior, la que se encuentra más cercana a las brechas calcáreas del nivel 1.

La parte cristalina en contacto discordante con las brechas se observan sobre la carretera CA-14 en las coordenadas: 777900E, 1703716N. Los estratos cristalinos poseen espesores de hasta 1,5 m; sin embargo, la caliza que es fosilífera posee estratos entre 5 cm y 50 cm de espesor, los

cuales disminuyen en tamaño hacía la parte superior de esta secuencia.

La textura de la roca en sección delgada corresponde a una *mudstone-wackestone* y algunas veces *grainstone*, con escasos miliólidos, trazas de pellets y abundantes venas de calcita, como se muestra en la fotografía 12.

FOTOGRAFÍA 12 DETALLE MICROSCÓPICO DEL ESTRATO DE CALIZAS CON MILIÓLIDOS Y PELLETS



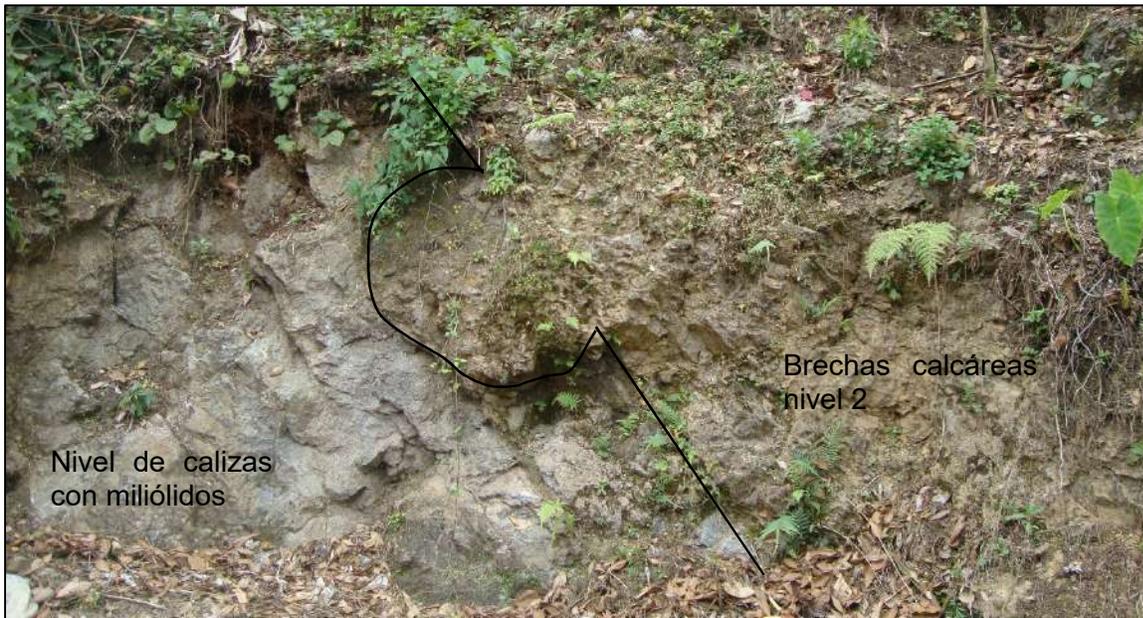
Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

c. Brechas calcáreas nivel 2 (Bc2)

Estas brechas corresponden al resultado de un segundo nivel erosivo dentro del miembro inferior de la

Formación Cobán. En el área de estudio se observaron con intercalaciones de calizas cristalinas de color gris (fotografía 13).

FOTOGRAFÍA 13
INTERCALACIÓN DE: EL ESTRATO DE CALIZAS CON
MILIÓLIDOS Y DE LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 2,
LOCALIDAD DE SAQUIJÁ, SANTA CRUZ VERAPAZ



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

A diferencia de las brechas calcáreas del nivel 1, los clastos de estas brechas poseen mucha más selección y un cierto orden granodecreciente, son de calizas cristalinas mejor consolidadas y probablemente correspondan a estratos calcáreos del miembro inferior de la Formación Cobán.

1) Relaciones de campo

Estas brechas se encuentran discordantemente sobre las calizas con miliólidos (fotografía 13), en el mapa

geológico se observan como lentes dispersos con una tendencia *NE - SW*; además poseen en algunos lugares pseudoestratificación, tienen un espesor aproximado de 75 m.

En el campo se observó que posee intercalaciones con un conjunto de estratos sobreyacentes de calizas cristalinas, el contacto es discordante. Dichas intercalaciones se observan en la carretera que conduce del municipio de Santa Cruz Verapaz hacia Cobán, desde la aldea Chicuxab hasta el km 210.

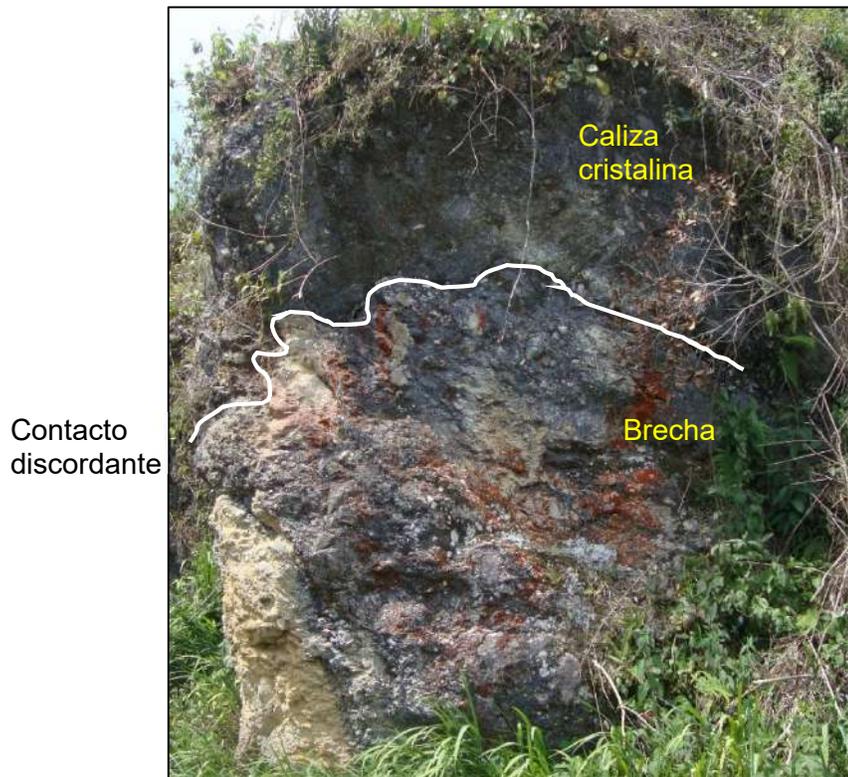
Este miembro de brechas se encuentra mejor expuesto en la carretera que conduce del municipio de San Juan Chamelco hacia el municipio de San Pedro Carchá.

En esta área se observó una secuencia del nivel de calizas con miliólidos, seguidos discordantemente por brechas con clastos del tamaño de gravas y arenas con una matriz calcárea (fotografía 14). De acuerdo a la secuencia, más hacia el techo se observan los clastos mucho más homogéneos en cuanto al tamaño, corresponden a arenas y limos, respectivamente.

En la aldea Chicuxab (específicamente en la entrada) se observan grandes espesores de este miembro, dónde los clastos poseen la misma secuencia que la descrita anteriormente. Más hacia el noroeste los clastos empiezan a ser más finos.

En las coordenadas 783016E, 1708016N se observó un contacto discordante entre el nivel de las calizas cristalinas que se encuentran sobreyacentes a las brechas calcáreas del nivel 2 (fotografía 14). En esta estructura la brecha es clasto soportada, caótica y polimíctica con clastos del tamaño de arenas y limos sobre una matriz de caliza. En muestra de mano, la brecha es grano soportada, con clastos de color gris claro y oscuro, la matriz se mantiene homogénea en todo el miembro.

FOTOGRAFÍA 14
INTERCALACIÓN DE: LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 2 Y
EL ESTRATO DE CALIZAS Y DOLOMIAS CRISTALINAS



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

2) Clastos

Corresponde a composición carbonática, ya sean de caliza o dolomía. La brecha es granodecreciente encontrándose en la base clastos del tamaño de gravas y arenas; en el techo clastos del tamaño de arenas y limos.

La brecha clasto soportada se encuentra en la base de la secuencia moderadamente seleccionada, sin embargo, hacia el techo se vuelve bien seleccionada. La forma de los clastos varía de subangular, subredondeado, redondeado y en algunas partes bien redondeado con una baja esfericidad.

Estas características juntas son indicativas de un transporte cercano del área que aportó los clastos para la formación de las brechas. Pero, a diferencia de las brechas calcáreas del nivel 1, la intensidad de la perturbación en estas brechas pudo haber sido mayor; pues los clastos se encuentran más fragmentados.

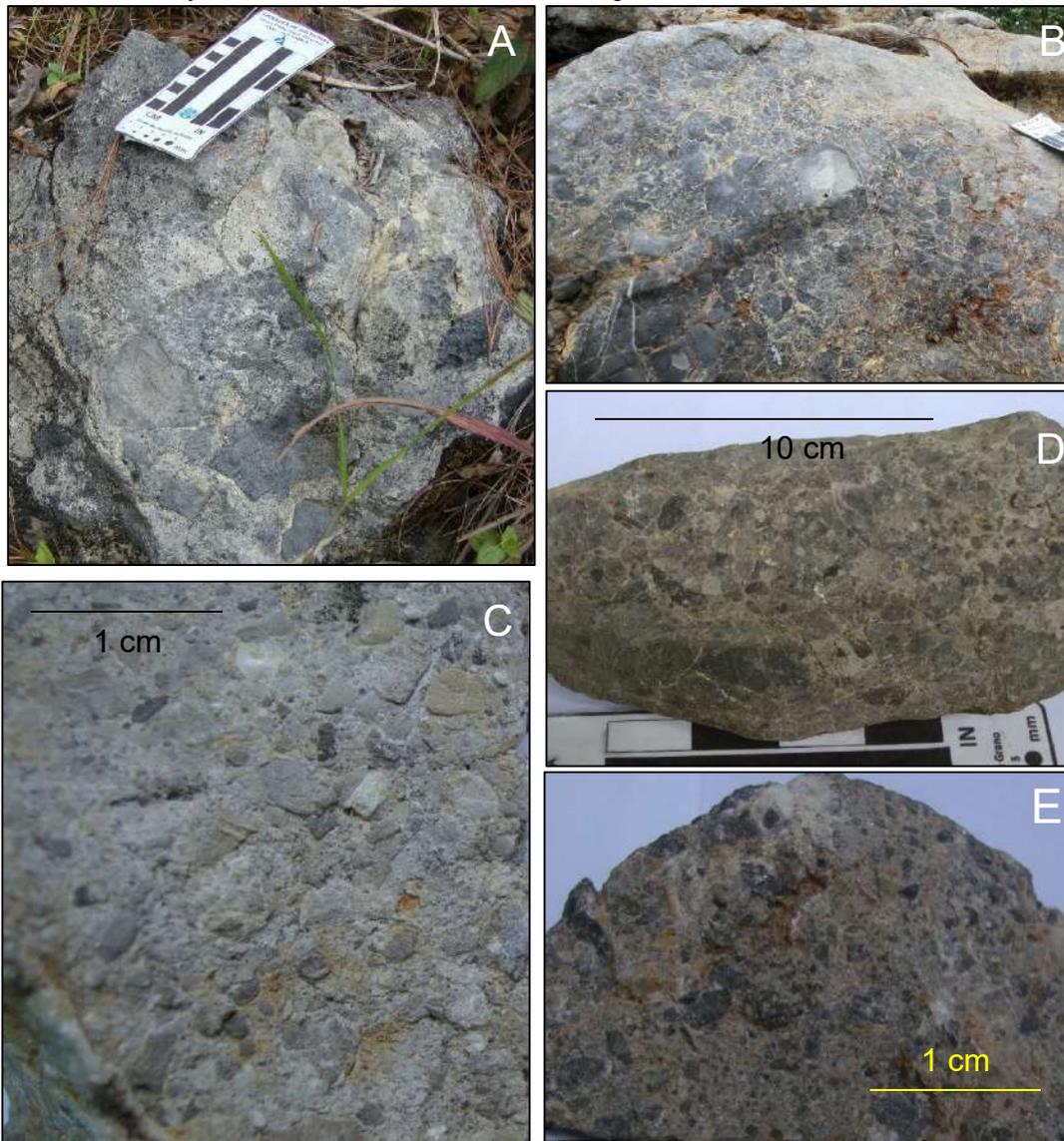
Las brechas no poseen alguna orientación preferente, frecuentes clastos se encuentran fracturados y rellenos por venas de calcita.

Microscópicamente algunos de los clastos muestran reemplazamiento de fósiles. Otros poseen como retrabajamiento ya que se observan clastos dentro de ellos, probablemente se deba a un mayor transporte y compactación en el transcurso de la formación de las brechas.

En la fotografía 15 se observa macroscópicamente la variación granodecreciente de ese miembro de brechas calcáreas del nivel 2.

FOTOGRAFÍA 15 CARACTERÍSTICAS MACROSCÓPICAS DE LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 2

A y B. Base de la secuencia granodecreciente de las brechas carbonatadas de talud. Los clastos son del tamaño de gravas y arenas; C, D y E. Parte superior de la secuencia, los clastos son del tamaño de arenas y limos. La matriz es bastante homogénea en toda la secuencia.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3) Matriz

Esta corresponde a calcita cristalina, también conocida como calcita *sparry* o espática. En algunas muestras es posible observar dolomita y no calcita; la diferencia se encuentra en el maclado que posee la calcita y no la dolomita.

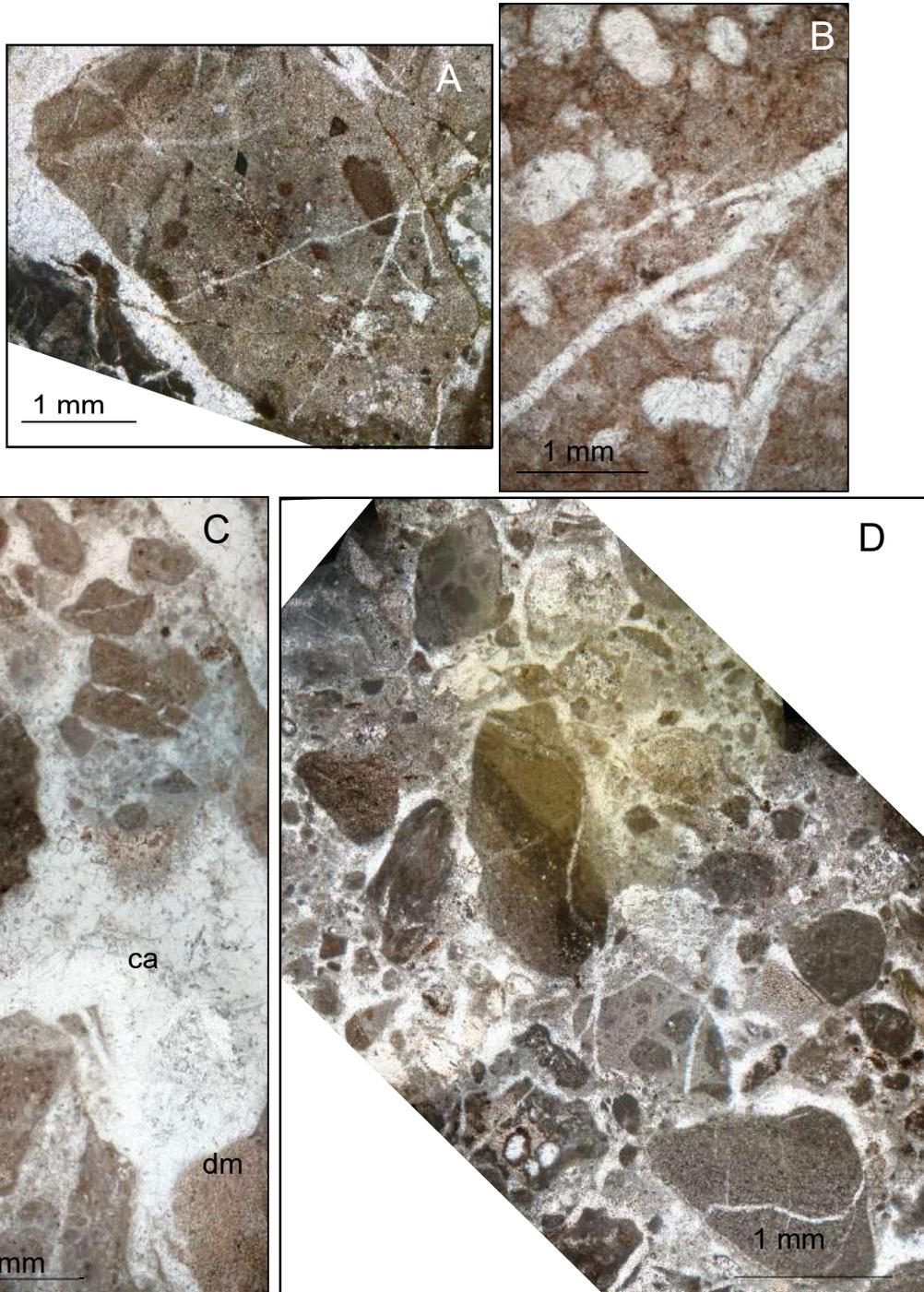
Por ser una brecha clasto soportada, la abundancia de la matriz es relativamente poca. Macroscópicamente es de color gris claro, de composición calcárea, microscópicamente es de color blanco, uniforme y de textura y origen cementante, sin estructuras sedimentarias a pequeña escala.

En algunas micrografías parece que los clastos flotaran sobre la matriz; los cristales de la matriz son anhedrales; incluso en algunas partes de las secciones delgadas elaboradas, los cristales no aparecen; probablemente se deba a una rápida diagénesis en la formación de las brechas calcáreas del nivel 2.

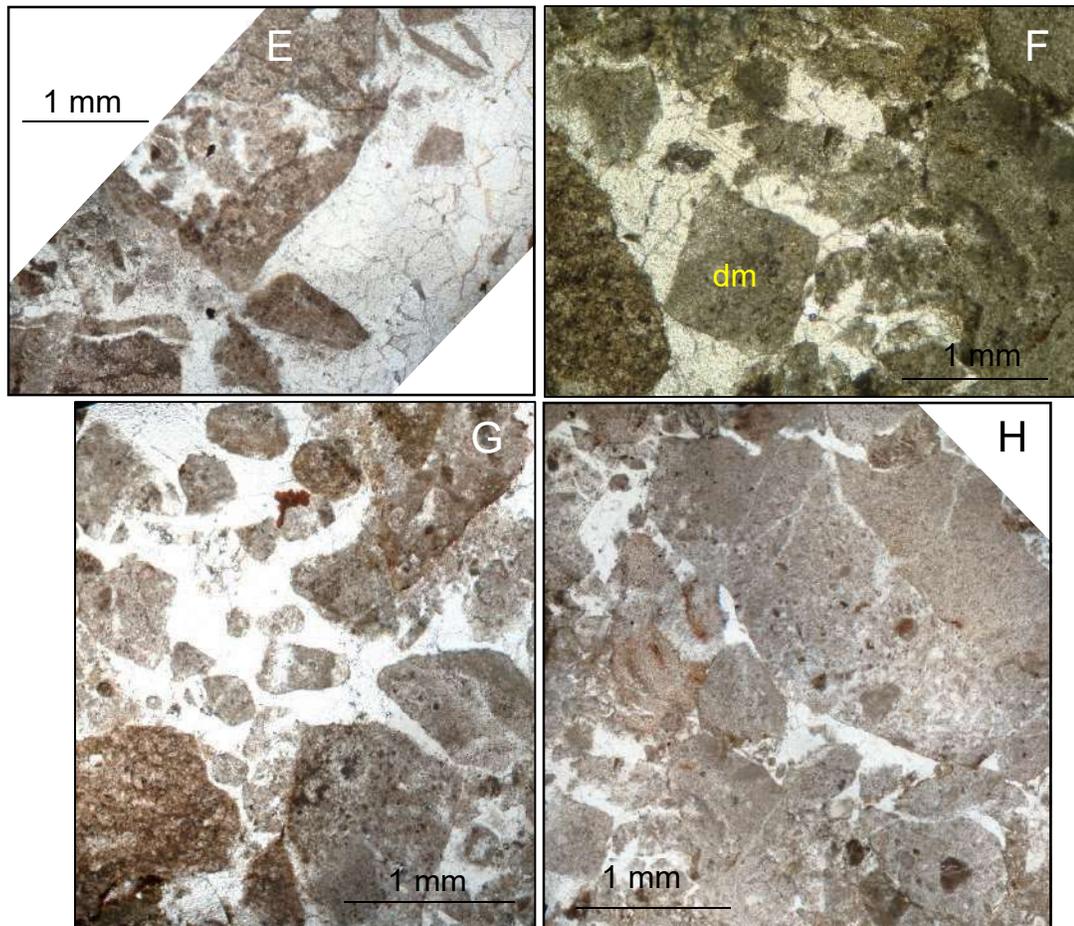
En todas las secciones delgadas realizadas a las muestras de este nivel brechoso se observó el cemento de esparita, en ausencia de una matriz lodosa. Esta es una característica que la diferencia de las brechas calcáreas del nivel 1, lo que también puede indicar su posible formación en un ambiente con alta energía. La fotografía 16 muestra el detalle microscópico de las brechas calcáreas del nivel 2.

FOTOGRAFÍA 16 DETALLE MICROSCÓPICO DE LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 2

A. Clasto de microesparita (es) con pequeños fragmentos de micrita (mc); B. Clasto con microfósiles sustituidos por calcita; C. Clastos subredondeados de dolomicrita (dm) y micrita (mc) sobre una matriz de calcita (ca); D. Abundantes clastos de caliza, algunos de ellos parecen tener más clastos dentro de su estructura, otros se encuentran fragmentados y rellenos por el mismo cemento de esparita.



E. Detalle de la matriz de calcita espática; F. Clasto anguloso de dolomicrita (dm); G. Clastos subredondeados y redondeados de composición micrítica que parecen flotar sobre la matriz de esparita; H. El clasto más grande corresponde a una micrita (mc) con intraclastos, los clastos están unidos solo a través de un punto de contacto.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

En el área de estudio se pudo observar una brecha que probablemente corresponde a otro evento, por las intercalaciones que se observaron es posible que las brechas sean el resultado de la erosión de otros estratos de dolomías. Estas brechas son muy comunes en la última intercalación, es decir en el techo del miembro inferior de la Formación Cobán y en algunas partes poseen contacto con los estratos cristalinos que forman parte de la base del miembro superior de la Formación Cobán.

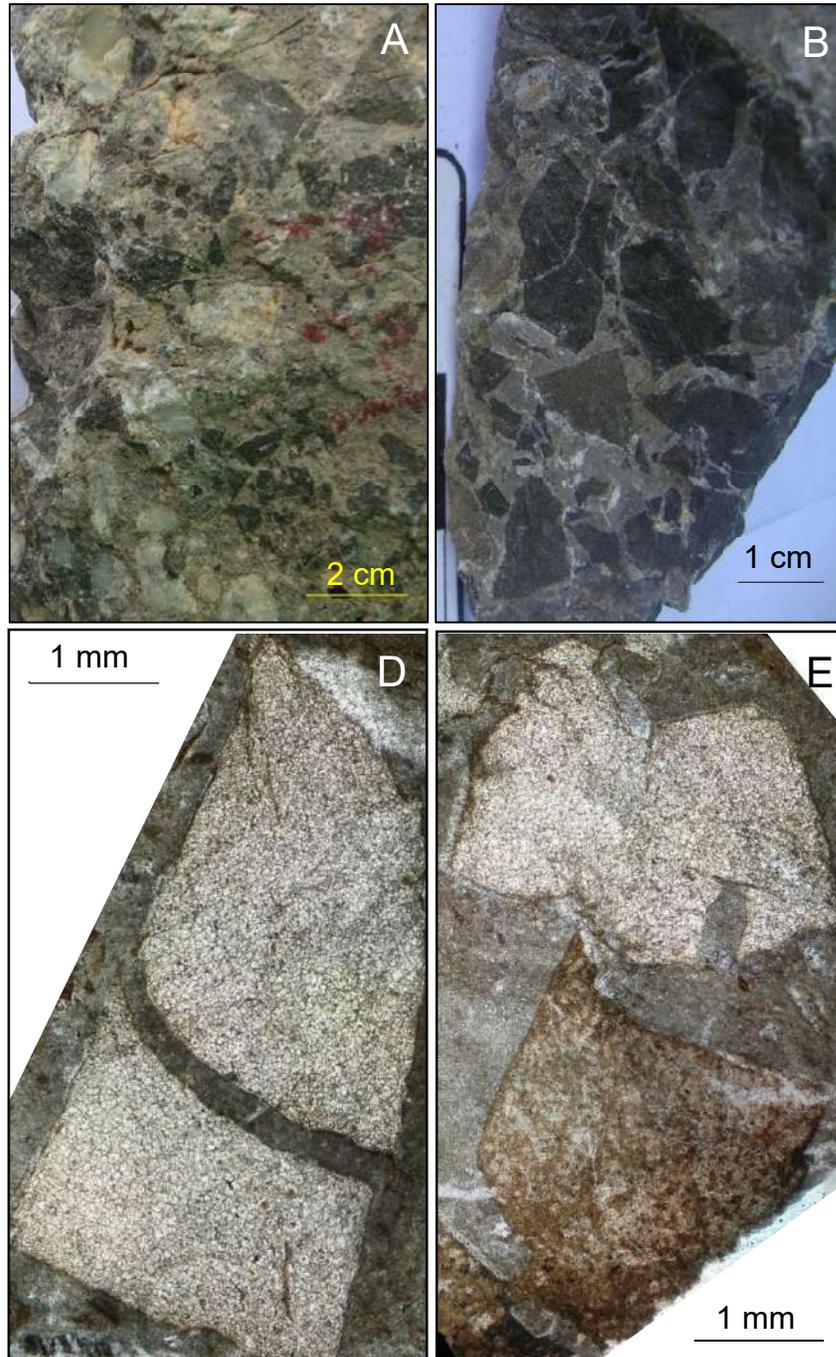
El tamaño de los granos varía entre gravas y arenas, de clasificación angulosa de forma rectangular y triangular, muy bien consolidados, algunos de ellos poseen solamente puntos de contacto sin orientación preferencial, la selección es pobre.

Pocos clastos presentan un fracturamiento debido a la matriz que probablemente fue una mezcla de lodo y agua, lo cual generaba presión en la superficie de los granos y provocó el fracturamiento, tal como se muestra en la fotografía 17.

Como se observa en la fotografía, los clastos son de composición dolomítica, algunos de ellos se encuentran dedolomitizados y presentan una zonación al centro de los cristales. Estos clastos se encuentran como fracturados por las presiones ejercidas de la matriz al momento de la diagénesis. La matriz es de lodo calcáreo. La brecha es de estructura masiva, no es homogénea y no posee algún orden en la depositación de los granos. Se observó en la aldea Sarrojá, en las coordenadas: 785250E, 1710000N.

FOTOGRAFÍA 17 DETALLE MACRO Y MICROSCÓPICO DE LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 2

A. Clastos de dolomía y dolomita en una matriz calcárea; B. Clastos angulosos de dolomía oscura;
C. Clastos de cristales euhedrales de doloesparita intersectados por flujos que crearon la matriz;
D. Clastos de doloesparita (arriba) y dolomicrita (abajo) sufriendo dedolomitización, mostrando también zonación.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

d. Caliza y dolomía cristalina

Este miembro de caliza y en algunas partes dolomía cristalina oscura se encuentra discordantemente sobre las brechas calcáreas del nivel 2. Subyace discordantemente al miembro superior de la Formación Cobán.

Este estrato de calizas se observó en las localidades cercanas a la finca Chula Vista sobre la carretera que conduce del municipio de Cobán hacia el municipio de Santa Cruz Verapaz; la localidad de referencia se observa en la carretera que conduce de la cabecera departamental hacia la comunidad Las Tres Cruces; también puede observarse en el camino rural hacia la aldea Chisón del municipio de San Pedro Carchá.

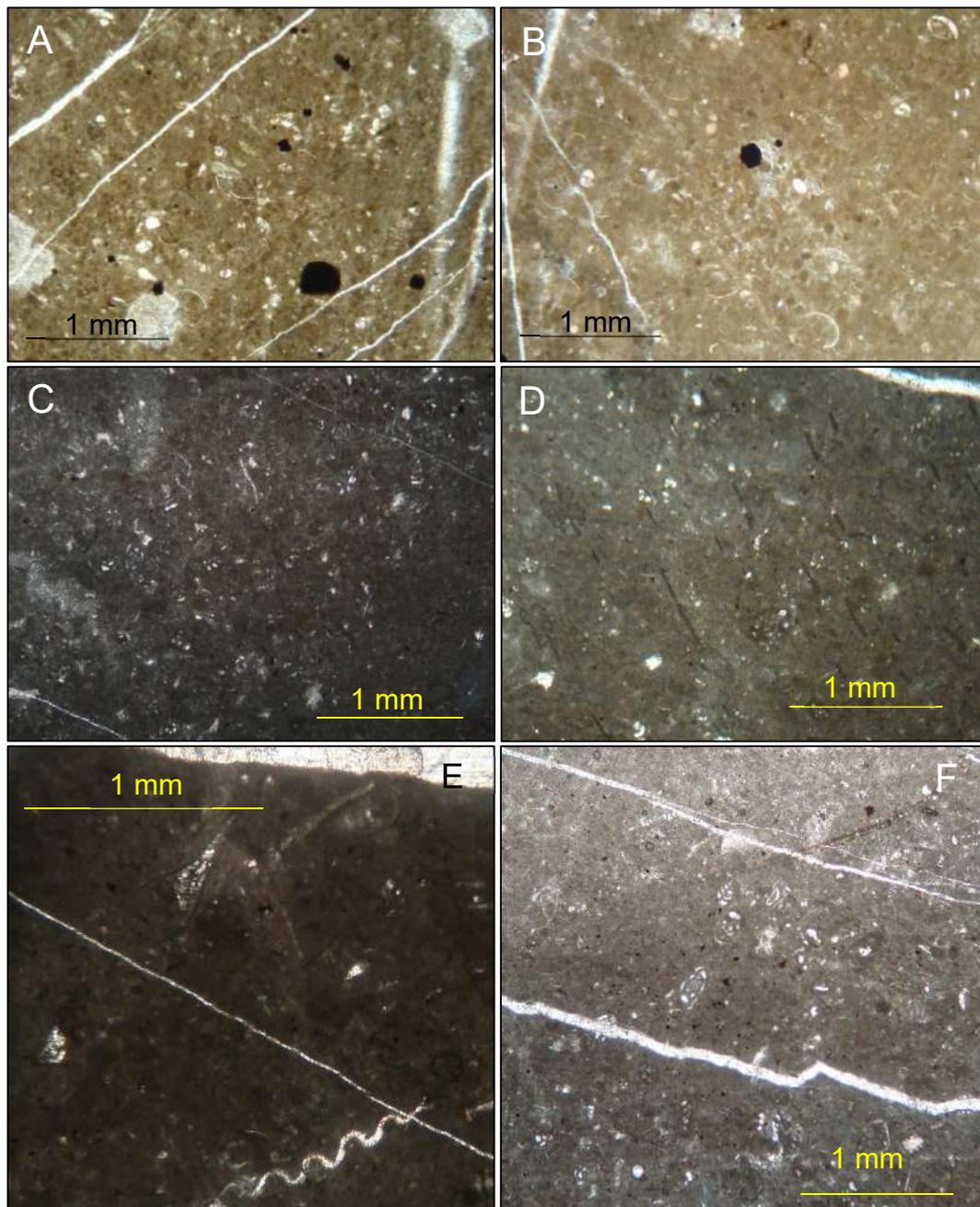
Asociado a este miembro de caliza y dolomía cristalina, se encuentra un estrato de calizas fosilíferas, las cuáles pueden encontrarse en las coordenadas: 783000E, 1708050N.

Los microfósiles en este miembro corresponden a diminutos miliólidos que por el tamaño tan microscópico que poseen, parecen haber sido formados a profundidad; lo que indica que las brechas del miembro anterior pudieron haber sido arrastradas y depositadas en zonas profundas.

El detalle de los microfósiles encontrados en el área de estudio, correspondientes a este estrato se muestran en la siguiente fotografía.

FOTOGRAFÍA 18 CALIZAS CON MICROFÓSILES DE MILIÓLIDOS

A. *Wackestone* con abundantes miliólidos muy microscópicos. B. Fragmentos de ostrácodos con frecuentes pellets en una matriz de micrita. C. Caliza *wackestone* oscura con abundantes microfósiles de miliólidos. D. Escasas espículas de esponjas sobre una matriz de micrita. E. Fragmento de ostrácodo con una veta de calcita espática. F. Foraminíferos bentónicos biseriados con frecuentes miliólidos.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3.2.2 Miembro superior (Kco2)

Esta unidad puede observarse al norte del cuadrángulo, corresponde a calizas de color gris claro a veces cristalinas, pero mayormente fosilíferas. Posee un contacto cubierto y a veces discordante con el miembro inferior de la Formación Cobán.

Se encuentra en contacto discordante con la sobreyacente Formación Campur en la parte *NW* del cuadrángulo. La base de la unidad superior de la Formación Cobán corresponde a una caliza de color gris claro, cristalina y buzando hacia el *NW*. Concordantemente sobre este estrato se encuentran bien estratificadas unas calizas claras con textura *mudstone* e incluso *packstone* con *Nummoloculina heimi*. Esta secuencia puede ser observada sobre la carretera CA-14, en las afueras del municipio de Cobán, donde tiene ~ 70 m de espesor.

Para este miembro se ha podido definir un estrato de brechas calcáreas sinsedimentarias, las cuales son descritas a continuación.

a. Brechas calcáreas nivel 3 (Bc3)

Un poco más al norte, en el casco urbano, la formación geológica se encuentra erosionada y cubierta en algunas partes por depósitos pomáceos. Hacia el oeste del área de estudio, se encuentran grandes espesores de brechas calcáreas sinsedimentarias, la sección de referencia puede ser observada en el camino rural que conduce hacia la aldea Samac, después del campo de aviación del municipio de Cobán.

1) Relaciones de campo

En esta localidad, la brecha cabalga sobre el miembro superior de la Formación Cobán. El miembro brechoso está restringido en algunos lugares por fallas inversas que la hacen aflorar como en intercalaciones con la caliza fosilífera de la Formación Cobán; mucho más al oeste del área, camino hacia la aldea Chituj.

En la aldea Chicoj, se encuentra un afloramiento de dichas brechas, las cuales poseen un contacto erosivo con un estrato abundantemente fosilífero (776721E, 1711550N).

En esta parte del área de estudio se determinó el orden estratigráfico de la secuencia, así las brechas se encuentran intraformacionales entre los estratos que forman parte de la base y los estratos que forman parte del techo del miembro superior de la Formación Cobán.

En esta misma localidad, hacía el norte las brechas se encuentran restringidas en franjas horizontales por fallas normales; algunas de ellas en contacto con la Formación Campur.

En el área de la comunidad de Gualóm, sobre la carretera que conduce de Cobán hacia el municipio de Chisec, la brecha se muestra en un orden secuencial normal, es decir, por encima de las calizas cristalinas y *mudstone – packstone* de *Nummoloculina heimi*.

En la localidad de Samac esta secuencia parece mostrarse invertida, pero esto se debe al cabalgamiento, mencionado anteriormente. Sobreyaciendo a estas brechas, se encuentran secuencias de caliza cristalina, *mudstone*, *wackestone*, *packstone* y posible *grainstone* con abundante microfauna que incluyen ejemplares de: *Nummoloculina heimi*, *Biloculina sp.*, *Nummoloculina regularis*, *Pseudorhapydionina chapanensis*, *Cuneolina pavonea parva*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Merlingina cretácea*, fragmentos de ostrácodos y algunos rudistas.

En el camino que conduce de La Libertad hacia la aldea Gualom se observó un contacto discordante entre una caliza *mudstone* que corresponde a los estratos base del miembro superior de la Formación Cobán, con el conjunto de estratos de las brechas calcáreas (fotografía 19).

La brecha posee un espesor aproximado de 200 m y su estructura es masiva, no posee un orden gradacional, es caótica y de composición calcárea, con geométrica de franjas limitadas por fallas que poseen una tendencia *NE - SW*.

Al norte del área de estudio también se encuentra cabalgando, específicamente en la comunidad de San Pedrito, donde tiene un contacto fallado con la Formación Campur; también aflora en el área de la comunidad de Chinapetén y Sacsí, pertenecientes al municipio de San Pedro Carchá. En la localidad de Sacsí ubicada en la

esquina *NE* del área, también posee un contacto fallado con la Formación Campur.

FOTOGRAFÍA 19
CONTACTO DISCORDANTE ENTRE EL MIEMBRO SUPERIOR DE
LA FORMACIÓN COBÁN Y
LAS BRECHAS CALCÁREAS DEL NIVEL 3



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

Probablemente la franja de brechas que se muestra desde la comunidad de Chirrepec Sacranix, pasa por Gualóm en dirección este, se extienda hasta la localidad de Chinapetén, pero el acceso a esta área es nulo ya que es un sitio bastante montañoso sin rutas de camino claras.

La brecha calcárea parece estar dividida en dos niveles, uno inferior con clastos fosilíferos y matriz

calcárea; y otro superior con clastos y matriz de composición dolomítica y fuerte olor fétido. Encontrar un contacto geológico entre ambos niveles es bastante difícil, probablemente se restrinja a fallas normales, sin embargo, en el campo está cubierto en su totalidad; solo se encontraron algunas muestras de este último “nivel superior”; razón por la cual son tomados como un mismo nivel.

En la presente investigación se pondrá un mayor énfasis a las brechas con clastos fosilíferos que son las de mayor influencia en el área, son las más representativas de este nivel brechoso y se encuentran mucho más aflorantes.

2) Clastos

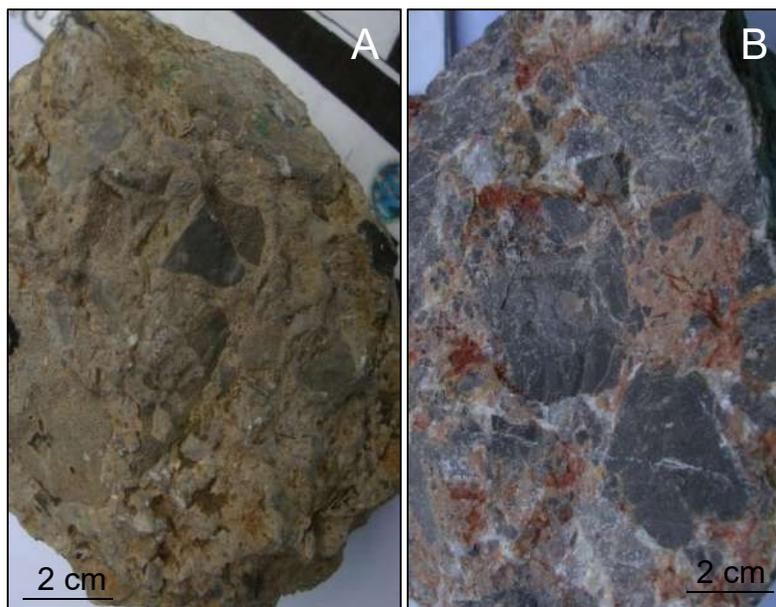
La composición de los clastos es completamente calcárea, con abundante contenido fosilífero, de diferentes texturas, los tamaños varían de arenas a limos muy consolidados (fotografía 20), algunos de los clastos son subangulosos, otros subredondeados e incluso redondeados.

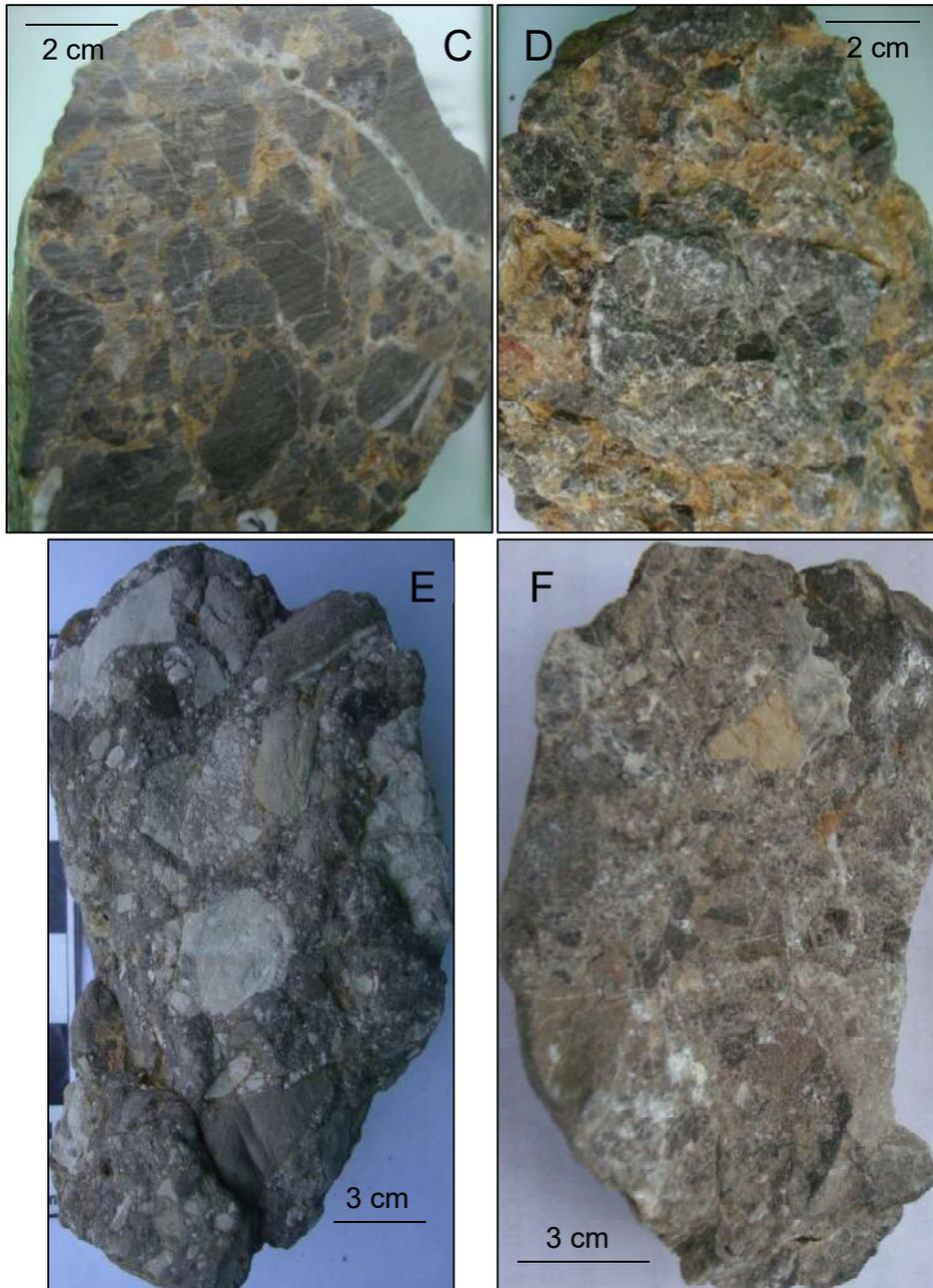
Son brechas granosostenidas con un cemento de esparita y/o matriz micrítica, se encuentran moderadamente seleccionadas con baja esfericidad. Los clastos son caóticos sin algún ordenamiento o dirección preferencial. El contacto entre la mayoría de ellos es por medio de picos estilolíticos que representan la presencia de presión.

Las brechas de composición dolomítica no poseen contenido fosilífero, los tamaños también son de arenas y limos, consolidados, en su mayoría angulosos y subangulosos. Son brechas granosostenidas con un cemento de doloesparita o dolomicrita, están probablemente seleccionadas con baja esfericidad. Algunos clastos parecen ser de microbrechas, pues poseen microclastos en su interior. Los colores son blancos, café, grises y negros.

FOTOGRAFÍA 20 **VARIACIÓN MACROSCÓPICA DE LAS** **BRECHAS CALCÁREAS DEL NIVEL 3**

A. Brecha de la localidad de Samac con clastos angulares y una matriz calcárea amarillenta, algunos de los clastos parecen de composición dolomítica; B. Brecha de la localidad de Chicoj con clastos color gris, fosilíferos, subangulos y subredondeados en una matriz calcárea color naranja; C. Brecha de la localidad de Sacsí con abundantes clastos fosilíferos, la mayoría de ellos están fragmentados por una vena de calcita, matriz de color amarillenta; D. Brecha de la localidad de Gualóm con clastos calcáreos subredondeados y matriz de color amarillenta; E y F. Brechas de composición dolomítica con clastos angulares, algunos de ellos presentan más clastos dentro de los clastos.





Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

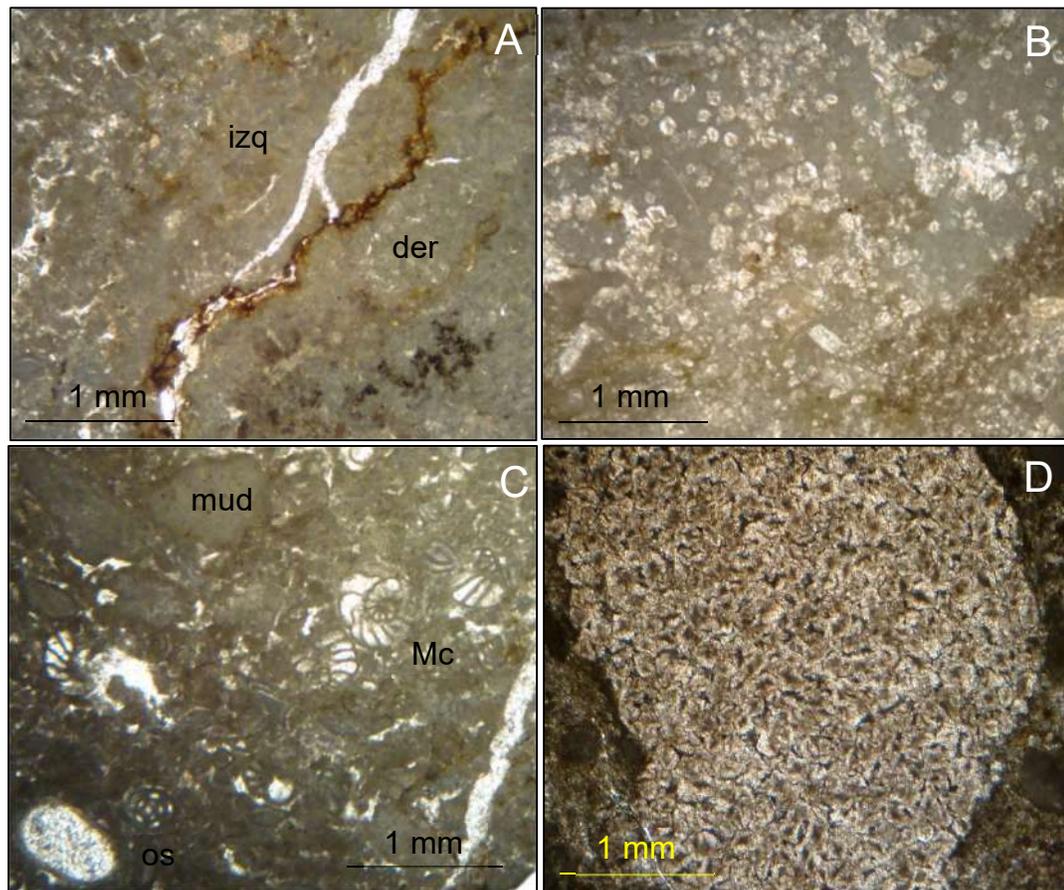
Microscópicamente se observaron microfósiles (fotografía 21) dentro de los clastos de la brecha sinsedimentaria, tales como: pellets, ostrácodos, fragmentos de rudistas, fragmentos de algas y fragmentos de equinodermos, intraclastos, cortoides, rotálidos, foraminíferos bentónicos biseriados, miliólidos y

microfósiles de *Merlingina cretácea*, *Valvulammina picardi* y *Biloculina sp.*

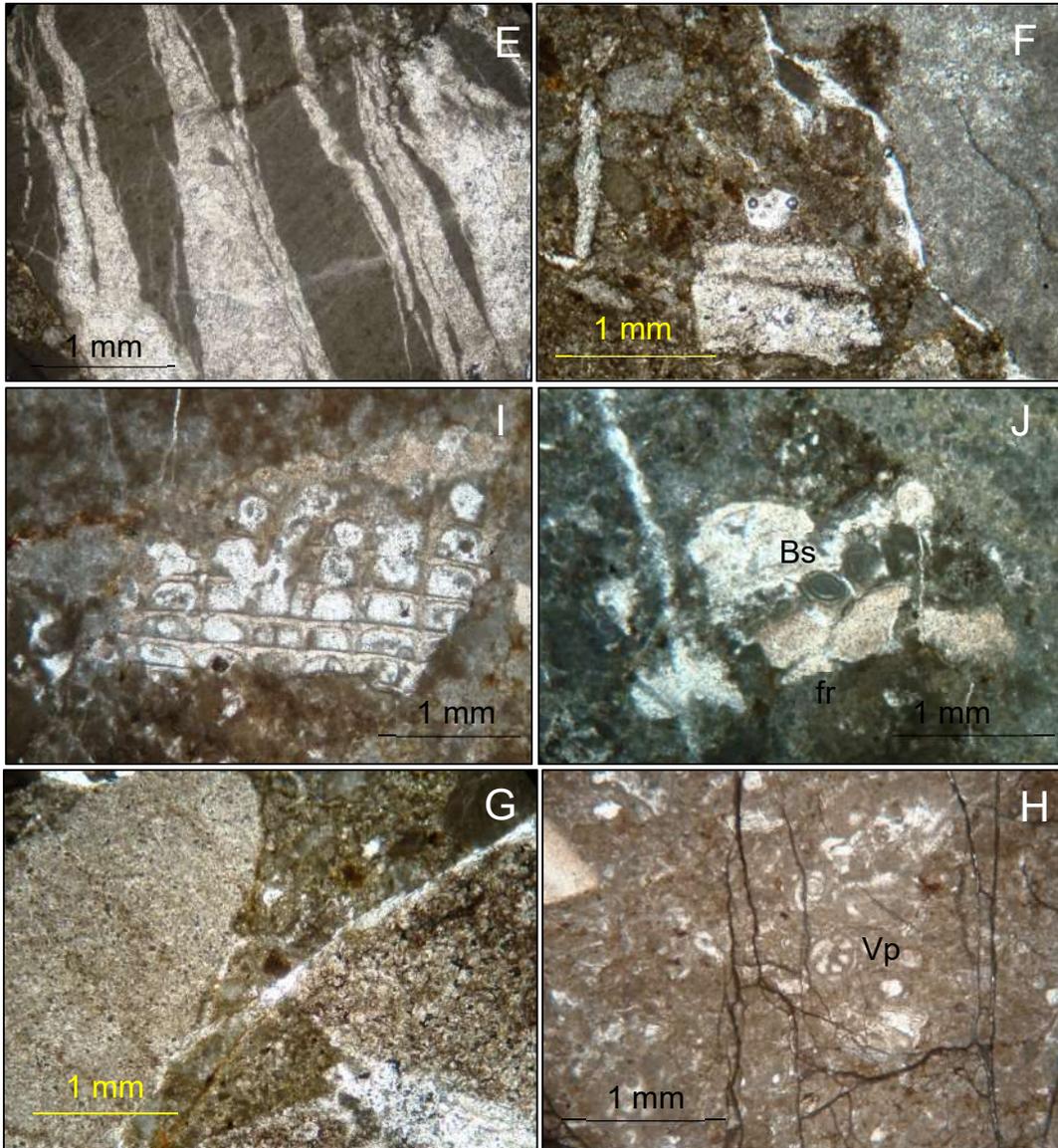
Para una mejor descripción se hace referencia a los términos: traza (1 - 5 individuos), raro (6 - 10 individuos), escaso (11 - 16 individuos), frecuente (17 - 25 individuos) y abundante (más de 25 individuos).

FOTOGRAFÍA 21 CLASTOS DE LAS BRECHAS CALCÁREAS DEL MIEMBRO SUPERIOR DE LA FORMACIÓN COBÁN

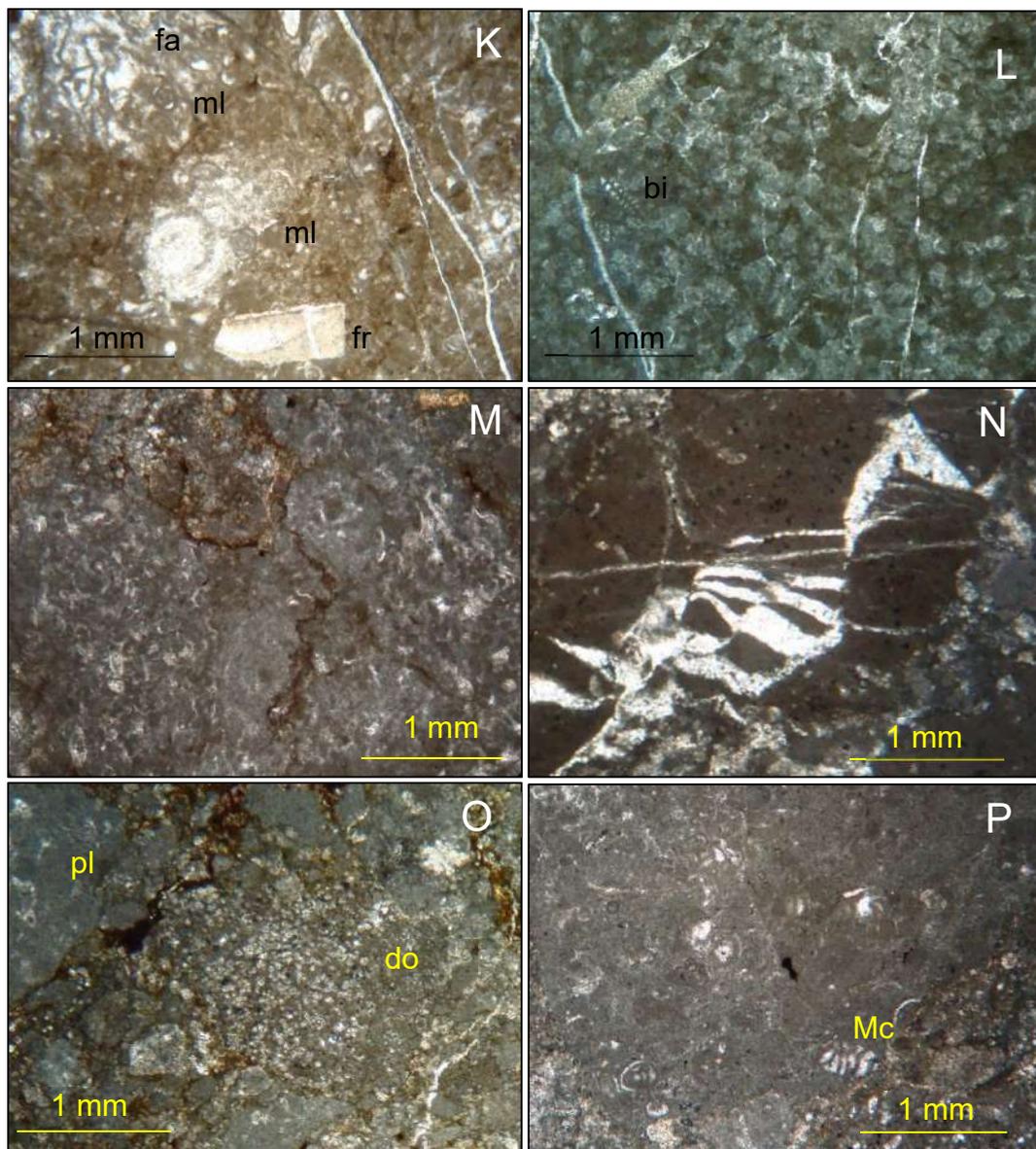
A. Picos estilolíticos y vetas de calcita; textura *wackestone* con trazas de miliólidos y abundantes pellets (izq); textura *mudstone* con trazas de miliólidos (der); B. Clasto con dolomitización; C. Cortes subaxiales de *Merlingina cretácea* (Mc), ostrácodos (os) y otros fragmentos de textura *mudstone* (mud); D. Intraclasto de doloesparita sufriendo dedolomitización. El borde del intraclasto es irregular.



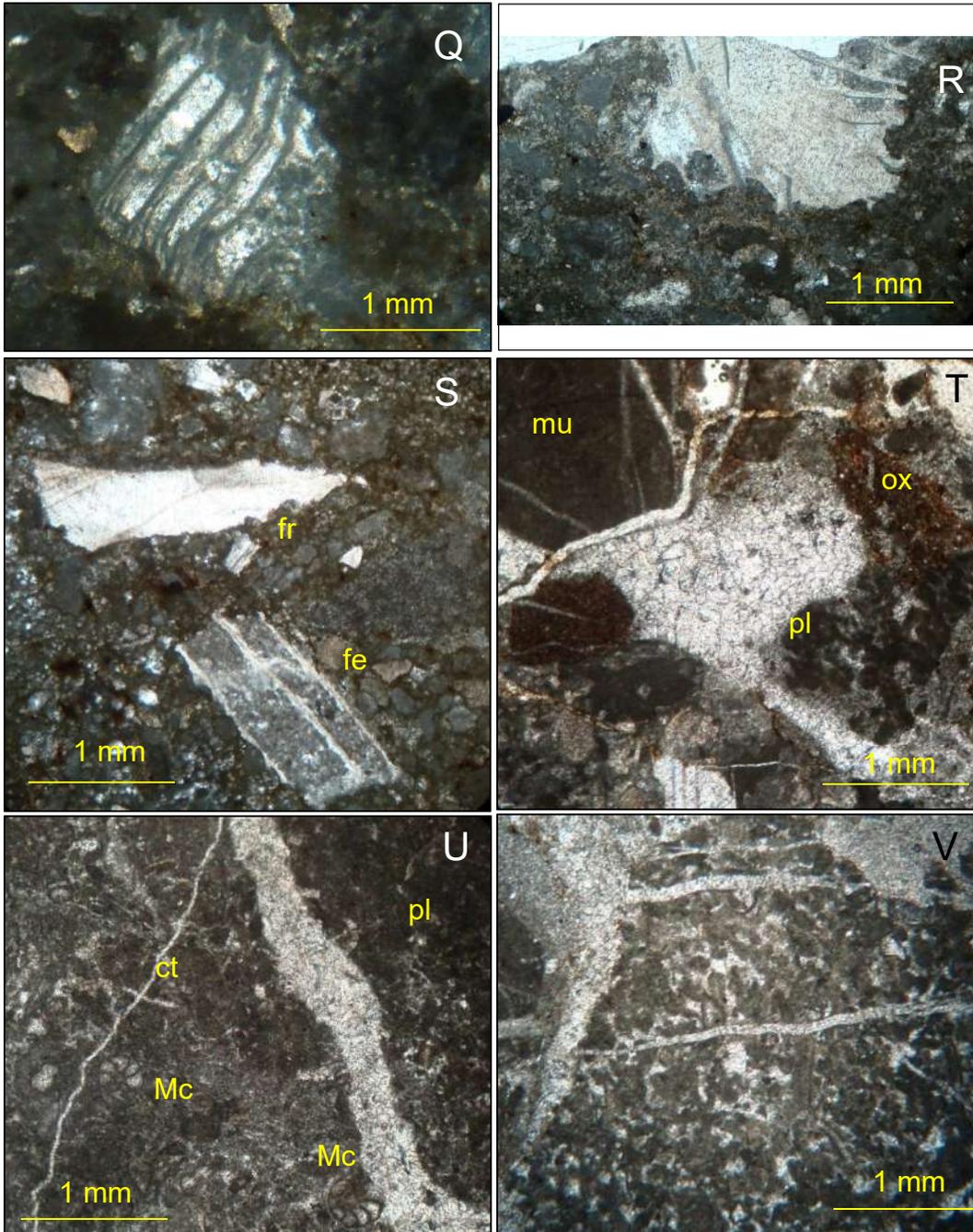
E. Clasto grisáceo con vetas de calcita, con picos estilolíticos irregulares y de gran amplitud en la parte superior; F. Clastos subredondeados a angulosos. La estructura interna de algunos clastos está formada por barro esparítico; G. Intraclasto subredondeado de doloesparita con una leve dedolomitización (izquierda) y anguloso dolomicritico (derecha); H. Clasto con *Valvulammina picardi* (Vp); I. Clasto con un fragmento de rudista mostrando sus criptas; J. Fragmentos de rudistas (fr) con un ejemplar de *Biloculina* sp. (Bs).



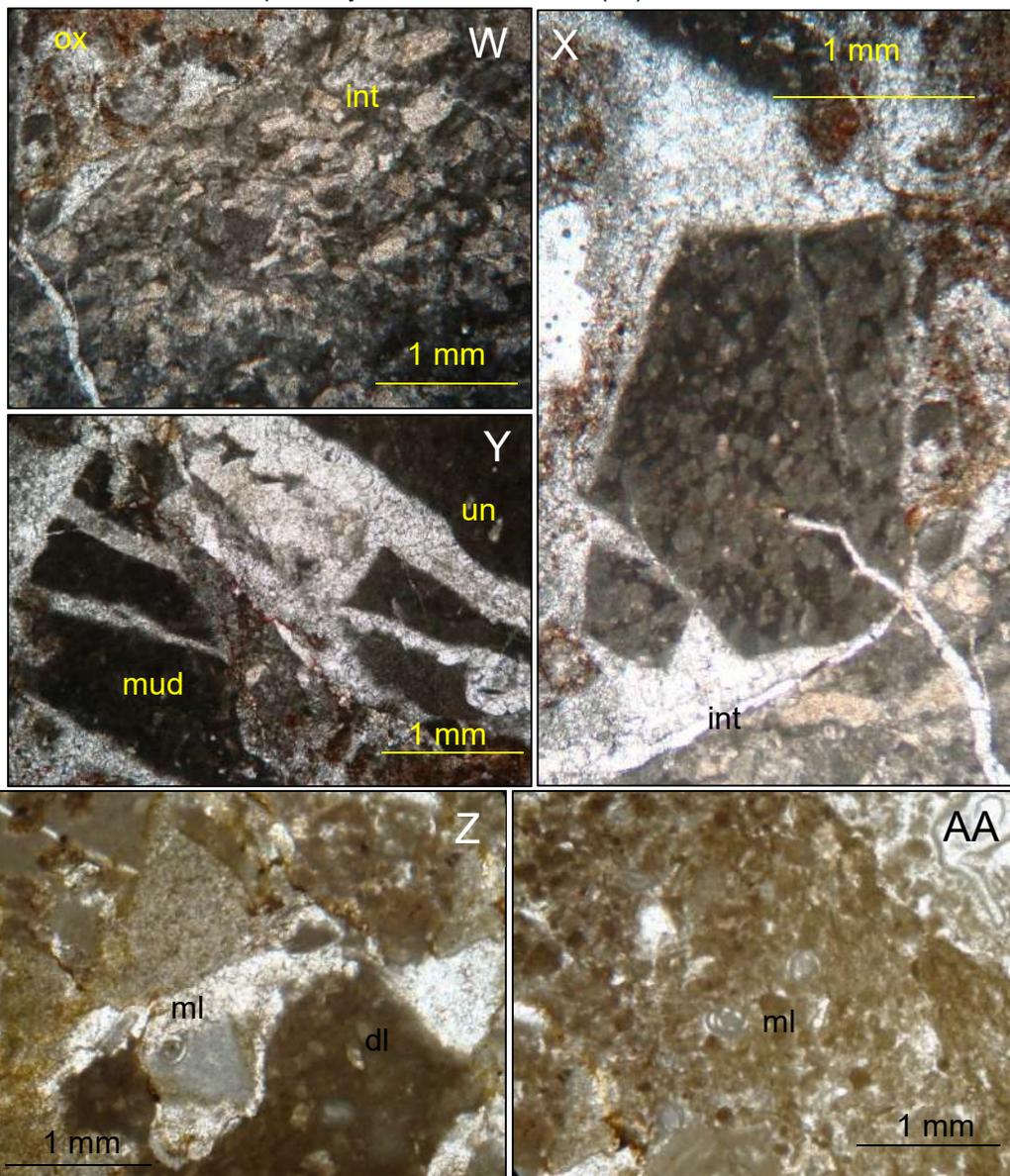
K. Fragmento de alga (fa), fragmentos de rudista (fr) y miliólidos (ml); L. Matriz de micrita sufriendo dolomitización, se observan los rombos de la dolomita, también se observa un foraminífero bentónico biserial (bi); M. Empaquetamiento suturado y picos estilolíticos irregulares, en clastos con colonias de pellets; la textura es grainstone; N. Inclusiones de calcita dentro de los extraclastos, con morfología angular; O. Clastos con desfragmentación en sus bordes, algunos presentan textura grainstone con pellets (pl), otros poseen dolomitización (do), los contactos son de picos estilolíticos irregulares; P. Matriz de la brecha calcárea, textura *mudstone* con raras *Merlingina cretácea* (Mc) y raros pellets.



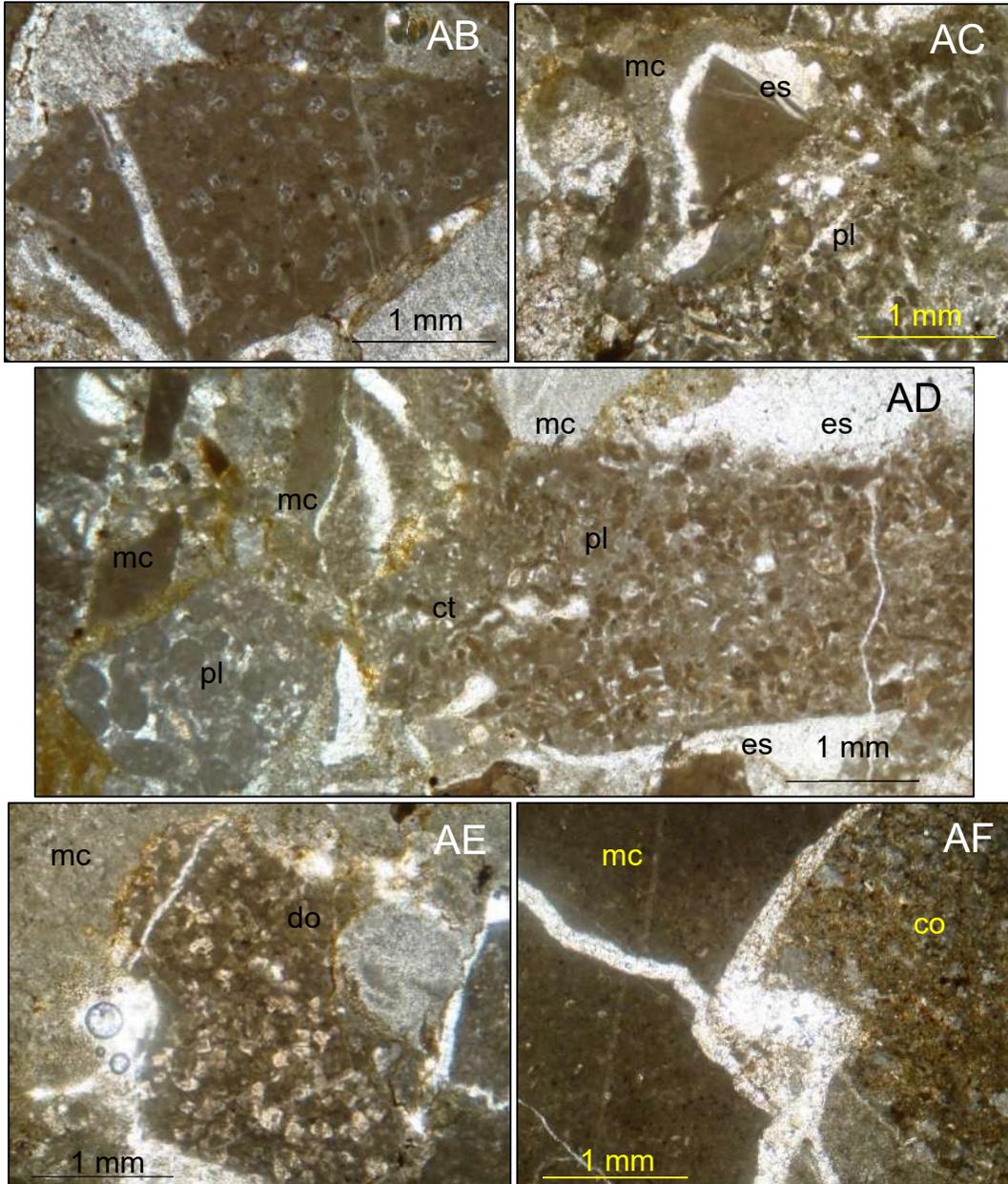
Q. Bioclastos de fragmentos de rudistas en una matriz de micrita; R. Bioclastos con fragmento de rudista, alrededor se muestran otros clastos de textura *mudstone*; S. Fragmentos de equinodermos (fe) y otros pequeños intraclastos, la matriz es una microesparita; T. Brecha calcárea, con pellets (pl), el clasto de la esquina superior izquierda es de textura tipo *mudstone* (mud), en el de la parte central derecha se observa el cemento de esparita (es), en algunas partes hay manchas de oxidación (ox); U. La matriz de la brecha corresponde a una textura *mudstone* con escasos miliólidos, trazas de cortoides (ct), *Merlingina cretácea* (Mc); V. Clasto con abundantes pellets (pl) y vetas de calcita.



W. Intraclastos (int) con pequeñas porciones de manchas de oxidación (ox) y vetas de calcita, cementados por esparita; X. Clasto de calizas de textura nodular con bordes regulares, rodeado por zonas de calcita. Bajo este se observan intraclasto (int); Y. Clastos con traza de foraminíferos bentónicos uniseriales (un), de textura *mudstone* (mud) con vetas de calcita y porciones de manchas de oxidación cementados por esparita; Z. Brecha con cemento de esparita, el clasto oscuro presenta dolomitización (dl) y un pequeño ejemplar de milólido (ml); AA. Clasto de textura grainstone con abundantes pellets y trazas de miliólidos (ml).



AB. Clasto de lodo calcáreo condolomitización, se pueden observar los rombos creados por la sustitución del calcio por el magnesio; AC. Cemento de esparita (es), matriz de micrita (mc) con clastos de calizas peletoidales (pl) y de lodo calcáreo; AD. El clasto del lado derecho corresponde a calizas con abundantes pellets (pl) y escasos cortoides (ct); el clasto del lado izquierdo inferior corresponde a calizas con pellets (pl) de mayor tamaño. Cemento de esparita (es) y otros clastos de micrita (mc); AE. Clasto dolomitizado (do), también se observa la matriz de lodo calcáreo (mc); AF. Del lado izquierdo puede observarse un clasto de lodo calcáreo oscuro (mc), del lado derecho un clasto que parece haber sufrido corrosión (co), lo que dejó vacíos que después fueron rellenos por la matriz de lodo calcáreo.



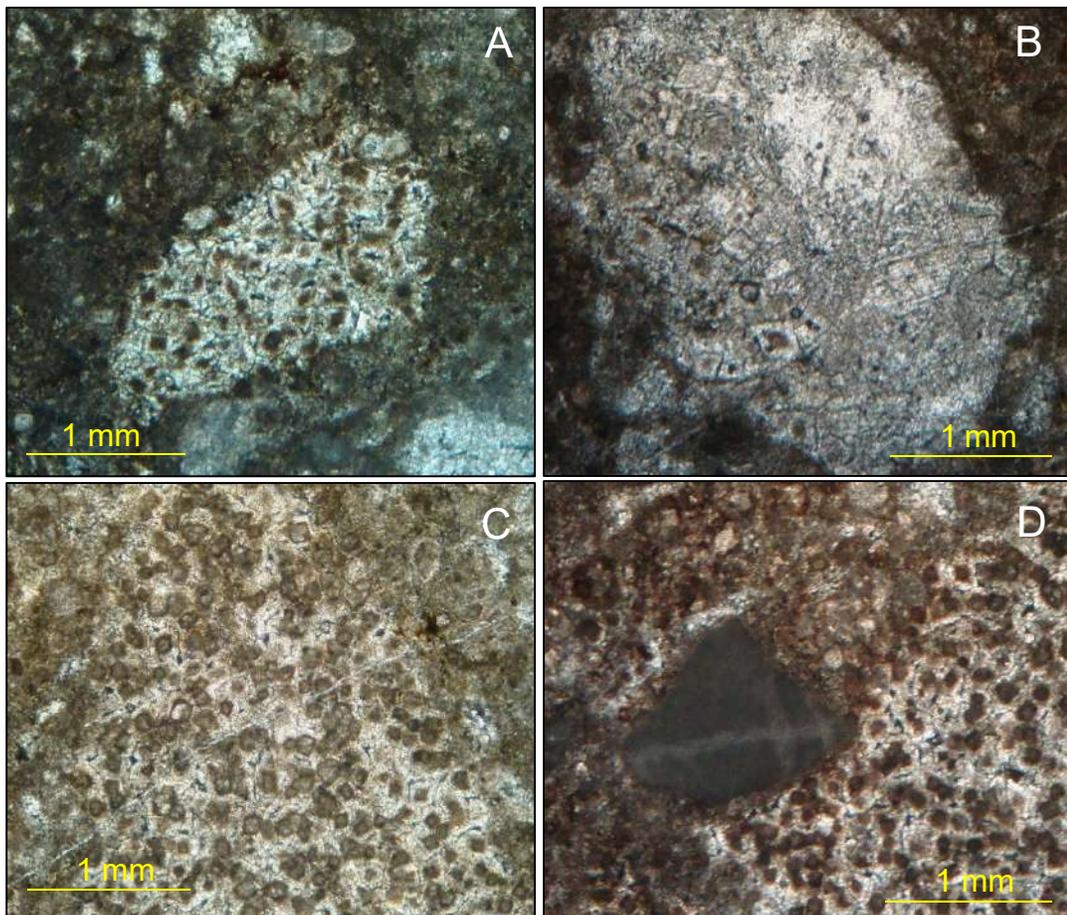
Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

Los clastos de las brechas de composición más dolomítica, pero siempre dentro del mismo nivel de

brechas calcáreas nivel 3, poseen abundantes clastos de calcita con dolomitización. Algunos de ellos son de doloesparita, muestran una clara zonación en los cristales de dolomita, que probablemente hacen referencia al crecimiento de los cristales (fotografía 22).

FOTOGRAFÍA 22 CLASTOS DE DOLOMITIZACIÓN Y DE DEDOLOMITIZACIÓN

A. Brecha caótica, el clasto que se encuentra al centro posee una textura diagénética, la esparita esta siendo reemplazada por dolomita, la cual se observa posee una forma romboédrica, algunos de los cristales de dolomita presentan zonación. La matriz de la brecha dolomicrita; B. El clasto corresponde a una dolomita, los cristales poseen zonación, la textura es diagénética; C. Clasto de calcita completamente reemplaza por dolomita, los cristales muestran una forma romboédrica y algunos presentan cierta zonación. La matriz parece ser de dolomicrita sufriendo una leve dedolomitización; D. Fragmento lítico con una textura micrítica de color gris oscuro y un clasto de esparita con dolomitización avanzada; la matriz corresponde a composición dolomítica sufriendo dedolomitización.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3) Matriz

Es de color gris, de composición calcárea, de textura tipo *mudstone* con raros fragmentos y ejemplares completos de *Merlingina cretácea*. Bastante uniforme en todas las brechas que fueron analizadas, no posee alguna estructura en sección delgada. En relación al porcentaje de cemento y de clastos, la matriz es poco abundante. Incluso hay brechas en las que únicamente se observa cemento.

La matriz de las brechas con clastos dolomitizados, corresponde a una matriz de composición dolomítica que es afectada por dedolomitización. Probablemente en el momento de la diagénesis hubo más fluidos calcáreos que dolomíticos; contrario a lo que sucedió cuando se formaron los clastos.

3.3. Pseudobrechas

Las pseudobrechas ocurren a nivel local asociadas a la Formación Cobán Superior; Walper (1960) hizo mención de ellas dentro del área de Alta Verapaz. La pseudobrecha posee la textura de una brecha común, sin embargo, se trata de una roca de aspecto moteado. De acuerdo a las características vistas en campo sobre esta roca, se puede decir que su aspecto se lo debe a dos procesos distintos: 1) que se da por diferentes tamaños de los granos de calcita, asociado al crecimiento de los cristales de micrita a esparita dentro de la roca o 2) por dolomitización.

Según Blount y Moore (1969), estas pseudobrechas son de origen diagenético y en sección delgada se pueden ver como clastos que

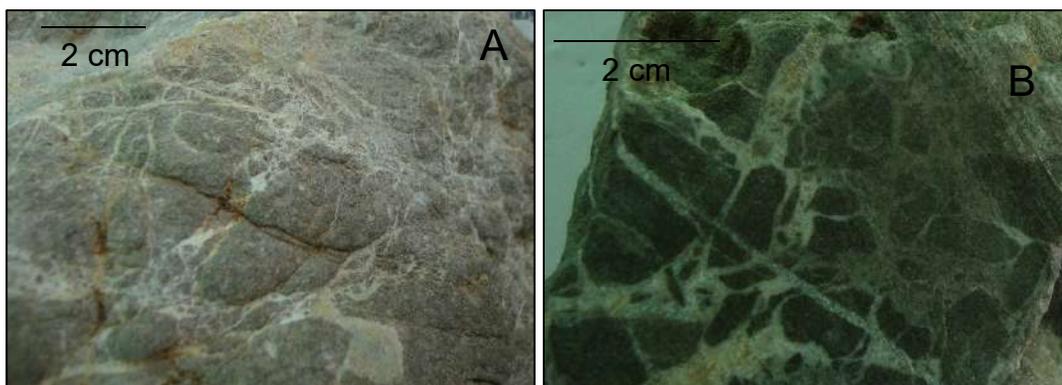
corresponden 1) al crecimiento de los cristales de calcita o 2) a la dolomitización que sufren los cristales de calcita (fotografía 23) y se distribuyen como parches en toda la roca dando la apariencia de brechamiento.

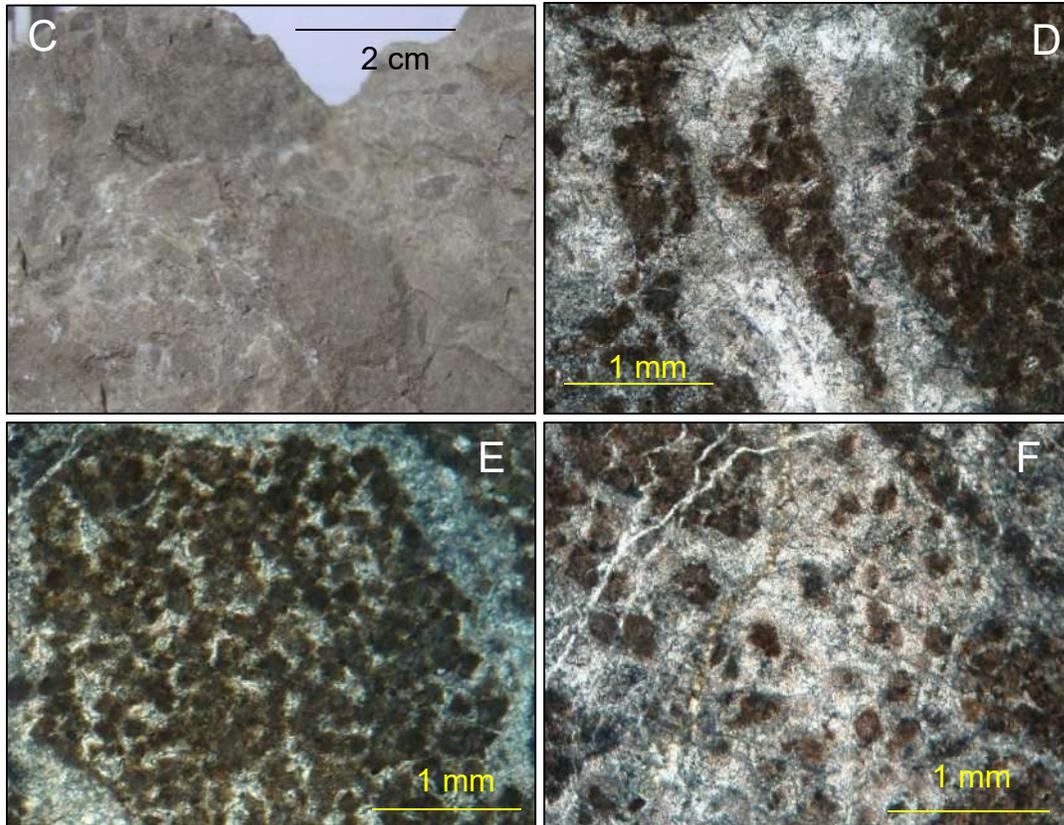
Por lo regular están asociadas a calizas como arcillosas que ocurren a veces en la base de la Formación Cobán Superior, las cuales poseen como fracturas rellenas de calcita. De acuerdo a lo que Blount y Moore sugieren, estas brechas ocurren a lo largo de zonas de fractura.

En el área de estudio no se encuentran en proporciones mapeables, sin embargo, se hace mención de ellas para evitar confusiones con respecto a que correspondan a cambios laterales o sean parte de otro nivel de brechas.

FOTOGRAFÍA 23 PSEUDOBRECHAS

A. Aspecto moteado sobre una caliza arcillosa con microfracturas rellenas de calcita espática; B. Recristalización de calcita blanca entre los granos más oscuros; C. Pseudobrecha causada por la dolomitización de una caliza; D. Sección delgada que muestra el crecimiento de los cristales, provocando la recristalización de la micrita por esparita; E. Pseudoclasto con leve recristalización que se encuentra rodeado por una pseudomatriz de esparita; F. Avanzado crecimiento de los cristales, solamente quedan romboides de micrita rodados por la esparita.





Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3.4. Brechas tectónicas

Estas brechas ocurren dentro de la zona de estudio, muy relacionadas a la actividad de fracturas o fallas locales de gran extensión. Estas brechas son por lo regular oligomícticas, friables con una matriz pulvurenta de color gris oscuro, poseen clastos muy angulosos, la mayoría de ellas no tienen dirección preferencial ni gradación.

En la localidad de Cojilá, en San Juan Chamelco se observan asociadas a un pliegue de arrastre, más adelante, sobre la carretera rural que conduce de la aldea Chajaneb hacia la aldea Chamil se observó una gran extensión de roca triturada, resultado de fallamiento inverso en el área.

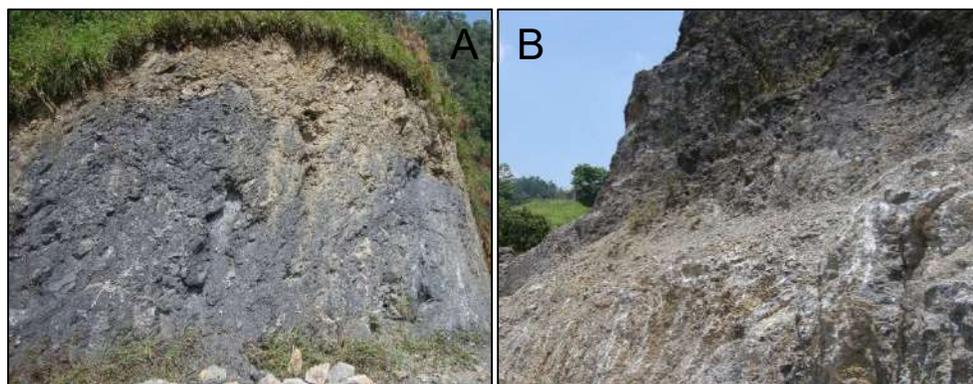
En las afueras del municipio de Santa Cruz Verapaz, sobre la carretera que conduce hacia Cobán también se encuentran pequeños lentes de brecha tectónica con matriz de coloración oscura, los clastos son por regular pequeños. Esta misma brecha también se observa en el área de Chijou, en una cantera ubicada en las coordenadas: 783300E, 1702050N. Estas brechas están relacionadas a una falla inversa que es regional y paralela a la Falla de Chixoy - Polochic.

En la localidad de Tontem, cerca de Zapatá se observaron dos canteras que presentan la brecha producida por una falla sinistral en dirección noreste - suroeste que limita las brechas del nivel 1 (Bc1).

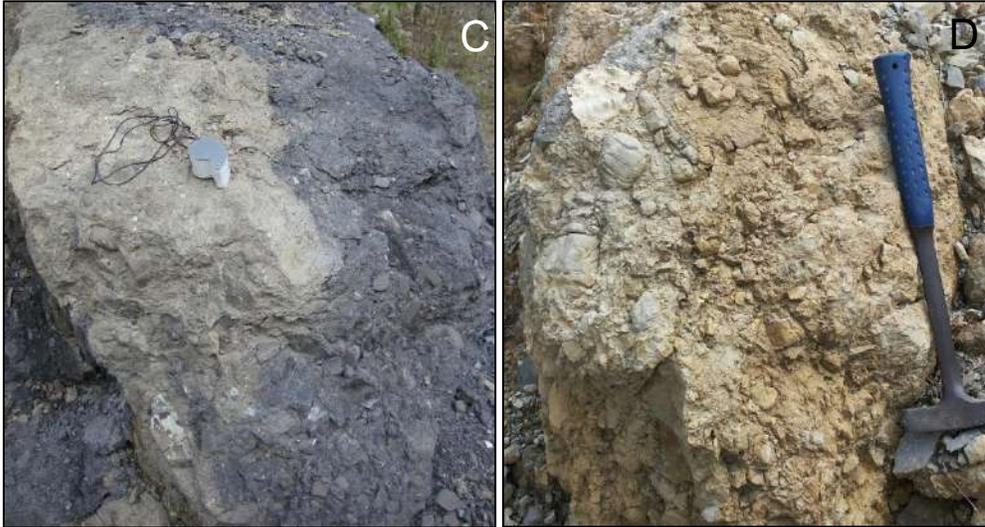
En la cumbre de la aldea Sanimtacá, del municipio de Cobán, se encuentra una gran extensión de una brecha tectónica. Algunos clastos presentan laminaciones, otros poseen calcita, incluso pirita; la roca es cristalina. La brecha tiene una orientación preferencial hacia el oeste, aunque es solo en una parte, el resto del afloramiento no muestra algún orden. En la fotografía 24 se observan las localidades donde se encuentra la brecha tectónica de mayor volumen.

FOTOGRAFÍA 24 BRECHA TECTÓNICA

A. Brecha tectónica con dirección al oeste de la localidad de Sanimtacá. B. Brecha tectónica resultado del fallamiento normal que limita las brechas de nivel 1 (Bc1).



C. Brecha tectónica relacionada al pliegue volcado de la aldea Cojilá. D. Brecha tectónica resultado de un fallamiento inverso sinistral en la aldea Chajaneb.



Tomada por: Sergio Alejandro Valdez Paredes. 2016.

3.5. Discusión de resultados

El cuadrángulo Cobán posee una base litológica conformada por las formaciones geológicas de edad Pérmica, entre las que se encuentran rocas metamórficas de la Formación San Gabriel en San Cristóbal Verapaz; seguida de la Formación Tactic superior que consiste de lutitas y calizas intercaladas.

Discordantemente sobre esta formación se encuentra la Formación Chochal que corresponde a calizas fosilíferas y dolomías; sin embargo, al sur del cuadrángulo se observó bastante cristalina, algunas veces dolomítica; pero aún no se han encontrado fósiles relacionados a dicha formación en este cuadrángulo.

De edad Jurásica – Cretácica se encuentra la Formación Todos Santos; probablemente exista al sur del área cubierta por cenizas volcánicas y abundante vegetación. Relacionada a esta formación se encontró el miembro superior que corresponde a la Formación San Ricardo; en la base se hallan lodolitas claras, la parte media corresponde a calizas

negras cristalinas, calcarenitas, tempestitas bioclásticas, calizas intercaladas con lutitas y oolitos; lo que posiblemente corresponde a lo que Richards denomina Caliza La Ventosa. Sobre esta secuencia se encuentra un conjunto de estratos laminados de limolitas, tal como lo describe Richards (1963), antes de llegar a la Arenisca Rosario que no se observó en esta investigación.

La Formación San Ricardo pudo haberse depositado en un ambiente marino marginal, en la zona epinerítica según Richards; las lodolitas fueron depositadas en una zona de circulación pobre; en una parte más somera se depositaron calcarenitas con restos de bivalvos y las tempestitas, resultado de un ambiente de alta energía y por las características que guardan con tormentas proximales.

El posible foraminífero bentónico *Aulotortus* es depositado en aguas carbonatadas someras, de edad Jurásico tardío – Cretácico temprano. Algunos autores atribuyen el depósito de oolitos y pellets de playa a un evento transgresivo durante el Cretácico temprano. La edad que le atribuyen a la Formación San Ricardo es del Kimmeridgiense–Valanganiense.

Varios autores le asignan una edad Berriasiense-Aptiense al miembro Arenisca El Rosario de la Formación San Ricardo, sin embargo, en el área de estudio solo se encuentra una gran discontinuidad. Se sospecha que la formación de las brechas calcáreas del nivel 1 esté asociado con alguna edad entre dicho rango.

Estas brechas son tomadas en la presente investigación como base del miembro inferior de la Formación Cobán (figura 8), fueron creadas a partir de la erosión de estratos pertenecientes a la Formación San Ricardo,

ya que los clastos de las brechas corresponden a estratos observados dentro de dicha formación.

Entre las brechas se encontraron remanentes de yeso y porosidad móldica que evidencian la presencia de evaporitas, las cuales ya no se encuentran en el área de estudio. Es posible que los niveles brechosos estén asociados a eventos de transgresión, en los cuales la erosión era intensa. El ambiente de formación de estas brechas se considera por varios autores como supramareal y de plataformas evaporíticas sabkha; dan así como resultado la brecha peritidal y marina somera, las cuales se depositan en el escenario inter - supratidal y en la playa, como lo muestra la figura 6.

FIGURA 6
POSIBLE AMBIENTE DE FORMACIÓN PARA LAS
BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 1

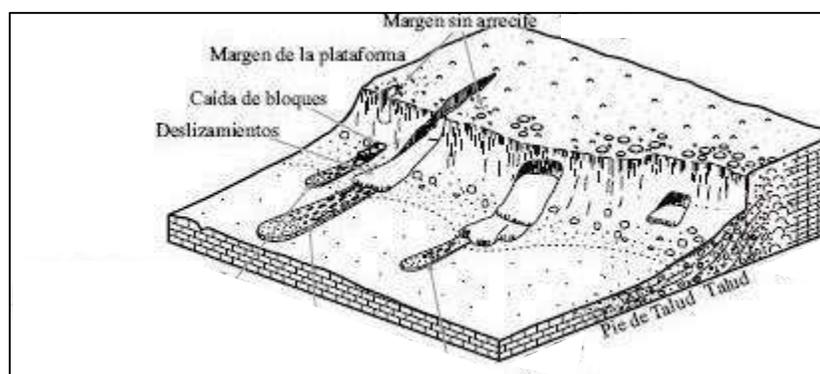
Morfología	DOMINIO CONTINENTAL	DOMINIO MARINO					
		Plataforma			Cuenca		
Dinamismo		Supratidal	Intertidal	Subtidal		Barrera	Marino+/-profundo
			Brechas calcáreas nivel 1 (Bc1)				
Tipos de depósito	-Kársticos -Lacustres	- Sabkha	- Lagoon		- Arrecife		- Turbiditas proximales - Turbiditas distales

Fuente: Modificado de Rene Marroco, 1989.

Este nivel de brechas son de origen deposicional, sin embargo, entre las características de los clastos se observaron picos estilolíticos lo que puede estar relacionado directamente con la diagénesis. Sobreyaciendo a este miembro de brechas se encuentran unas calizas con miliólidos, seguidas de las brechas calcáreas nivel 2, las cuales fueron creadas a partir de posibles transgresiones y erosión (figura 7).

A diferencia del nivel anterior, estas brechas pudieron formarse en un ambiente con mayor perturbación, la cual se observó en la abundante fragmentación de los clastos, además existió un mayor transporte ya que los clastos se encuentran subredondeados, pero son de baja esfericidad. Es probable que estas brechas se hayan transportado en el talud de la plataforma (figura 7), depositándose en lugares un poco más profundos, como al pie de talud, por ejemplo; ya que sobre este nivel se encuentra una secuencia de calizas y dolomías cristalinas.

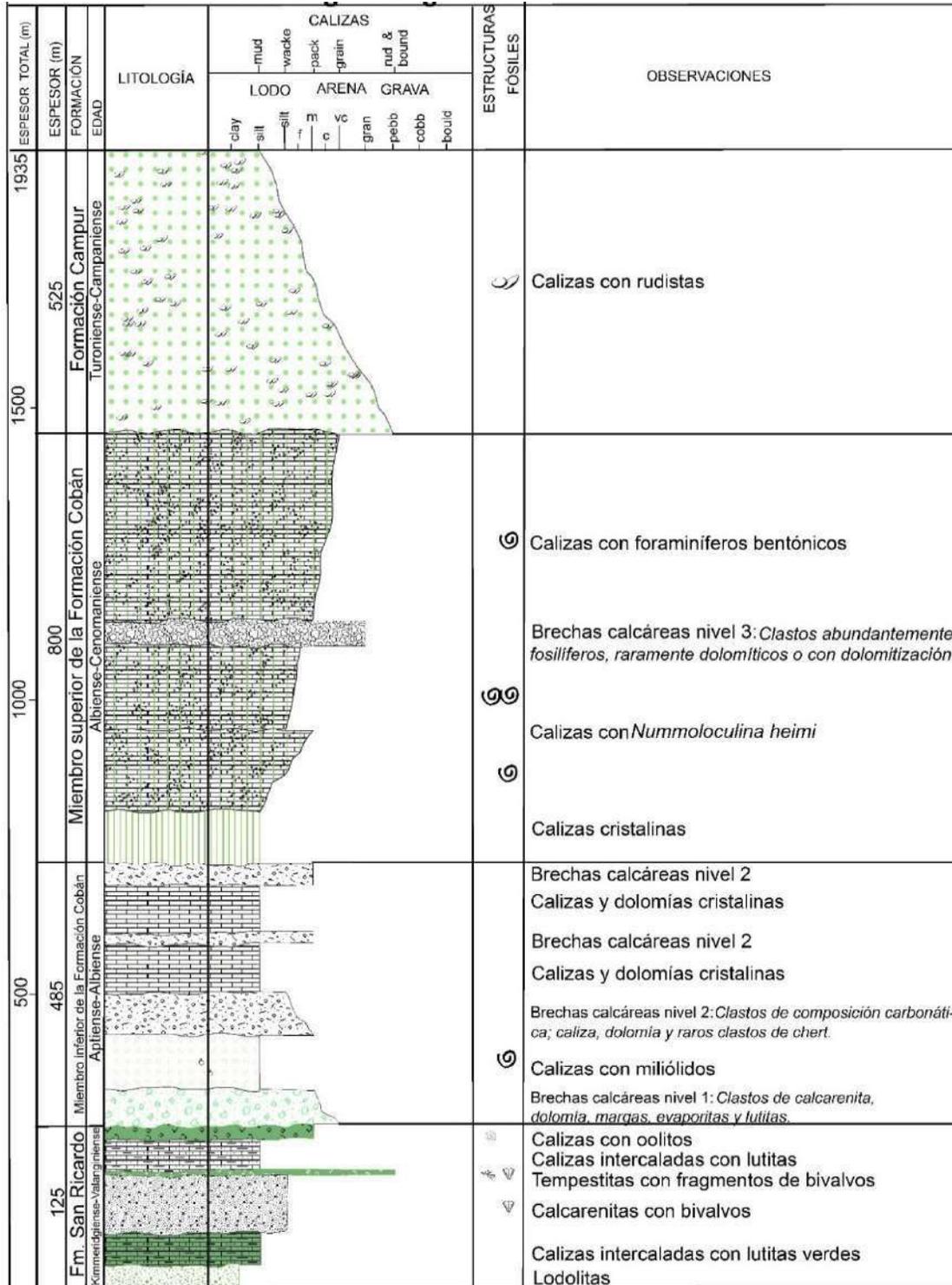
FIGURA 7 POSIBLE AMBIENTE DE FORMACIÓN PARA LAS BRECHAS CALCÁREAS NIVEL 2



Fuente: Modificado de: Rodríguez Hernández, 2009.

Las calizas incluyen una microfauna típica de profundidad que incluye espículas de esponja y miliólidos de un tamaño microscópico. Las dolomías fueron el aporte para la creación de unas brechas que son asignadas dentro del mismo nivel, pero que varían en que los clastos son más angulosos y de composición dolomítica. Posiblemente corresponda a un nivel más superior; lo cual también es confirmado en las intercalaciones observadas en el campo. El ambiente de formación para esta unidad, es asignada a una plataforma interna carbonatada, de edad Aptiense-Albiense (Fourcade *et. al.*, 1994).

FIGURA 8
COLUMNA ESTRATIGRÁFICA GENERALIZA DEL ÁREA DE ESTUDIO



Fuente: Trabajo de campo y gabinete. 2016.

Discordantemente y a través de contactos a veces cubiertos o fallados se encuentra la Formación Cobán superior (figura 8), el ambiente es asignado a una plataforma externa. En el área de estudio fue posible observar marcadores biestratigráficos, tales como: *Nummoloculina heimi*, *Merlingina cretácea*, *Pseudorhapydionina chapanensis*, *Dicyclina schlumbergeri*, *Biloculina sp.*, *Nummoloculina regularis*.

Toda esta asociación faunística se encuentra sobre un miembro de brechas calcáreas (nivel 3), las cuáles se encuentran sobre calizas cristalinas y *mudstone – packstone* de *Nummoloculina heimi* (figura 8). Estas brechas son deposicionales y consisten de clastos de rocas pre-existentes de abundante contenido fosilífero; en una matriz de *mudstone* con trazas de *Merlingina cretácea* que indican que la formación de las brechas ocurrió probablemente en el Cenomaniano temprano.

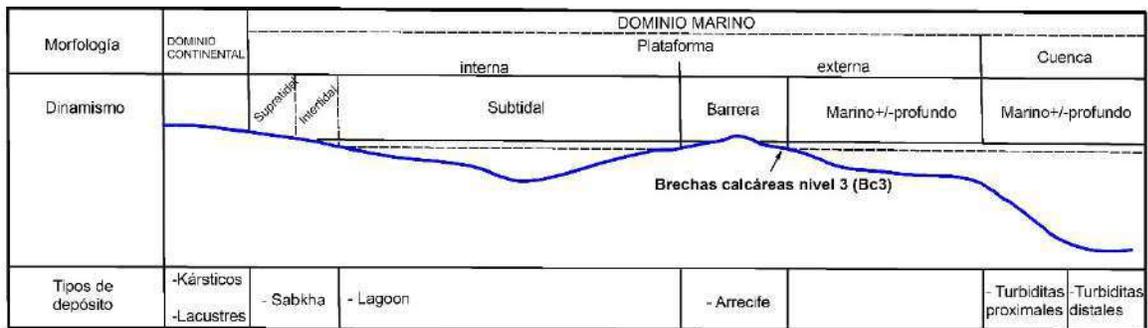
Las microfacies observadas en las brechas son de: *wackestone* con trazas de miliólidos y abundantes pellets, *mudstone* con trazas de miliólidos, *packstone* con raras *Merlingina cretácea* y trazas de ostrácodos, *grainstone* de pellets, *wackestone* con fragmentos de rudistas, fragmentos de equinodermos y trazas de fragmentos de algas calcáreas.

El origen de estas brechas está relacionado directamente al ambiente sedimentario en el que se generan, no sufren transporte ya que son generadas al margen de la cuenca, ligados a la erosión de los estratos que quedan en dicho límite, corresponden a brechas de antearrecife (figura 9).

En algunas localidades la brecha se encuentra cabalgando al miembro superior de la Formación Cobán, lo que ocasiona que parezca que tiene intercalaciones con esta última, por esta razón en otras localidades posee un contacto fallado con la Formación Campur. Pero en realidad la

secuencia estratigráfica deja a las brechas por encima de las calizas *mudstone – packstone* de *Nummuloculina heimi* y por debajo de las calizas con abundante contenido fosilífero.

FIGURA 9
POSIBLE AMBIENTE DE FORMACIÓN PARA LAS BRECHAS
CALCÁREAS NIVEL 3



Fuente: Modificado de Rene Marroco, 1989

CONCLUSIONES

- a) Se determinaron 3 niveles de brechas calcáreas sinsedimentarias. El primer nivel se encuentra debajo del miembro inferior de la Formación Cobán y corresponde a la base de dicho miembro. El segundo nivel se encuentra sobre un miembro de calizas con miliólidos del miembro inferior de la Formación Cobán y posee intercalaciones con calizas cristalinas y dolomías. El tercer nivel se encuentra en el miembro superior de la Formación Cobán.
- b) Las pseudobrechas están relacionadas a planos de fracturas en donde el principal elemento que da origen a estas rocas es la recristalización de micrita a esparita, también se pueden originar por la dolomitización; ambos factores otorgan un aspecto moteado a la roca.
- c) Las brechas calcáreas del nivel 1 poseen clastos en su mayoría de dolomías, el empaquetamiento corresponde a clasto soportado en una selección extremadamente pobre, con clastos angulares a subangulares, comúnmente cortados por venas de calcita; con una matriz de dolomicrita o doloesparita a veces con porcentajes de yeso. No posee algún tipo de gradación y son de composición polimíctica. Algunos clastos sufren dolomitización y dedolomitización. Estas brechas fueron formadas a partir de estratos preexistentes pertenecientes a la Formación San Ricardo y corresponden al tipo de brecha deposicional peritidal y marina somera.
- d) Las brechas calcáreas del nivel 2 poseen clastos de composición oligomíctica, tienen una gradación granodecreciente a nivel local, los

clastos son de calizas o dolomías. El empaquetamiento es clasto soportado moderadamente seleccionado en la base y bien seleccionado hacia el techo, la forma de los clastos va de subangular a redondeado. La matriz corresponde a calcita espática. El transporte es cercano, debido a su baja esfericidad. Probablemente corresponden a brechas de talud consolidadas en partes profundas.

- e) Las brechas calcáreas del nivel 3 poseen abundantes clastos fosilíferos, fueron creadas por la erosión de los límites de la cuenca, la presencia de *Merlingina cretácea* en la matriz indica que el origen fue posiblemente durante el Cenomaniense temprano. Poseen cemento de esparita y cabalgan a la Formación Cobán superior. Algunos clastos están unidos por medio de picos estilolíticos, lo que indica presión en la diagénesis, sin embargo, corresponden a brechas de antearrecife.

- f) Se encontraron miembros correspondientes a la Formación San Ricardo, un posible miembro inferior que consiste de lodolitas; un miembro medio que posee calizas cristalinas intercaladas con lutitas verdes a grisáceas, calcarenitas bioclásticas con frecuentes bivalvos, tempestitas de tormentas proximales de abundantes bivalvos, calizas con *Aulotortus sp.* intercaladas con lutitas y en el techo oolitos y un conjunto de estratos de limolitas.

RECOMENDACIONES

- a) Realizar mapeos geológicos al sur del cuadrángulo Cobán, para caracterizar la estratigrafía de las unidades litológicas de edad pérmica que no han sido descritas en este estudio.
- b) Identificar los posibles niveles de brechas sedimentarias en los cuadrángulos adyacentes a la hoja geológica Cobán, para correlacionarlos con las brechas calcáreas determinadas en este trabajo.
- c) Realizar perforaciones sobre los miembros de brechas sedimentarias para determinar espesores y relaciones más detalladas con la Formación Cobán.
- d) Investigar con mayor detalle las localidades que se mencionan para la Formación San Ricardo en este trabajo con base en la localidad tipo descrita por Richards (1963).

BIBLIOGRAFÍA

- Adams, AE. y William Smith Mackenzie. *Carbonate sediments and rocks under the microscope*. Barcelona, España: Masson, 1998.
- Bartolini, Claudio. Et.Al. *The western gulf of Mexico basin: tectonics, sedimentary basins, and petroleum systems*. United States of America: The American Association of Petroleum Geologist, 2001.
- Blount, Don N. y Clide H. Moore. "Depositional and Non-Depositional Carbonate Breccias, Chiantla Quadrangle, Guatemala". *Geological Society of America Bulletin*. 80, (marzo, 1969): 429 – 442.
- Bonis, Samuel. *Geologic reconnaissance of the Alta Verapaz fold belt, Guatemala*. Tesis de doctorado en filosofía. Universidad estatal de Louisiana. United States of America: Departamento de geología, 1967.
- Carrasco Velázquez, BE. "Evaluación de paleokarst en las plataformas calcáreas del Albiano superior en México, Guatemala y Honduras". *Ingeniería Investigación y Tecnología*. XII, 2, (2011): 165 – 178.
- Donnelly, Thomas W. Et.Al. *The Geology of North America. Los Bloques Maya y Chortis*. United States of America: The Geological Society of America, 1990.
- Dutro, Thomas. Et.Al. *Age data sheets*. United States of America: American geological institute, 1989.
- Flügel, Erick. *Microfacies analysis of limestones*. Alemania: Springer, 1982.
- . *Microfacies of carbonate rocks*. Alemania: Springer, 2004.
- Fornós, Joan, Et.Al. *Brechas y palokarst en los depósitos jurásicos de la Serra de Tramuntana de Mallorca*. Islas Balaeres, España: Universitat de les Illes Balears, 1987.
- Fourcade, Erick. Et.Al. *Dating of the Settling and Drowning of the Carbonate Plataform, and of the Overthrusting of the Ophiolites on the Maya Block during the Mesozoic, Guatemala*. Berlin, Germany: Stuttgart, 1994.

- Godinez Urban, Antonio. *Paleomagnetismo de la Formación Todos Santos, Chiapas, México*. Universidad Nacional Autónoma de México. Querétaro, México: Centro de Geociencias, 2009.
- Mackenzie, William Smith y Adams, A. E. *Atlas en color de rocas y minerales en lámina delgada*. Barcelona, España: Masson, 1997.
- Mandunjano, Jaime y Mario Vázquez. *Reseña bibliográfica y análisis estratigráfico de la Sierra de Chiapas*. México: Instituto Mexicano del Petróleo, 1996.
- Meurs, Van. *Final report of the petroleum and energy development Project*. Guatemala: Energy consultants, 1980.
- Michaud, François. *Stratigraphie et paleogeographie du mésozoïque du Chiapas Sud est du Mexique*. Paris, Francia: Universeté Pierre et Marie Curie, 1987.
- , Et.Al. "El Cretácico medio y superior de la parte meridional del Bloque Maya, Guatemala". *Journal of South American Earth Sciences*. 5, 3, (marzo, 1992): 229 – 236.
- Millan, SM. *Preliminary stratigraphic lexicon north and central Guatemala*. Newfoundland, Canada: St. Johns, 1979.
- Oviedo García, Angélica. *Rudistas del cretácico superior del centro al sureste de México*. Tesis de doctorado en paleontología. Universidad autónoma de España. Barcelona, España: Unidad de paleontología del Departamento de Geología, 2005.
- Richards, HG. "Stratigraphy of earliest mesozoic sediments in southeastern Mexico and western Guatemala". *Bulletin of the American Association of Petroleum Geologists*. 47, 10, (octubre, 1963): 1861 – 1870.
- Rocas sedimentarias*. <http://www.fcnym.unlp.edu.ar/catedras/sedimentologia/pdf/textura.pdf> (30 de junio de 2014).
- Rodríguez, Alfonzo. Et.Al. *Ingeniería de suelos en las vías terrestres: carreteras, ferrocarriles y aeropistas*. México: Editorial Limusa, 2001.
- Rodríguez, Edgard. Et.Al. "Análisis sedimentológico-facial de clastos formadores de brechas calcáreas cretácicas de una zona transicional plataforma-cuenca en el centro de México". *Revista mexicana de ciencias geológicas*. 26, 3, (2009): 674 – 695.

Tucker, Maurice. Et. Al. *Carbonate Sedimentology*. Universidad de Durham.
Oxford, Inglaterra: 1990.

Walper, Jack L. "Geology of Cobán-Purulhá area, Alta Verapaz, Guatemala" *The
Bolletín of the American Association of Petroleum Geologist*. 44, 8,
(agosto, 1960): 1273 – 1316.

V.° B.°



A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Adán García Véliz', written over a horizontal line.

Adán García Véliz
Licenciado en Pedagogía e Investigación Educativa
Bibliotecario

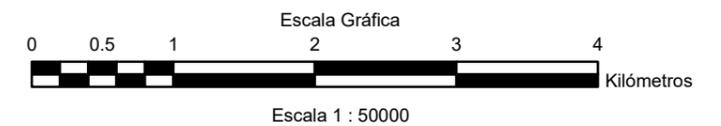
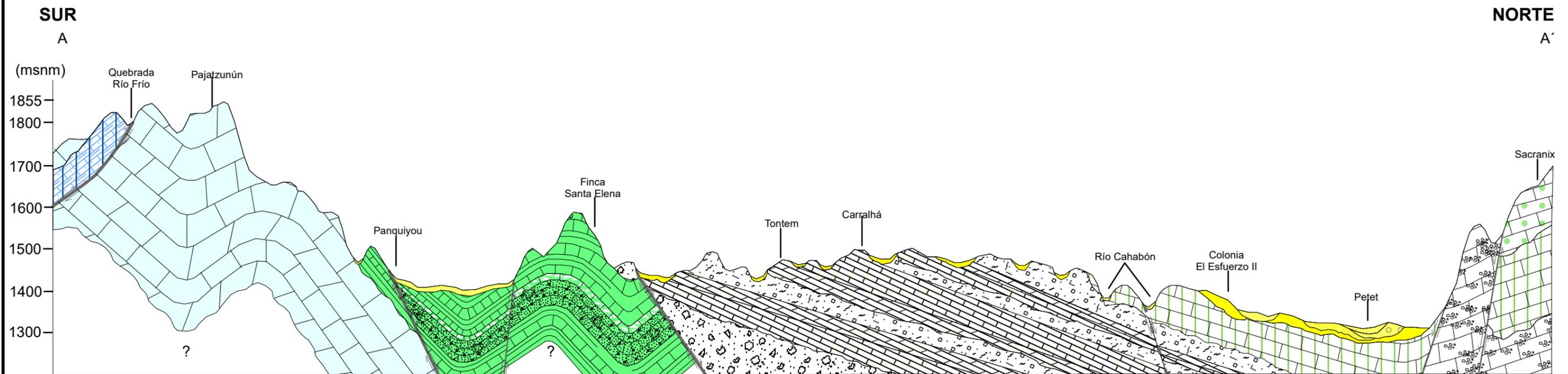
ANEXOS

Anexo 1. Características sedimentológicas de las brechas sedimentarias del cuadrángulo Cobán.

Brecha	Matriz	Litología de los clastos	Empaquetamiento de los clastos	Selección de los clastos	Redondez de los clastos	Esfericidad	Límite matriz-clasto	Relaciones de campo
Calcárea, nivel 1	Calcáreas con ciertos porcentajes de yeso, a veces es de dolomita o doloesparita, muy pocas veces de matriz de calcita espática.	Calcarenitas, dolomías, margas, raros clastos de evaporitas, lutitas y chert	Mayormente grano soportado	Extremadamente pobre	Muy angulares a subangulares	Baja	Anguloso o irregular en donde la matriz empieza a reemplazar la superficie de los clastos	Restringida a la base del miembro inferior de la Formación Cobán
Calcárea, nivel 2	Calcita cristalina o cemento	Composición carbonática: caliza y/o dolomía y raros clastos de chert	Grano soportado en la base	Moderadamente seleccionada	Subangular, subredondeados, redondeados y algunas veces bien redondeado	Baja	Angulosos irregulares	Sobre el miembro de calizas con miliólidos y bajo el miembro de calizas y dolomías calcáreas
Calcárea, nivel 3	Mudstone con raros ejemplares o fragmentos de <i>Meringina cretácea</i>	Abundantemente e fosilíferos, raramente dolomíticos o con dolomitización	Grano soportado	Moderadamente seleccionada	Subangulares, subredondeados e incluso redondeados	Baja	A veces limitados por picos estilolíticos	Intraformacional, cabalgando a la Formación Cobán superior
Pseudobrechas	Caliza recristalizada a calcita espática por medio de cristales gruesos	Pseudoclastos de caliza micrítica que aún no ha recristalizado	Puede ser grano soportado o matriz soportada	Extremadamente pobre	Subredondeados a redondeados	Baja	Sin evidencia	Por lo regular asociada a zonas de fracturas
Tectónicas	Pulvurenta de composición calcárea, principalmente micrítica	Oligomicticos, dependiendo del área fuente	Clasto soportado	Extremadamente pobre	Variable	Variable	Anguloso	Asociadas a fallamiento local e incluso regional en la parte sur del área

Fuente: Trabajo de gabinete. 2016

CORTE GEOLÓGICO



Leyenda

Depósito fluvial, suelos, aluviones	Formación Cobán	Brechas calcáreas nivel 1	Calizas intercaladas con lutitas verdes
Gravas de terraza	Brechas calcáreas nivel 3	Oolitos	Lodolitas
Pómez y depósito pomáceo eólico, en parte redepositado	Brechas calcáreas nivel 2	Calizas intercaladas con lutitas	Formación Chochal
Suelos derivados de caliza y ceniza volcánica	Calizas y dolomías cristalinas	Tempestitas con bivalvos	Formación Tactic superior
Formación Campur	Calizas con miliólidos	Calcarenitas con bivalvos	

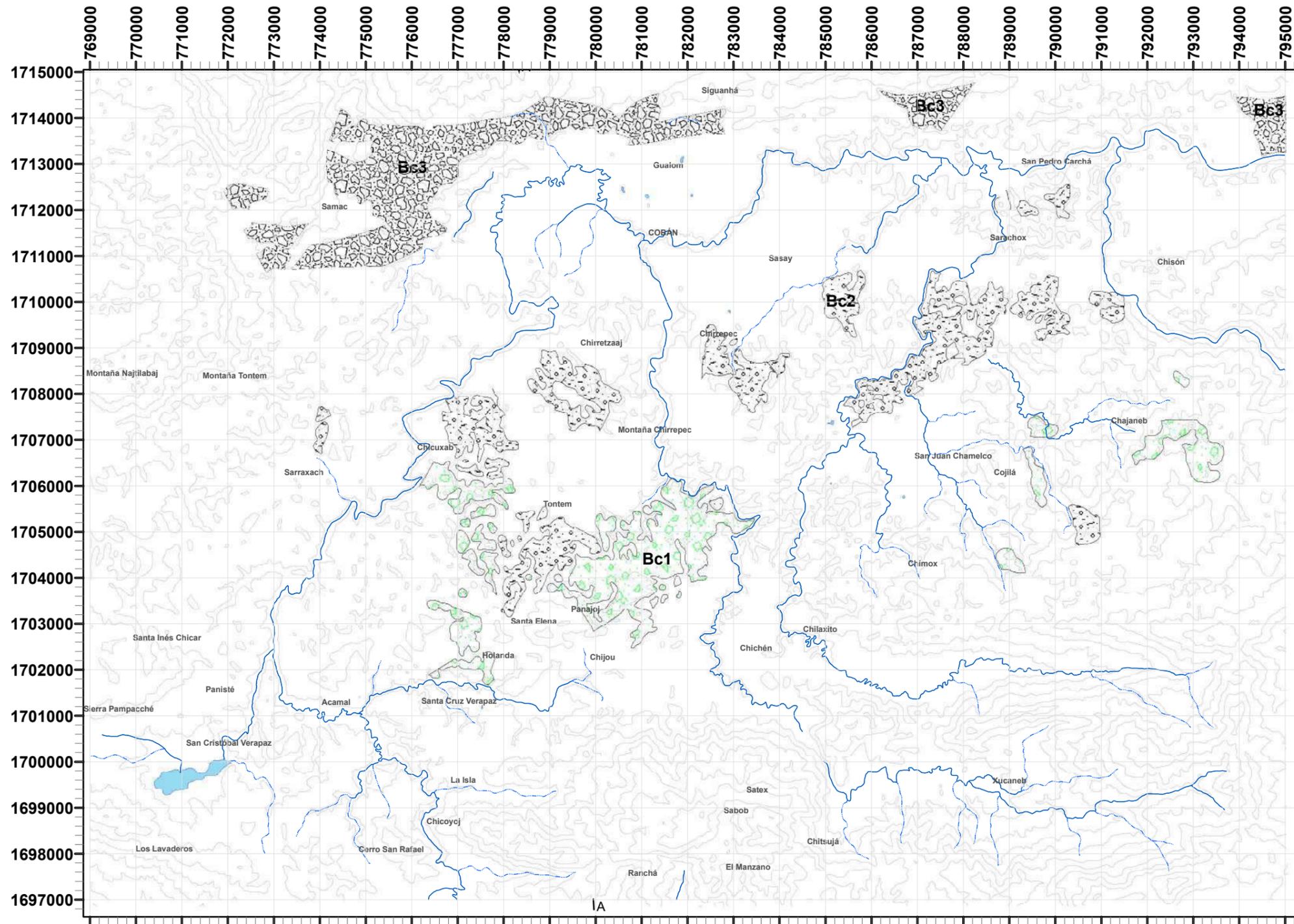
Simbología

	Falla normal
	Falla inversa
	Falla normal inferida

	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
	Análisis estratigráfico de los niveles de brechas calcáreas de la Formación Cobán dentro del cuadrángulo Cobán
CORTE GEOLÓGICO	
REALIZADO POR: SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES	
ESCALA: 1: 50 000 Referencia Espacial: WGS-84 UTM Zona 15N	ANEXO 2

COBÁN

HOJA 2162 III G
2017



LEYENDA

-  Brechas calcáreas nivel 3
-  Brechas calcáreas nivel 2
-  Brechas calcáreas nivel 1

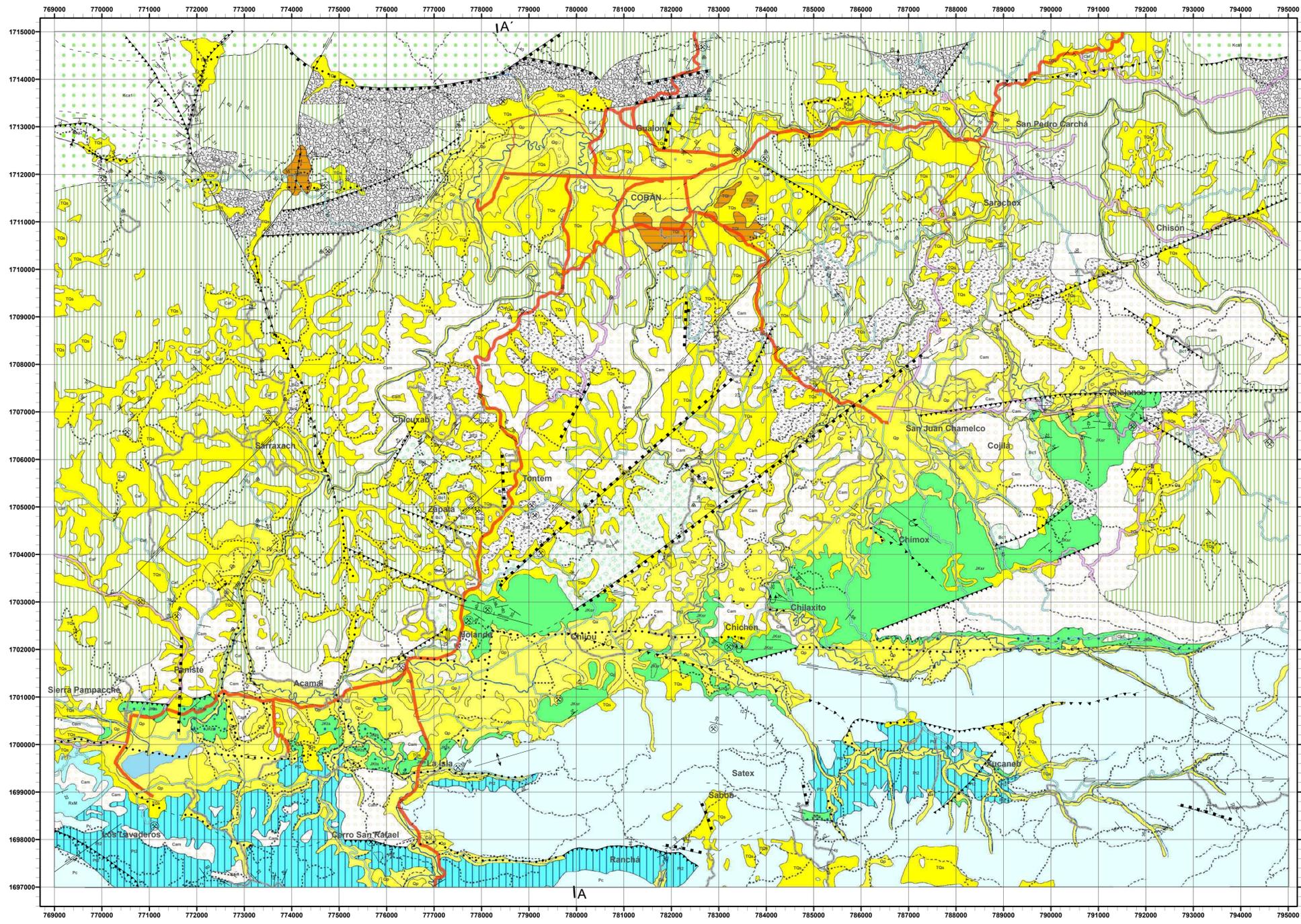
SIMBOLOGÍA

-  Curvas de nivel
- Drenaje**
-  Intermittente
-  Permanente
-  Laguna

Escala gráfica



	UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE
	Análisis estratigráfico de los niveles de brechas calcáreas de la Formación Cobán dentro del cuadrángulo Cobán
NIVELES DE BRECHAS CALCÁREAS	
REALIZADO POR: SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES	
ESCALA: 1: 100 000 Referencia Espacial: WGS-84 UTM Zona 15N	ANEXO 3



LEYENDA

- CUATERNARIO**
 - Qa Depósito fluvial, suelos, aluviones
 - Qg Gravas de terrazas
 - Qp Pómez y depósito pomáceo eólico, en parte redepositado
 - QCo1 Coluviones
- TERCIARIO CUATERNARIO**
 - TQs Suelos derivados de caliza y ceniza volcánica
 - TQI Depósitos lagunares Jolomhá
- CRETÁCICO**
 - FORMACIÓN CAMPUR**
 - Kca2 MIEMBRO SUPERIOR CAMPANIENSE TARDÍO Caliza con foraminíferos planctónicos
 - Kca1 MIEMBRO INFERIOR TURONIENSE - CAMPANIENSE Caliza con rudistas fragmentados
 - FORMACIÓN COBÁN**
 - MIEMBRO SUPERIOR ALBIENSE-CENOMANIENSE (Kco2)
 - Caf Calizas con foraminíferos bentónicos
 - Bc3 Brechas calcáreas nivel 3
 - Bc2 Brechas calcáreas nivel 2
 - MIEMBRO INFERIOR APTIENSE-ALBIENSE (Kco1)
 - Cam Calizas cristalinas con escasos miliólidos y dolomías
 - Bc1 Brechas calcáreas nivel 1
- JURÁSICO - CRETÁCICO**
 - JKsr FORMACIÓN SAN RICARDO KIMMERIDGIENSE - VALANGINIENSE Calizas cristalinas, calcarenitas y limolitas en su mayoría
 - JKts FORMACIÓN TODOS SANTOS JURÁSICO - CRETÁCICO INFERIOR Conglomerado, arenisca, arcósica, limolita (facies de "capa roja")
- PÉRMICO**
 - Pc FORMACIÓN CHOCHAL WOLFCAMP - LEONARDO Caliza fosilífera, dolomita
 - Pt2 FORMACIÓN TACTIC superior WOLFCAMP - LEONARDO Lutita y caliza intercaladas
 - Psg FORMACIÓN SAN GABRIEL PÉRMICO INFERIOR Filitas y conglomerados deformados

CHAMÁ 2062-I	RUBELTEM 2162-IV	CAMPUR 2162-I
TIRITIBOL 2062-II	COBÁN 2162-III	CAQUIPEC 2162-II
LOS PAJALES 2061-I	TACTIC 2161-IV	TUCURÚ 2161-V

ÍNDICE DE HOJAS ADYACENTES

Simbología

- Fallas**
 - Normal
 - Inversa
 - Sinistral
 - Dextral
 - Inversa Inversa
 - Cubierta
- Estratificación
- ↑ Anticinal
- ↷ Anticinal tumbado
- ↘ Sinclinal
- ⊙ Fósiles, presencia de microorganismos
- ⊗ Cantera



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
CENTRO UNIVERSITARIO DEL NORTE

Análisis estratigráfico de los niveles de brechas calcáreas de la Formación Cobán dentro del cuadrángulo Cobán

MAPA GEOLÓGICO

REALIZADO POR: SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES

ESCALA: 1: 50 000
Referencia Espacial: WGS-84 UTM
Zona 15N

ANEXO 4

No. 072-2017

**USAC
CUNOR**

Universidad de San Carlos de Guatemala
Centro Universitario del Norte



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

INGENIERO GEOLOGO

Al trabajo titulado:

ANALISIS ESTRATIGRAFICO DE LOS NIVELES DE BRECHAS CALCAREAS DE LA FORMACION COBAN DENTRO DEL CUADRANGULO COBAN

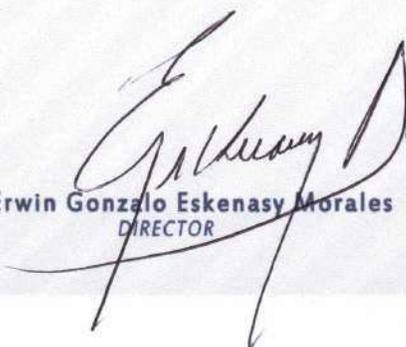
Presentado por el (la) estudiante:

SERGIO ALEJANDRO VALDEZ PAREDES

Autoriza el

IMPRIMASE

Cobán, Alta Verapaz 28 de Abril de 2017.


Lic. Erwin Gonzalo Eskenasy Morales
DIRECTOR

